

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni  
per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"



POLITECNICO DI MILANO  
DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA, INGEGNERIA DELLE  
COSTRUZIONI E AMBIENTE COSTRUITO (ABC)  
CORSO DI DOTTORATO  
IN INGEGNERIA DEI SISTEMI EDILIZI (I.S.E.)

---

GESTIONE DELLA SOSTENIBILITA'  
DALL'EDIFICIO AL CONTESTO: METODO MULTI-SCALA  
DI SUPPORTO ALLE DECISIONI PER L'OTTIMIZZAZIONE DELLA  
SOSTENIBILITA' IN EDILIZIA

Candidata:  
**Carmen Gargiulo**

Relatore:  
**Prof. Bruno Daniotti**

Correlatore:  
**Prof. Alberto Colorni Vitale**

Tutor:  
**Prof. Gabriele Masera**

Coordinatore del Corso di Dottorato:  
**Prof.ssa Manuela Grecchi**

2013 - Ciclo XXVI

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

---

## RIASSUNTO

---

**N**ello sviluppo di metodi ed applicazioni per la valutazione della sostenibilità in edilizia, sono ormai largamente condivisi l'approccio prestazionale e l'approccio basato sul ciclo di vita dell'edificio.

Tuttavia, ancora oggi, l'approccio complessivo, sia per la costruzione di nuovi edifici sia per l'intervento sull'esistente, risente del diffuso limite dovuto alla considerazione dell'edificio come manufatto isolato e sistema con pochi o nulli scambi con l'esterno.

In realtà, come evidenziato da più parti del settore delle costruzioni (autorità pubbliche, comunità scientifica, progettisti) è sempre più avvertita l'esigenza di un approccio alla sostenibilità che consideri l'edificio, per quanto concerne i suoi impatti e prestazioni, ben oltre i propri confini fisici.

Si avverte pertanto la necessità di operare in una nuova prospettiva, che lo ponga in relazione, costante e lungo tutto il suo ciclo di vita, con il suo contesto, intendendo per contesto non solo l'ambiente in senso generale come nella attuale prassi, ma anche il suo territorio fisico e l'ambiente costruito di cui fa parte. Sussistono, in altre parole, delle pressioni dall'edificio sul territorio, ma anche dal territorio sull'edificio, che non si possono non considerare in un approccio sistemico alla sostenibilità.

Nuovi sviluppi della ricerca hanno già mostrato, peraltro, le potenzialità, sulla sostenibilità del contesto, di strategie di sostenibilità applicate all'edificio, ad esempio mirate all'ottimizzazione energetica delle città.

La letteratura evidenzia anche in vari contesti europei, compreso quello italiano, la presenza di buone pratiche, di edifici progettati e costruiti in una ottica di sostenibilità, di quartiere ed urbana.

Purtroppo, però, si tratta di esempi virtuosi ma isolati.

Per l'organizzazione del settore, la necessità di un approccio di sistema, che attivi committenze, progettisti, imprese di costruzione e servizi, produttori e risorse in un'unica direzione, può trovare risposta con l'individuazione e diffusione di nuovi modelli, nuovi metodi e nuove prassi, basati su assunzioni, criteri e metodologie il più possibile condivisi.

Non si può peraltro prescindere, data la natura e la complessità della materia, da un approccio, oltre che multi-scala, anche multi- ed inter-disciplinare, che relazioni ed integri le componenti della sostenibilità (ambientale, sociale, economica).

Lo stato dell'arte mette altresì in evidenza la disponibilità di un quadro di strumenti di normazione tecnica armonizzati per la valutazione della sostenibilità degli edifici, facenti capo a livello internazionale ad ISO (International Organization for Standardization) ed a livello europeo al CEN (European Committee for Standardization), ed ancora in corso di evoluzione, che possono costituire la base per lo sviluppo della ricerca in questa direzione.

Inoltre, mostra che esistono piani d'azione, programmi ed iniziative strategiche varati da autorità pubbliche, che individuano scenari, target e requisiti minimi prestazionali, applicati al settore edilizio e talvolta anche più direttamente ai suoi comparti, di riduzione degli impatti globali, come l'uso dell'energia e la produzione di emissioni climalteranti. Ma, anche, che una buona parte di questi obiettivi è disattesa per mancanza di metodi, prassi e strumenti pragmatici, a disposizione dei decisori del processo edilizio. Una spiegazione potrebbe rintracciarsi nel retaggio storico di uno sviluppo disciplinare che ha trovato, ancora ad oggi, pochi punti d'incontro tra la scienza della pianificazione e gestione del territorio, tradizionalmente affidata agli urbanisti, e quella del manufatto edilizio, affidata agli ingegneri ed architetti.

In ogni caso, il superamento di questa empassa è indirettamente raccomandato anche dalla stessa legislazione europea, che impone agli edifici sempre più ambiziosi obiettivi di riduzione dei consumi e degli impatti, a fronte di investimenti di risorse dedicati. L'efficacia degli sforzi sarà, pertanto, possibile solo attraverso l'ottimizzazione degli interventi, in funzione dei target imposti dai vari livelli istituzionali.

Nello stato dell'arte sono, poi, focalizzati argomenti a scala di edificio, dal significato e uso degli indicatori nella gestione della sostenibilità, agli sviluppi in corso sulla normativa tecnica per la sostenibilità in edilizia, alla gestione avanzata dei processi.

Scopo della tesi è lo sviluppo di un metodo multi-scala di supporto alle decisioni dei committenti e dei progettisti, per l'ottimizzazione della sostenibilità in edilizia. Il metodo, che assume un approccio di tipo previsionale e prestazionale e basato sul ciclo di vita, persegue l'obiettivo specifico di valutare e confrontare tra loro un set di alternative di intervento, progettate per la qualificazione sostenibile dell'edificio.

Il caso studio è rappresentato da un edificio esistente, contrassegnato dal numero 14 (La Nave) del patrimonio immobiliare del Politecnico di Milano, e dal suo contesto di inserimento, il Campus Città Studi, anche campo di sperimentazione di un progetto di scambio di pratiche virtuose tra istituzioni accademiche di livello internazionale.

A differenza di un comune metodo di valutazione, il metodo sviluppato intende, attraverso una procedura di rating costruita appositamente, confrontare le alternative in base alle loro performance a differenti scale, selezionando le più sostenibili, in relazione al contesto, ovvero alle strategie ambientali, internazionali e locali.

L'illustrazione del metodo, nei suoi aspetti strategici e generali, è preceduta dalla descrizione di un modello di approccio integrato di supporto alle decisioni, applicato al caso studio.

Gli indicatori a scala di edificio sono adottati dagli standard europei del CEN / TC 350 e contestualizzati. La ricerca delle relazioni con le diverse scale territoriali, da quella del Campus alla scala nazionale e l'armonizzazione degli indicatori europei con gli indicatori individuati nel progetto Città Studi Campus Sostenibile e con quelli impiegati in sistemi di assessment e reporting applicati al contesto, costituiscono fasi propedeutiche alla costruzione di un panel, limitato e gestibile, di indicatori, riferito alle tre componenti della sostenibilità (ambientale, sociale ed economica).

Viene poi individuato, all'interno del panel selezionato, un gruppo di indicatori esclusivi della scala di edificio ed un altro di indicatori "multi-scala".

L'analisi di numerosi documenti di programmazione e d'azione dal livello internazionale alla scala urbana consente la raccolta e messa a punto di una lista di target applicabili all'edificio del caso studio, per la riduzione dei consumi energetici e delle emissioni di gas serra, ordinati per settore

economico, categoria di edificio, obiettivo temporale e limite numerico.

La successiva individuazione di due scenari, a breve-medio e medio-lungo periodo (2020, 2050), è accompagnata da una selezione ragionata dei suddetti target, per costruire un sistema di benchmarks. Con particolare riferimento a tale sistema, vengono confrontate le singole alternative, attraverso una procedura di rating per ciascuno dei due scenari, al termine delle quali verranno attribuite classi di livello di sostenibilità: A (alto), B (medio), C (sufficiente), D (basso) per il 2020 e A (alto), B (medio-basso) per il 2050.

Prima ancora di analizzare le ricadute sulla scala del Campus e il contributo al raggiungimento degli obiettivi strategici del progetto Città Studi Campus Sostenibile, completa la procedura, per la validazione del metodo, un'analisi di sensitività sulle condizioni e veti stabiliti nel sistema di rating, fissati anch'essi in funzione degli obiettivi sia specifici sia generali di sostenibilità.

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

---

## Sommario

---

Riassunto

**Capitolo 1.** Introduzione

**Capitolo 2.** Sostenibilità dalla scala territoriale all'edificio  
*Stato dell'arte*

**Capitolo 3.** Sviluppo e applicazione di un metodo multi-scala di supporto alle decisioni per  
l'ottimizzazione della sostenibilità in edilizia  
*Metodologia*

**Capitolo 4.** Conclusioni

Bibliografia

Ringraziamenti

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni  
per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"



---

## Indice

---

Riassunto	3
<b>Capitolo 1.</b> Introduzione	13
1.1 Sintesi critica della letteratura	
1.2 Scopo della tesi	
1.3 Obiettivi generali	
1.4 Obiettivi specifici	
1.5 Assunzioni e approccio	
1.6 Caso di studio	
1.7 Portata dei nuovi risultati	
<b>Capitolo 2.</b> Sostenibilità dalla scala territoriale all'edificio	17
<i>Stato dell'arte</i>	
2.1 Strategia urbana internazionale per lo sviluppo sostenibile	17
2.1.1 Aalborg Commitments	
2.1.2 Agenda 21: principi, indicatori e modelli	
2.2 Scala urbana, stato di attuazione della sostenibilità e integrazione tra edificio e contesto	27
2.2.1 Strumenti di governo della qualità ambientale e uso integrato degli indicatori	
2.2.2 Strumenti e indicatori di assessment territoriale	
2.2.3 Buone pratiche di sostenibilità urbana dell'edificio nel contesto europeo	
2.2.4 Buone pratiche di sostenibilità urbana dell'edificio nel contesto italiano	

- 2.2.5 Potenzialità di strategie applicate all'edificio per la sostenibilità del contesto: l'esempio dell'ottimizzazione energetica nelle città
- 2.2.6 Strumenti di supporto alle decisioni, per la gestione delle relazioni tra scala urbana ed edificio e la valutazione ambientale di piani e programmi: la Valutazione d'Impatto Ambientale e la Valutazione Ambientale Strategica
- 2.3 Sostenibilità dell'edificio e quadro di sviluppo normativo internazionale 98
  - 2.3.1 La nuova generazione delle metodologie di valutazione della sostenibilità degli edifici
  - 2.3.2 Ciclo di vita dell'edificio e Service life
  - 2.3.3 Standard europei per la valutazione di sostenibilità degli edifici e prossimi sviluppi
  - 2.3.4 Sostenibilità ambientale
    - 2.3.4.1 Life Cycle Assessment (LCA)
    - 2.3.4.2 Valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici (CEN / TC 350)
    - 2.3.4.3 Environmental Product Declaration (EPD)
    - 2.3.4.4 Construction Products Regulation (CPR)
  - 2.3.5 Sostenibilità sociale
    - 2.3.5.1 Valutazione della sostenibilità sociale degli edifici (CEN / TC 350)
  - 2.3.6 Sostenibilità economica
    - 2.3.6.1 Valutazione della sostenibilità economica degli edifici (CEN / TC 350)
    - 2.3.6.2 Analisi Life Cycle Costing (ISO)
    - 2.3.6.3 Integrazione della LCCA nei sistemi di valutazione della sostenibilità
    - 2.3.6.4 Economia delle costruzioni e costi d'uso
    - 2.3.6.5 Costi associati alla fase d'uso
    - 2.3.6.6 Criteri di sostenibilità, indicatori economici e valore di mercato
    - 2.3.6.7 Indicatore ESI di sostenibilità economica
    - 2.3.6.8 Sintesi e conclusioni sugli aspetti economici della sostenibilità
  - 2.3.7 Progetti europei per lo sviluppo di metodi di valutazione della sostenibilità
  - 2.3.8 Sviluppi in direzione di una possibile direttiva europea sulla sostenibilità delle costruzioni

2.3.9	Potenzialità economiche dell'applicazione degli strumenti di gestione della sostenibilità	
2.3.10	Quadro complessivo degli indicatori standardizzati europei e possibili sviluppi	
2.3.11	Possibile integrazione di strumenti per la sostenibilità e sistemi di valutazione a diverse scale	
2.3.12	Confronto tra gli standard europei e la normativa tecnica italiana di qualità nelle costruzioni per i futuri sviluppi	
2.4	Processo edilizio e integrazione di modelli avanzati di gestione	401
2.4.1	Processo edilizio e ingegneria dei sistemi	
2.4.2	Performance management	
2.4.3	Processo edilizio e ciclo di vita dell'edificio	
2.4.4	Qualità e responsabilità nel processo edilizio	
2.4.5	Indicatori: generalità e impiego nei metodi di gestione della sostenibilità	
2.4.6	Green Public Procurement, eProcurement e Pre-Commercial Procurement	
2.5	Conclusioni sullo stato dell'arte	451
<b>Capitolo 3.</b>	<b>Sviluppo e applicazione di un metodo multi-scala di supporto alle decisioni per l'ottimizzazione della sostenibilità in edilizia</b>	<b>456</b>
	<i>Metodologia</i>	
3.1	Generalità sul metodo	456
3.1.1	Strategia e procedura individuata	
3.1.2	Generalità del metodo	
3.1.3	Costruzione di un modello di approccio integrato di supporto alle decisioni	
3.2	Caso di studio	479
3.2.1	La scala di quartiere: il Campus "Città Studi"	
3.2.2	L'edificio: "La Nave"	
3.2.3	Le alternative progettuali	
3.3	Sviluppo del metodo	500
3.3.1	Applicazione del modello di approccio integrato	
3.3.2	Contestualizzazione degli indicatori europei a scala di edificio e relazioni con le scale territoriali	

3.3.3	Indicatori del progetto "Campus sostenibile" e armonizzazione con gli indicatori a scale di edificio e territoriali	
3.3.4	Costruzione di un panel di indicatori per l'edificio e la scala urbana	
3.3.5	Indicatori per le scale edificio e contesto e indicatori multi-scala	
3.3.6	Valore degli indicatori multi-scala alle diverse scale del contesto	
3.3.7	Impiego degli indicatori multi-scala per valutare le relazioni tra l'edificio e il contesto quartiere-città	
3.3.8	Individuazione di benchmarks multi-scala	
3.3.9	Confronto tra le alternative in base agli indicatori multi-scala e ai benchmarks	
3.3.10	Confronto tra le alternative in base agli indicatori economici e analisi costi-benefici ambientali	
3.3.11	Indicatori specifici a scala di edificio (ambientali e sociali) e confronto tra le performance delle alternative	
3.3.12	Identificazione di scenari e soglie degli indicatori multi-scala	
3.3.13	Soglie per gli altri indicatori (ambientali, sociali, economici)	
3.3.14	Classi di rating, primo sistema di pesi, profili, condizioni e veti	
3.4	Applicazione del metodo al caso di studio	667
3.4.1	Applicazione della procedura di rating e risultati	
3.4.2	Analisi di sensitività, risultati e conclusioni	
3.4.3	Secondo sistema di pesi e risultati	
3.4.4	Applicazione dei risultati agli obiettivi strategici del Campus Sostenibile	
3.5	Conclusioni sulla metodologia	721
<b>Capitolo 4.</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>725</b>
4.1	Conclusioni finali	
4.2	Raccomandazioni e limitazioni	
4.3	Sviluppi futuri	
	Bibliografia generale e specifica	729
	Ringraziamenti	763

# CAPITOLO *1*

---

---

## Introduzione

---

---

### 1.1 Sintesi critica della letteratura

---

Ancora oggi, l'approccio alla costruzione di nuovi edifici e all'intervento sull'esistente (Daniotti B., 2012) risentono di diffusi limiti dovuti alla considerazione dell'edificio come manufatto isolato e sistema con pochi o nulli scambi con l'esterno.

In realtà, come evidenziato da più parti del settore delle costruzioni (autorità pubbliche, comunità scientifica, utenza) è sempre più richiesto un approccio alla sostenibilità in edilizia che consideri l'edificio, per quanto concerne i suoi impatti e prestazioni, non più solo limitato ai propri confini fisici. Bensì, è necessario operare in una nuova prospettiva, che lo ponga in relazione, costante e lungo tutto il suo ciclo di vita (Lavagna M., 2008), con il suo contesto, intendendo per contesto non solo l'ambiente in generale come nella attuale prassi, ma anche il suo territorio fisico e l'ambiente costruito di cui fa parte. Sussistono, in altre parole, delle pressioni dall'edificio sul territorio, ma anche dal territorio sull'edificio, che non si possono non considerare in un approccio sistemico alla sostenibilità.

La letteratura mostra in vari contesti europei, anche quello italiano, la presenza di buone pratiche, già realizzate in ambito urbano, di edifici (Masera G., 2004) progettati e costruiti in una ottica di sostenibilità di quartiere ed urbana (Scudo G., 2008). Purtroppo, però, si tratta di esempi virtuosi ma isolati.

Per l'organizzazione del settore, la necessità di un approccio di sistema, che attivi committenze,

progettisti, imprese di costruzione e servizi, produttori e risorse in un'unica direzione, può trovare risposta solo con l'individuazione e diffusione di nuovi modelli, nuovi strumenti e nuove prassi, basati però su assunzioni, criteri e metodologie il più possibile condivisi.

Non si può peraltro prescindere, data la natura e la complessità della materia, da un approccio, oltre che multi-scala, anche multi- ed inter-disciplinare, che relazioni ed integri le componenti della sostenibilità (ambientale, sociale, economica).

Lo stato dell'arte mette altresì in evidenza la disponibilità di un quadro di strumenti di normazione tecnica per la valutazione della sostenibilità degli edifici, facenti capo a livello europeo agli standard pubblicati ed elaborati dal CEN (European Committee for Standardization) TC 350 ed ancora in corso di sviluppo, che possono costituire la base per l'evoluzione della ricerca in questa direzione (Grosso M., 2008).

Inoltre, mostra che esistono piani d'azione, programmi ed iniziative strategiche che individuano scenari, target e requisiti minimi prestazionali, applicati al settore edilizio e talvolta anche più direttamente ai suoi comparti, di riduzione degli impatti globali, come l'uso dell'energia e la produzione di emissioni climalteranti. Ma, anche, che una buona parte di questi obiettivi è disattesa per mancanza di metodi, prassi e strumenti pragmatici, a disposizione dei decisori del processo edilizio. Probabilmente ciò è retaggio anche di uno sviluppo disciplinare che ha trovato ancora ad oggi pochi punti d'incontro tra la scienza della gestione del territorio, tradizionalmente affidata agli urbanisti, e quella del manufatto edilizio, affidata agli ingegneri ed architetti.

Il superamento di questa empasse è indirettamente raccomandato anche dalla stessa legislazione europea, che impone sempre maggiori obiettivi di riduzione degli impatti degli edifici sul contesto, per l'attuazione dei quali sono richiesti altrettanto maggiori investimenti di risorse.

L'efficacia degli sforzi da parte dei decisori del settore privato e ancor più di quello pubblico sarà in questo modo possibile attraverso l'ottimizzazione degli interventi, in funzione dei target imposti dalle autorità pubbliche.

## **1.2 Scopo della tesi**

---

Scopo della tesi è fornire un contributo allo sviluppo internazionale dei metodi e linee guida per la gestione ed ottimizzazione della sostenibilità degli interventi in edilizia, a supporto delle decisioni in fase previsionale del processo edilizio da parte degli attori strategici (progettisti, committenti, policy makers).

## **1.3 Obiettivi generali**

---

Di seguito sono elencati gli obiettivi generali che la tesi intende perseguire:

1. Sviluppo di un metodo multi-scala applicato alle diverse fasi del processo edilizio, per l'identificazione di interventi mirati all'ottimizzazione della sostenibilità dell'edificio in relazione al suo contesto. Il contesto comprende l'ambito urbano a scala di quartiere, di città, fino alla scala globale e le relazioni tra di essi.
2. Verifica della fattibilità di applicazione e contributo allo sviluppo degli standard europei (CEN TC 350) ed internazionali (ISO) per la sostenibilità nei lavori di costruzione.
3. Verifica della fattibilità dell'uso di un numero limitato di indicatori, selezionati in base allo scopo, per descrivere le performance dell'edificio in funzione della sostenibilità e tenerle sotto controllo

durante tutte le fasi del processo edilizio.

4. Verifica della fattibilità di applicazione sistemica nel settore edilizio e contributo all'attuazione e allo sviluppo di piani e programmi strategici di ambito locale, nazionale ed internazionale, mirati al miglioramento del livello di sostenibilità ambientale dei territori. Secondo le linee d'azione indicate nel Programma europeo di strategia urbana al settore edilizio è richiesto di fornire il suo contributo attraverso il miglioramento dei suoi aspetti della qualità e la progressiva riduzione degli impatti ambientali dell'ambiente costruito, raggiungendo dei target temporali e quantitativi fissati.

5. Verifica della coerenza di sistemi assessment e reporting esistenti, applicati a scala locale e nazionale con gli indicatori e gli obiettivi internazionali per la sostenibilità nelle costruzioni, in particolare contenuti negli standard CEN TC 350.

## 1.4 Obiettivi specifici

---

Di seguito sono elencati gli obiettivi specifici che la tesi intende perseguire:

1. Valutazione e classificazione, in una scala di merito dal livello di sostenibilità "ottimo" a "scarso", di un set di alternative corrispondenti ad interventi progettuali elaborati, nel rispetto delle normative vigenti, in risposta ad esigenze di prestazione e durabilità di un edificio esistente, caratterizzato da vincoli di carattere architettonico e storico, ed inserito in un contesto urbano. La suddivisione in classi consente al decisore di scegliere, poi, la alternativa o le alternative, nell'ambito di una classe omogenea o diverse classi, che più rispondono a requisiti o limiti (come nel caso del budget economico disponibile) fissati dalla committenza.

2. Verifica dell'applicabilità, nell'ambito della esportabilità dei risultati ottenuti sul caso studio, delle indicazioni e dei target forniti dagli strumenti strategici territoriali vigenti e delle linee guida fornite da autorità di ranking internazionale per il miglioramento del livello di sostenibilità a scala di edificio e di quartiere.

## 1.5 Assunzioni e approccio

---

L'approccio è di tipo prestazionale, applicato al ciclo di vita dell'edificio, dalla fase di produzione dei materiali e componenti alla fase di dismissione.

L'ottimizzazione è intesa come il risultato del bilanciamento tra la massimizzazione delle prestazioni ambientali, sociali ed economiche fornite dall'edificio durante il suo ciclo di vita e la riduzione degli impatti sull'ambiente, in particolare riferiti al consumo di energia e alle emissioni di gas serra.

La strategia comprende l'individuazione di un modello di supporto gestionale e la definizione di un metodo induttivo, logico-operativo, di valutazione e confronto degli impatti e prestazioni di più ipotesi progettuali, che si traducono in alternative di intervento sullo stesso edificio. Il metodo si basa su una procedura di organizzazione delle alternative del tipo "Rating".

## 1.6 Caso di studio

---

Il caso di studio è costituito dall'edificio contraddistinto dal numero 14 e denominato "La Nave", appartenente al patrimonio immobiliare del Politecnico di Milano e ospitante attività didattiche ed

amministrative dell'ateneo. E' un edificio multi-piano, risalente agli anni sessanta e di pregio storico e architettonico.

L'Edificio è situato nella città di Milano ed inserito nel complesso edilizio a scala di quartiere costituito dal Campus universitario "Città Studi".

Il Campus è campo di sperimentazione del progetto multi e iter-disciplinare "Campus Città Studi sostenibile", in collaborazione tra il Politecnico e l'Università Statale di Milano ed in costante dialogo con il Comune di Milano.

Inoltre, è caso studio anche di alcuni progetti europei ed inserito in una rete di scambi scientifici internazionali, mirata alla implementazione di criteri di sviluppo sostenibile.

## **1.7 Portata dei risultati della tesi**

---

In risposta agli obiettivi generali della tesi, lo sviluppo della ricerca delle relazioni tra manufatto edilizio e territorio, ancora poco esplorata, soprattutto mettendo al centro l'edificio e i margini decisionali degli attori del processo edilizio, potrebbe generare un cambio radicale della prospettiva attuale e potenziare l'efficacia delle azioni di riduzione degli impatti sull'ambiente, a scala locale e globale.

In questa direzione si inserisce la portata generale dei risultati della tesi, confermando che è fattibile lo sviluppo un nuovo filone di approccio alla sostenibilità nelle costruzioni, appena avviato anche in ambito di normazione tecnica europea, mirato ad espandere i confini del sistema dal manufatto edilizio al contesto, nella stessa valutazione di sostenibilità dell'edificio e degli interventi su di esso. I risultati potranno contribuire, pertanto, anche allo sviluppo della stessa attività di normazione tecnica del CEN / TC 350, il Comitato Tecnico Europeo di Standardizzazione dei metodi di valutazione della sostenibilità nelle costruzioni, nell'ambito del cui approccio e dei cui standard già pubblicati si inserisce il metodo individuato nella tesi.

A livello specifico, il raggiungimento degli obiettivi è in grado di apportare un contributo allo sviluppo del progetto di miglioramento della sostenibilità del Campus Città Studi, a supporto dei futuri piani e programmi di gestione immobiliare, nella individuazione di priorità di intervento e nella valutazione dei costi in funzione dei benefici ambientali e sociali.

Inoltre, i risultati potranno contribuire al raggiungimento di obiettivi fissati da gruppi di ricerca e reti internazionali, per il posizionamento nei sistemi di ranking universitari e per la ricerca di fondi per la didattica e la ricerca.



## CAPITOLO 2

---

### **Sostenibilità dalla scala territoriale all'edificio Stato dell'arte**

---

#### **2.1 Strategia urbana internazionale per lo sviluppo sostenibile**

---

##### **2.1.1 Aalborg Commitments**

Nel corso della IV Conferenza Europea delle Città Sostenibili (Aalborg + 10 – Ispirare il futuro, svoltasi nella città danese dal 9 al 11 giugno 2004, 1000 governi locali europei hanno approvato gli *Aalborg Commitments*, una carta di impegni che individua, in *dieci aree tematiche, obiettivi e priorità* per uno sviluppo sostenibile. (Vittadini M.R., 2013)

Centodieci sono state le amministrazioni che hanno, in quella occasione, sottoscritto tali impegni, finalizzati a favorire un approccio integrato all'elaborazione delle politiche verso l'armonizzazione degli obiettivi ambientali, sociali, ed economici, affrontando le sfide in cooperazione con tutti i livelli di governo, stakeholders, cittadini.

Essi rappresentano una tappa importante nel processo di diffusione dell'Agenda 21 Locale (Provincia di Milano, 2006) e dello sviluppo sostenibile nelle politiche degli enti locali, e un'evoluzione da una fase programmatica e di intenti – segnata dalla Carta di Aalborg del '94 – ad una pianificatoria.

L'adozione degli Aalborg Commitments impegna le amministrazioni a lavorare per tradurre in concreti obiettivi di sostenibilità e in azioni a livello locale la comune visione del futuro delle città, producendo una analisi integrata delle politiche e dei piani dell'ente e istituendo un processo locale partecipativo (Fig. 2.1) per l'individuazione degli obiettivi, che incorpori la Agenda 21 Locale esistente o altri piani simili.

In Italia, il Coordinamento Nazionale Agende 21 Locali opera per supportare le amministrazioni aderenti nell'attuazione degli impegni assunti e alla promozione dei progetti realizzati in tale direzione. (Provincia di Milano, 2006)



Fig. 2.1 - Schema di un tipico processo Agenda 21

Di seguito sono riportati, nel dettaglio, gli Aalborg Commitments e, nella Fig. 2.2, i principi generali dello sviluppo sostenibile, sui quali si basano gli obiettivi che concorrono al fine ultimo di miglioramento della qualità della vita delle popolazioni locali. Essi comprendono le componenti economica, sociale, ambientale e legata all'uso razionale delle risorse.

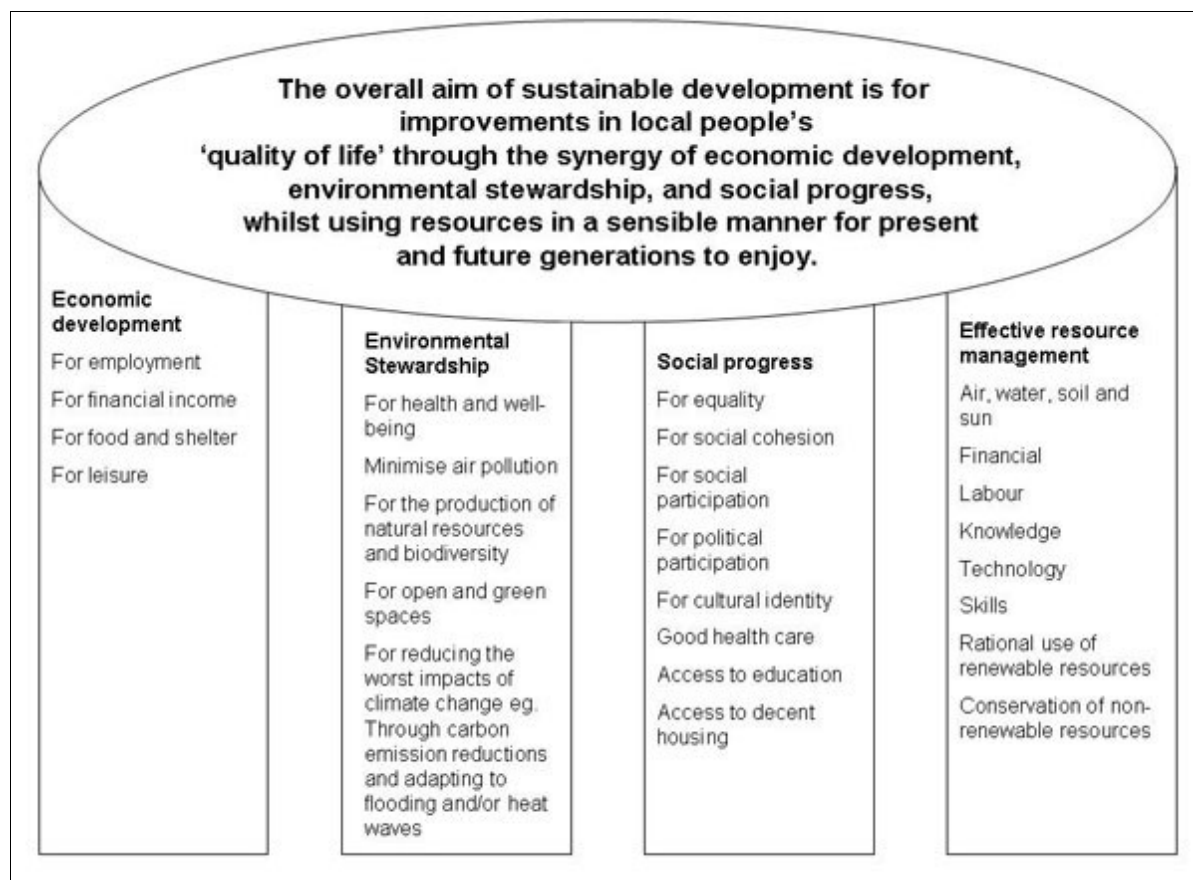


Fig. 2.2 - Principi generali dello sviluppo sostenibile, come enunciati negli Aalborg Commitments

## 1 - GOVERNANCE

Ci impegniamo a rafforzare i nostri processi decisionali tramite una migliore democrazia partecipativa.

Lavoreremo quindi per:

1. sviluppare ulteriormente la nostra visione comune e a lungo termine per una città sostenibile
2. incrementare la partecipazione e la capacità di sviluppo sostenibile nelle comunità locali e nelle amministrazioni comunali
3. invitare tutti i settori della società locale a partecipare attivamente ai processi decisionali
4. rendere le nostre decisioni chiare, motivate e trasparenti
5. cooperare in modo efficace e in partnership con le altre città e sfere di governo.

## 2 - GESTIONE URBANA PER LA SOSTENIBILITÀ

Ci impegniamo a mettere in atto cicli di gestione efficienti, dalla loro formulazione alla loro implementazione e valutazione.

Lavoreremo quindi per:

1. rafforzare la Agenda 21 Locale o altri processi locali di sostenibilità, garantendo che abbiano un ruolo centrale nelle amministrazioni locali
2. elaborare una gestione integrata per la sostenibilità, basata sul principio di precauzione e in linea con la Strategia Tematica Urbana dell'UE
3. fissare obiettivi e tempi certi nell'ambito degli Aalborg Commitments e prevedere e attuare una

revisione periodica degli Aalborg Commitments

4. assicurare che le tematiche della sostenibilità siano al centro dei processi decisionali urbani e che l'allocazione delle risorse sia basata su concreti criteri di sostenibilità

5. cooperare con la Campagna delle Città Europee Sostenibili e i suoi network per monitorare i progressi nel conseguimento dei nostri obiettivi di sostenibilità.

### 3 - RISORSE NATURALI COMUNI

Ci impegniamo ad assumerci la piena responsabilità per la protezione e la preservazione delle risorse naturali comuni.

Lavoreremo quindi, in tutta la nostra comunità, per:

1. ridurre il consumo di energia primaria e incrementare la quota delle energie rinnovabili e pulite
2. migliorare la qualità dell'acqua e utilizzarla in modo più efficiente
3. promuovere e incrementare la biodiversità, prevedendo riserve naturali e spazi verdi
4. migliorare la qualità del suolo e preservare i terreni ecologicamente produttivi
5. migliorare la qualità dell'aria.

### 4 CONSUMO RESPONSABILE E STILI DI VITA

Ci impegniamo a promuovere e a incentivare un uso prudente delle risorse, incoraggiando un consumo e una produzione sostenibili.

Lavoreremo quindi, in tutta la nostra comunità, per:

1. prevenire e ridurre la produzione dei rifiuti e incrementare il riuso e il riciclaggio
2. gestire e trattare i rifiuti secondo le migliori prassi standard
3. evitare i consumi superflui e migliorare l'efficienza energetica
4. ricorrere a procedure di appalto sostenibili
5. promuovere attivamente una produzione e un consumo sostenibili.

### 5 - PIANIFICAZIONE E PROGETTAZIONE URBANA

Ci impegniamo a svolgere un ruolo strategico nella pianificazione e progettazione urbane, affrontando problematiche ambientali, sociali, economiche, sanitarie e culturali per il beneficio di tutti.

Lavoreremo quindi per:

1. rivitalizzare e riqualificare aree abbandonate o svantaggiate
2. prevenire una espansione urbana incontrollata, ottenendo densità urbane appropriate e dando precedenza alla riqualificazione del patrimonio edilizio esistente
3. assicurare una miscela di destinazioni d'uso, con un buon equilibrio di uffici, abitazioni e servizi, dando priorità all'uso residenziale nei centri città
4. garantire una adeguata tutela, restauro e uso/riuso del nostro patrimonio culturale urbano
5. applicare i principi per una progettazione e una costruzione sostenibili, promuovendo progetti architettonici e tecnologie edilizie di alta qualità.

### 6 - MIGLIORE MOBILITÀ, MENO TRAFFICO

Riconosciamo l'interdipendenza di trasporti, salute e ambiente e ci impegniamo a promuovere scelte di mobilità sostenibili.

Lavoreremo quindi per:

1. ridurre la necessità del trasporto motorizzato privato
2. incrementare la quota di spostamenti effettuati tramite i mezzi pubblici, a piedi o in bicicletta
3. promuovere valide alternative all'uso dei veicoli a motore privati
4. sviluppare un piano di mobilità urbana integrato e sostenibile

5. ridurre l'impatto del trasporto sull'ambiente e la salute pubblica.

#### 7 - AZIONE LOCALE PER LA SALUTE

Ci impegniamo a proteggere e a promuovere la salute e il benessere dei nostri cittadini.

Lavoreremo quindi per:

1. accrescere la consapevolezza del pubblico e prendere i necessari provvedimenti relativamente ai fattori determinanti della salute, la maggior parte dei quali non rientrano nel settore sanitario
2. promuovere la pianificazione dello sviluppo sanitario urbano, che offre alle nostre città i mezzi per costituire e mantenere partnership strategiche per la salute
3. ridurre le disuguaglianze nella sanità e impegnarsi nei confronti del problema della povertà, con regolari relazioni sui progressi compiuti nel ridurre tali disparità
4. promuovere la valutazione dell'impatto di salute per focalizzare l'attenzione di tutti i settori verso la salute e la qualità della vita
5. sensibilizzare gli urbanisti ad integrare le tematiche della salute nelle strategie e iniziative di pianificazione urbana.

#### 8 - ECONOMIA LOCALE SOSTENIBILE

Ci impegniamo a creare e ad assicurare una vivace economia locale, che promuova l'occupazione senza danneggiare l'ambiente.

Lavoreremo quindi per:

1. adottare misure per stimolare e incentivare l'occupazione locale e lo sviluppo di nuove attività
2. cooperare con le attività commerciali locali per promuovere e implementare buone prassi aziendali
3. sviluppare e implementare principi di sostenibilità per la localizzazione delle aziende
4. incoraggiare la commercializzazione dei prodotti locali e regionali
5. promuovere un turismo locale sostenibile.

#### 9 - EQUITÀ E GIUSTIZIA SOCIALE

Ci impegniamo a costruire comunità solidali e aperte a tutti.

Lavoreremo quindi per:

1. adottare le misure necessarie per alleviare la povertà
2. assicurare un equo accesso ai servizi pubblici, all'educazione, all'occupazione, alla formazione e all'informazione
3. incoraggiare l'inclusione sociale e le pari opportunità
4. migliorare la sicurezza della comunità
5. assicurare la disponibilità di buoni alloggi e condizioni di vita.

#### 10 - DA LOCALE A GLOBALE

Ci impegniamo in una azione locale per una pace, giustizia, equità e sviluppo sostenibile a livello globale.

Lavoreremo quindi per:

1. rafforzare la cooperazione internazionale e sviluppare risposte locali a problemi globali
2. ridurre il nostro impatto sull'ambiente globale, in particolare sul clima
3. promuovere la diffusione e il consumo di prodotti del commercio equo e solidale
4. promuovere il principio di giustizia ambientale
5. migliorare la comprensione e la consapevolezza del concetto di sostenibilità globale.

ACCETTANDO E APPROVANDO I PUNTI DI CUI SOPRA, CON LA MIA/NOSTRA FIRMA, IO/NOI:

1. sottoscrivo/sottoscriviamo la Aalborg Charter
2. sottoscrivo/sottoscriviamo gli Aalborg Commitments
3. acconsento/acconsentiamo a produrre una *analisi integrata sulla base degli Aalborg Commitments* come punto di partenza del nostro processo di istituzione dei target entro 12 mesi dalla data della nostra firma. Questa analisi includerà le linee guida dell'amministrazione, farà riferimento a impegni politici in atto e descriverà i progetti e le iniziative in corso.
4. acconsento/acconsentiamo a istituire un *processo locale condiviso per l'individuazione degli obiettivi*, che incorpori la Agenda 21 Locale esistente e altri piani d'azione sostenibili e che tenga in considerazione i risultati della analisi di base locale.
5. acconsento/acconsentiamo a dare priorità alle iniziative volte a promuovere i dieci Commitments sui temi (Tab. 2.1):

Tab. 2.1 - Temi prioritari degli Aalborg Commitments

1 GOVERNANCE	6 MIGLIORE MOBILITÀ, MENO TRAFFICO
2 GESTIONE URBANA PER LA SOSTENIBILITÀ	7 AZIONE LOCALE PER LA SALUTE
3 RISORSE NATURALI COMUNI	8 ECONOMIA LOCALE SOSTENIBILE
4 CONSUMO RESPONSABILE E STILI DI VITA	9 EQUITÀ E GIUSTIZIA SOCIALE
5 PIANIFICAZIONE E PROGETTAZIONE URBANA	10 DA LOCALE A GLOBALE

### 2.1.2 Agenda 21: principi, indicatori e modelli

Agenda 21 (letteralmente: cose da fare nel 21mo secolo) è un ampio ed articolato "programma di azione", scaturito dalla Conferenza ONU su Ambiente e Sviluppo di Rio de Janeiro nel 1992, che costituisce una sorta di manuale per lo sviluppo sostenibile del pianeta da qui al 21° secolo.

Consiste in una pianificazione completa delle azioni da intraprendere, a livello mondiale, nazionale e locale dalle organizzazioni delle Nazioni Unite, dai governi e dalle amministrazioni in ogni area in cui la presenza umana ha impatti sull'ambiente. (Vittadini M.R., 2013)

La cifra 21 che fa da attributo alla parola Agenda si riferisce al XXI secolo, in quanto temi prioritari di questo programma sono le emergenze climatico-ambientali e socio-economiche che l'inizio del Terzo Millennio pone inderogabilmente dinnanzi all'intera Umanità.

L'Agenda 21 (Fig. 2.3) è quindi un piano d'azione per lo sviluppo sostenibile, da realizzare su scala globale, nazionale e locale con il coinvolgimento più ampio possibile di tutti i portatori di interesse, gli stakeholders, che operano su un determinato territorio.



Fig. 2.3 - Principi alla base del processo di Agenda 21

I principi alla base del processo di Agenda 21 sono i seguenti:

- ^ *Corresponsabilizzazione* - Cittadini, amministrazioni e portatori di interesse devono essere sensibilizzati sul proprio ruolo strategico nella realizzazione di uno sviluppo realmente sostenibile. Quindi: azione sinergica tra politica – mondo produttivo – comportamento dei singoli.
- ^ *Miglioramento continuo* - Monitoraggio delle varie fasi del processo affinché vengano continuamente ricalibrate per raggiungere i migliori risultati possibili.
- ^ *Governance* - Passaggio da un'ottica impositiva ad una partecipativa, flessibile ed aperta alle varie componenti sociali.
- ^ *Trasversalità* - Inserimento del concetto di sostenibilità in tutte le politiche di settore.
- ^ *Visione condivisa* - Costruzione di uno scenario comune di sviluppo sostenibile di una comunità, condiviso dal più ampio numero di stakeholders
- ^ *Partenariato* - Creazione di partnership fondate su un nuovo modo di intendere il rapporto pubblico-privato, per la concreta realizzazione di azioni concertate per lo sviluppo sostenibile.

Agenda 21 è un processo partecipativo e democratico che, nella sua definizione ed attuazione, coinvolge tutti i settori; è altresì un processo di definizione degli obiettivi ambientali e di costruzione delle condizioni per metterli in pratica: consenso, interesse, sinergie, risorse umane e finanziarie. L'esecuzione dell'Agenda 21 è stata quindi programmata per includere interventi a livello internazionale, nazionale, regionale e locale (Fig. 2.4).



Fig. 2.4 - I livelli territoriali compresi in un processo di Agenda 21

In alcuni Stati le autorità locali hanno adottato iniziative per la realizzazione del piano localmente, i *Local Agenda 21*, come raccomandato nel capitolo 28 del documento:

“Ogni autorità locale deve aprire un dialogo con i propri cittadini, con le associazioni locali e con le imprese private e adottare una Agenda 21 Locale.

Attraverso la consultazione e la costruzione di consenso, le autorità locali possono imparare dalla comunità locale e dalle imprese e possono acquisire le informazioni necessarie per la formulazione delle migliori strategie. Il processo di consultazione può aumentare la consapevolezza ambientale delle famiglie. I programmi, le politiche e le leggi assunte dall'amministrazione locale potrebbero essere valutate e modificate sulla base dei nuovi piani locali così adottati.

Queste strategie possono essere utilizzate anche per supportare le proposte di finanziamento locale, regionale ed internazionale.

Le fasi di un processo di Agenda 21 (Fig. 2.5) vanno dall'attivazione all'attuazione del piano d'azione, che viene elaborato individuando priorità, con una visione centrale dello stato dell'ambiente descritto da indicatori, e coinvolgendo il pubblico e gli stakeholders. (Provincia di Milano, 2006)





Fig. 2.5 - Successione di fasi in un processo di Agenda 21

Gli approfondimenti dello studio sulle varie componenti ambientali viene effettuato attraverso gli indicatori ambientali, gli strumenti in grado di fornire informazioni in forma sintetica di un fenomeno più complesso o di rendere visibile un andamento, nell'ambito di modelli PSR (Fig. 2.6) e DPSIR

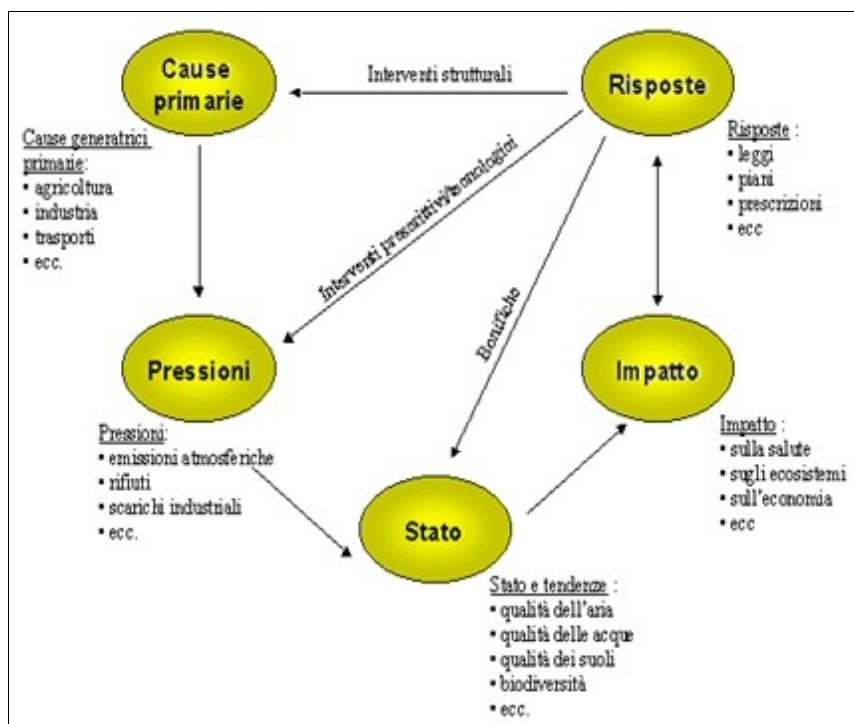


Fig. 2.6 - Indicatori Pressione-Stato-Risposta

Un indicatore ha un significato di sintesi ed è elaborato con il preciso obiettivo di dare un "peso" quantitativo a parametri caratteristici della comunità presa in esame, è un indice che mostra quantitativamente le condizioni del sistema. Possiamo individuare, in base al modello Pressione-

Stato-Risposta proposto in ambito nazionale dal OECD (Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico), tre tipi di indicatori ambientali:

- ▲ *Indicatori di stato*: fanno riferimento alla qualità dell'ambiente in tutte le sue componenti e evidenziano situazioni di fatto in un preciso momento temporale; quando misurano la reattività o il livello di esposizione ad alterazioni o fattori di degrado del sistema ambientale e insediativo sono anche detti *indicatori di qualità/degrado/esposizione*.
- ▲ *Indicatori di pressione*: misurano la pressione esercitata dalle attività umane sull'ambiente e sono espressi in termini di emissioni o di consumo di risorse (flussi di materia).
- ▲ *Indicatori di risposta*: sono necessari per prevenire o mitigare gli impatti negativi dell'attività umana e riassumono la capacità e l'efficienza delle azioni intraprese per il risanamento ambientale, per la conservazione delle risorse e per il conseguimento degli obiettivi assunti.

A questi si possono affiancare quegli indicatori che si limitano alla caratterizzazione di aspetti utili alla descrizione del contesto di riferimento: *indicatori di scenario*.

A livello internazionale, pur esistendo una lista di indicatori stabilita dalla UE ("Towards Environmental Pressure Indicators for the UE" – "TEPI" pubblicata dalla Eurostat), si è ormai compresa la necessità di lasciare alle singole comunità l'autonomia di selezionare gli indicatori più adatti alla situazione locale per meglio rappresentare la loro specificità ambientale. Pur mantenendo valido e regolarmente usato il modello sopra descritto esiste anche un modello di nuova concezione che meglio individua il concetto di sostenibilità: il modello DPSIR.

Il modello DPSIR è un'estensione del modello PSR (Pressione-Stato-Risposta) ed è la struttura di indicatori più ampiamente accettata; tale schema, sviluppato in ambito EEA (European Environment Agency) e adottato dall'ANPA (Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente) per lo sviluppo del sistema Agenda 21 Locale, si basa su una struttura di relazioni causali che legano tra loro i seguenti elementi:

- Determinanti
- Pressioni
- Stato
- Impatti
- Risposte.

Tale modello evidenzia l'esistenza, "a monte" delle pressioni, di forze motrici o *Determinanti*, che in sostanza possono essere identificati con le attività e i processi antropici che causano le pressioni (trasporti, produzione industriale, consumi). Gli indicatori di *Pressione* descrivono le variabili che direttamente causano i problemi ambientali (emissioni tossiche di CO<sub>2</sub>, rumore, ecc.). A "valle" delle pressioni sta invece lo *Stato* della natura che si modifica a tutti i livelli in seguito alle sollecitazioni umane (temperatura media globale, livelli acustici, ecc.). Il modificarsi dello stato della natura comporta *Impatti* sul sistema antropico (salute, ecosistemi, danni economici); tali impatti sono per lo più negativi, poiché il modificarsi dello stato della natura in genere coincide con un suo allontanarsi dalle condizioni inizialmente esistenti, favorevoli alla prosperità umana. La società e l'economia, di fronte a tale retroazione negativa, reagiscono fornendo *Risposte* (politiche ambientali e settoriali, iniziative legislative e pianificazioni) basate sulla consapevolezza dei meccanismi che la determinano. Le risposte sono dirette sia alle cause immediate degli impatti (cambiamenti dello stato) sia alle loro cause più profonde, risalendo fino alle pressioni stesse e ai fattori che le generano (determinanti). Ai fini di una valutazione ambientale la definizione del *core set* di indicatori ambientali nasce riferendosi ai seguenti ambiti di integrazione:

- le tematiche ambientali
- i settori di intervento coincidenti con quelli individuati nel Rapporto dell'AEA del 1998.

## **2.2 Scala urbana, stato di attuazione della sostenibilità e integrazione tra edificio e contesto**

---

### **2.2.1 Strumenti e indicatori di assessment territoriale**

#### **2.2.1.1 Strumenti di governo della qualità ambientale e uso integrato degli indicatori**

L'orizzonte in cui si inquadra il tema del governo della qualità ambientale attraverso l'uso di indicatori è tipicamente quello della decisione nei suoi vari aspetti attinenti la realtà esistente (in particolare le decisioni relative agli aspetti gestionali delle organizzazioni coinvolte) e quella futura (quindi le decisioni relative a piani, programmi, progetti). (Malcevschi S., 2004)

Gli strumenti a supporto delle decisioni, specialmente quelli riferiti alla conservazione e sviluppo del territorio, appartengono ad un ampio, articolato e complesso quadro (Fig. 2.7). Questo comprende strumenti consolidati da tempo (sistemi per il controllo, ad esempio), altri in corso di progressiva definizione (si pensi a quelli del reporting ambientale o delle agende 21 locali), altri relativi a strumenti ancora non, o solo da poco, entrati nell'ordinamento e ancora con ampi spazi di sviluppo (quelli per la VAS Valutazione Ambientale Strategica o per il danno ambientale).

Alcuni strumenti si applicano alle previsioni future (in un'ottica di prevenzione) (Fig. 2.8), altri alla realtà esistente (in un'ottica di controllo e miglioramento), alcuni privilegiano il ruolo di supporto alle decisioni, altri sottolineano quello di verifica. Sempre più numerose sono poi le realtà in cui più strumenti di governo interagiscono tra loro e condividono almeno in parte degli strumenti di analisi e valutazione. (Malcevschi S., 2004)

Le attività tecniche di spiegazione e di valutazione, attraverso indicatori specifici, integrano il quadro che descrive il rapporto tra realtà esistente e realtà futura. (Fig. 2.9)

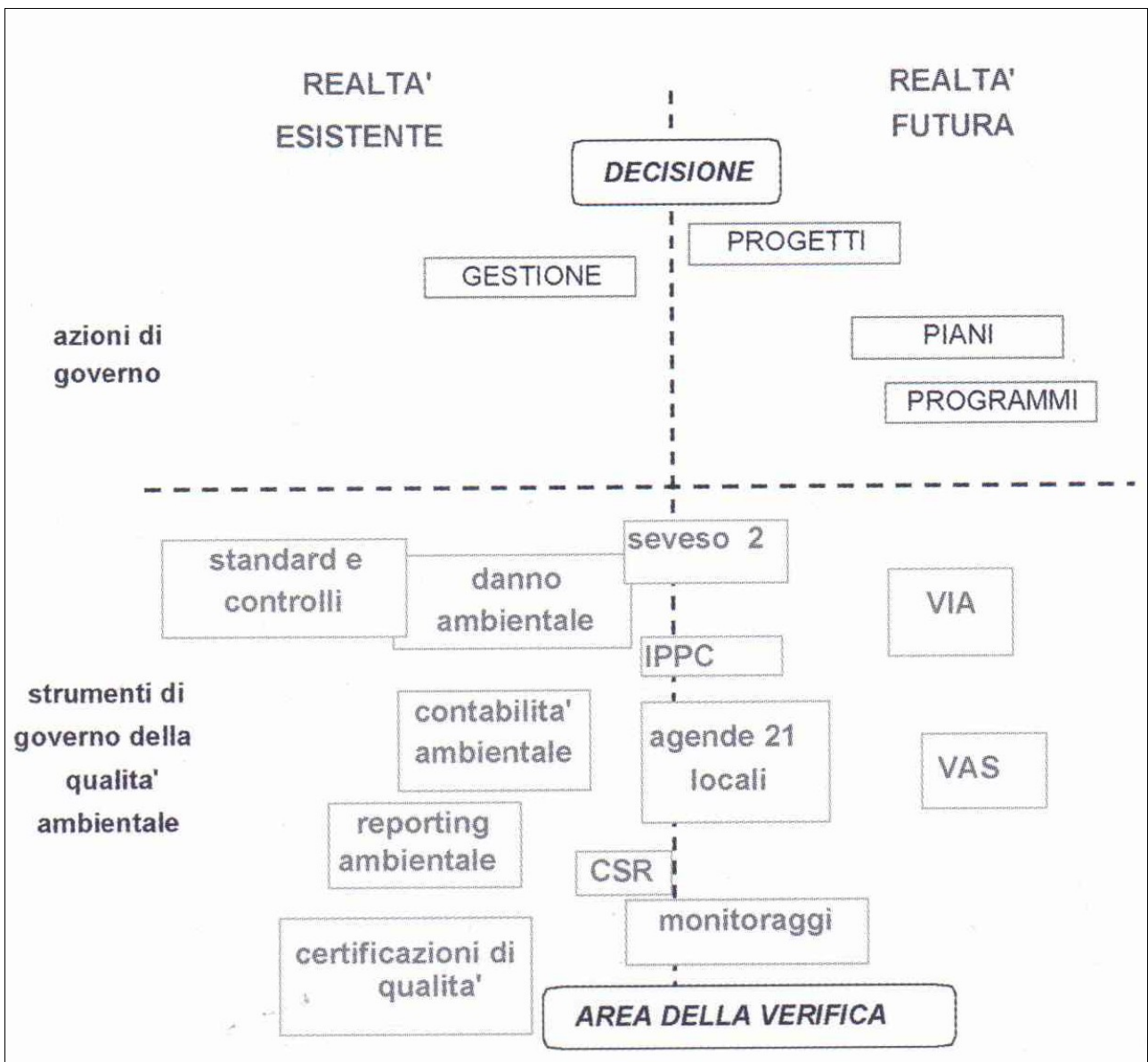


Fig. 2.7 - Quadro dei principali strumenti di governo che prevedono l'uso di indicatori ambientali (Malcevschi S., 2004)

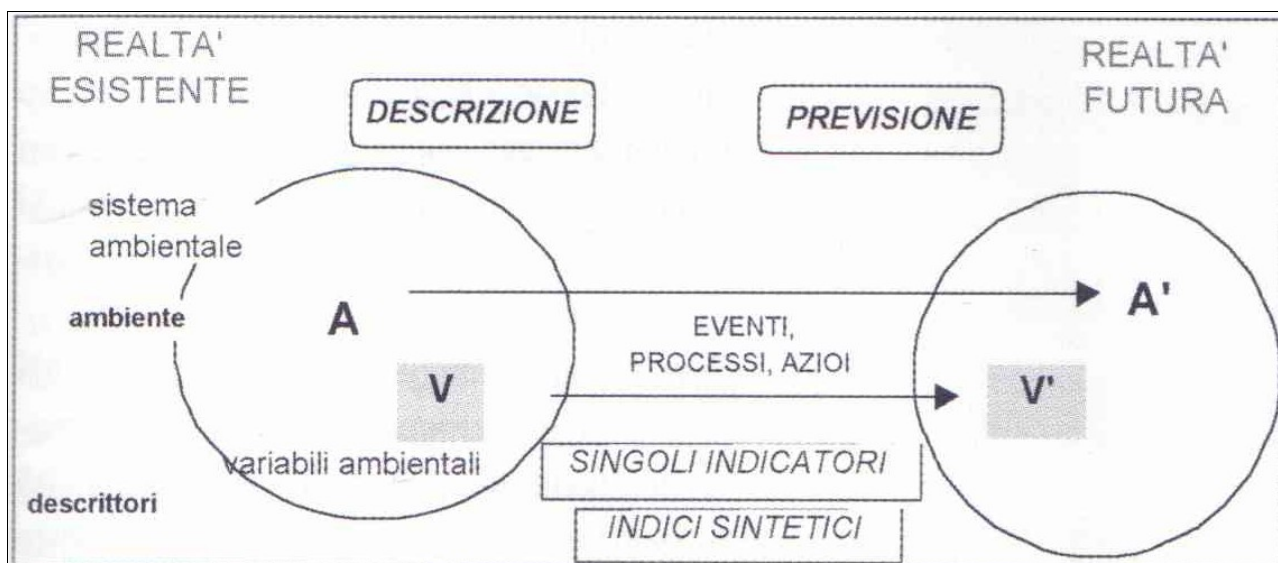


Fig. 2.8 - Posizione degli indicatori ambientali nel rapporto tra realtà esistente e realtà futura, nell'ambito delle realtà tecniche di descrizione e di previsione (Malcevschi S., 2004)

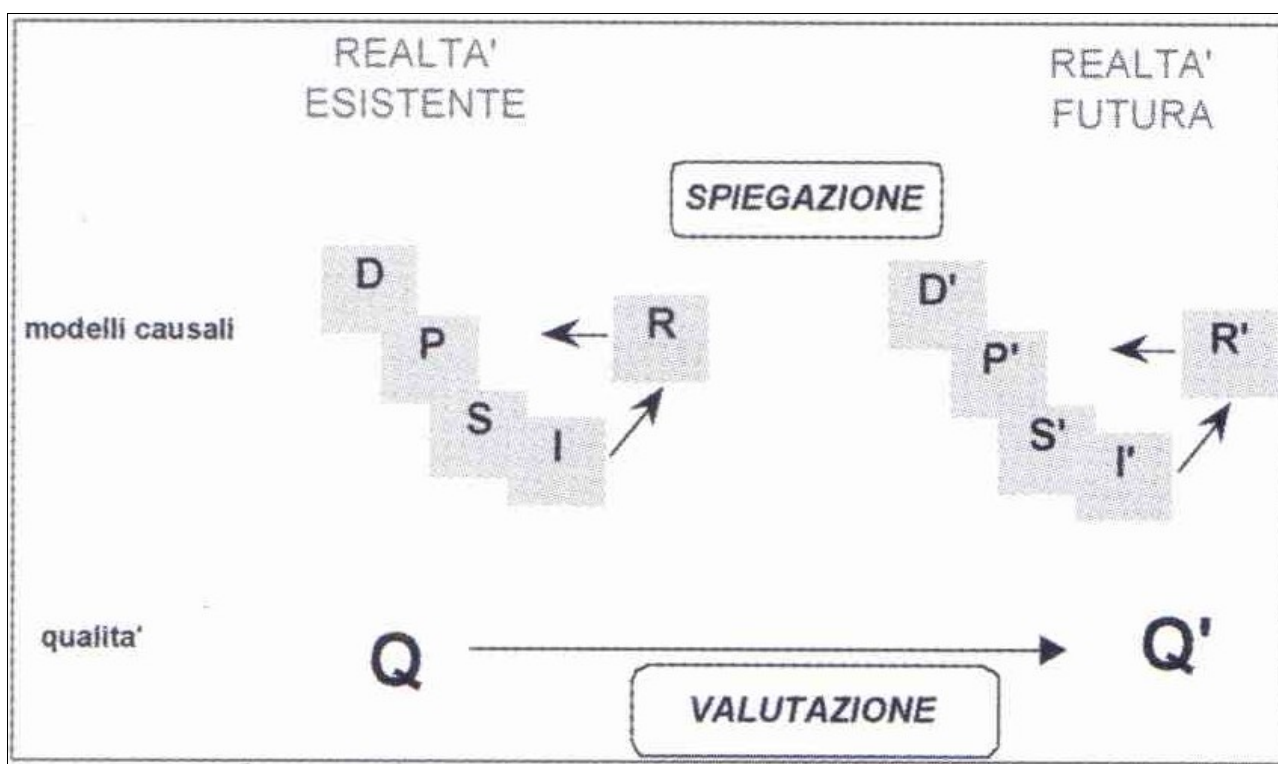


Fig. 2.9 - Le attività tecniche di spiegazione e di valutazione, attraverso indicatori specifici, integrano il quadro che descrive il rapporto tra realtà esistente e realtà futura (Malcevschi S., 2004)

Nel corso degli anni, con il proliferare di strumenti di governo della qualità ambientale e più in generale economica e sociale, si è registrata anche una parallela proliferazione di indicatori e set di indicatori (Fig. 2.10). Tra questi, vi sono elenchi ormai riconosciuti da strumenti normativi nazionali (Del. C.I.P.E. 57/2002 "Strategia di azione per lo sviluppo sostenibile in Italia"),

inquadri in funzione di obiettivi specifici e rispetto a cui prevedere target da raggiungere (Malcevski S., 2004).

<i>Tabella 1 - Numero di indicatori proposti in una serie di proposte tecniche</i>	
<i>Proposte tecniche</i>	<i>N° Indicatori</i>
<i>Qualità dello sviluppo</i>	
World Bank 2003	575
United Nations Commission for Sustainable Development - UN CSD	63
Consiglio Europeo di Barcellona 2002	40
Modello Habitat II	173
OMS- Città sane: indicatori di salute e sostenibilità urbana (30 indicatori)	30
ICLEI - Cities21	70
Urban Audit	107
Indicatori Comuni Europei	10
Strategia d'azione ambientale per lo sviluppo sostenibile in Italia (Del CIPE 2.8.2002)	151
Il Sole-24 ore: la qualità della vita in Italia	36
Italia Oggi: Rapporto sulla qualità della vita in Italia	77
Meglio Milano	115
<i>Qualità delle organizzazioni</i>	
EPE (ISO 14031) - Esempi	155
GRI (Global Reporting Iniziative)	35
<i>Qualità dell'ambiente</i>	
ANPA 2000 - Il monitoraggio dello stato dell'ambiente in Italia	541
AEA (Agenzia Europea dell'Ambiente)	354
Standard normativi	> 250
Indicatori per gli ecosistemi AAA-SITE	692
Unità ambientali sensibili (QVA 4/2003)	121

Fig. 2.10 - Esempio di numero di indicatori per una serie di proposte tecniche di riferimento nazionale e internazionale (Malcevski S., 2004)

In ogni caso, le principali proposte tecniche di riferimento si articolano intorno a categorie e sotto-categorie pressoché comuni, in quanto convenzionalmente definite. (Fig. 2.11)

Tabella 2 - *Principali categorie e sottocategorie in cui vengono convenzionalmente suddivisi gli indicatori*

<i>Categoria</i>	<i>Sotto-categorie</i>
Per categoria del descrittore utilizzato	Variabile parametrizzata Indice Entità complessa ....
Per componenti e sistemi ambientali	Acqua Fauna Paesaggio ....
Per posizione nella catena causale	Pressioni Stato Risposte ....
Per orientamento valutativo	di qualità positiva di vulnerabilità di qualità negativa ....
Per settori di attività	Agricoltura Turismo Trasporti ....
Per strumenti di governo	Via Vas Certificazioni di qualità ....
Per ambito operativo	Verifica del rispetto degli standard Monitoraggio Ricerca ....
Per livello operativo	Valori limite Soglie di azione (allarme, attenzione) Valori obiettivo (valori guida, target) ....
Per categoria prestazionale	Efficienza dell'organizzazione Efficacia sugli obiettivi Efficienza/efficacia del processo ....

Fig. 2.11 - Principali categorie e sotto-categorie in cui vengono convenzionalmente suddivisi gli indicatori (Malcevschi S., 2004)

Rimane comunque, a fronte del numero elevato di indicatori proposti, il problema di come selezionarne un numero limitato ed effettivamente popolabile con dati, ai fini di confronti coerenti tra differenti situazioni nazionali. Una linea di soluzione è quella di prevedere un numero di indicatori limitato, nella prospettiva che vengano utilizzati in modo coerente (nello spazio e nel tempo) da molteplici soggetti. Un esempio a livello internazionale è quello del set di 40 indicatori di cui 7 chiave e gli altri accessori, indicato dal Consiglio Europeo di Barcellona del 2002. Un altro esempio è il set proposto dalla DG Ambiente della Commissione Europea ad Hannover nel 2002, che prevede 10 indicatori comuni. (Malcevschi S., 2004).

La disponibilità di un set limitato di indicatori non esclude di poter prevedere indicatori specifici per venire incontro alle esigenze di organizzazioni pubbliche e private, locali o internazionali,

relative a casi specifici, che possono riguardare realtà locali o attività su obiettivi particolari. Questo approccio viene incontro anche alla necessità più generale, che sta emergendo da anni nell'ambito dei soggetti utilizzatori di indicatori e strumenti di controllo e previsione, di disporre da un lato di criteri generali e sufficientemente semplici, da un altro la necessità di criteri specifici per campi d'azione particolare.

Su questo obiettivo, nel corso degli ultimi anni, sono state formulate proposte da parte di diversi soggetti istituzionali ed aziendali, ma anche di organizzazioni tecnico-scientifiche, tra le quali in Italia l'Associazione Analisti Ambientali, che hanno raccolto e sistematizzato, secondo criteri coerenti, i molteplici indicatori impiegati nei principali strumenti di governo. (Fig. 2.12, Fig. 2.13)

INDICATORI	STRUMENTI DI GOVERNO											METODI DI SELEZIONE		
	CTR	DAN	VIA	VAS	REP	AG21L	SEV2	IPPC	CQ	CONT	CRS	STANDARD	REGOLE CONDIVISE	SCELTE AD HOC
	IPQO	X	x	x	x	x	x	x	x	X	X	X	?	X
IPPA	X	X	X	X	X	X	X	X	?	X	?	X	X	X
ICAP	X	X	X	X	X	X	X	?	?	?	?	X	X	x
ICAA	X	X	X	X	X	X	X	?	?	?	?	x	X	X

X	attribuzioni prioritarie
x	attribuzioni secondarie
?	attribuzioni da verificare

STRUMENTI DI GOVERNO		AG21	Agende 21 locali
CTR	Controlli di rispetto normativo	SEV2	Seveso 2
DAN	Danno ambientale	IPPC	IPPC
VIA	Valutazione di Impatto Ambientale	CQ	Certificazione di qualità
VAS	Valutazione Ambientale Strategica	CONT	Contabilità ambientale
REP	Reporting ambientale	CSR	Corporate Social Responsibility

Fig. 2.12 - Quadro degli utilizzi preferenziali degli indicatori ambientali rispetto ai principali strumenti di governo (Malcevschi S., 2004)



Tabella 4 - <i>Categorie di indicatori ambientali utilizzabili nei vari contesti operativi</i>	
<i>Indicatori di prestazione (IP)</i>	
IPQO	Qualità dell'organizzazione
IPPA	Pressioni ambientali prodotte
<i>Indicatori di condizione ambientale (ICA)</i>	
ICAP	SET PREDEFINITI CONDIVISI
ICAA	SET APERTI PER OBIETTIVI SPECIFICHI

Fig. 2.13 - Categorie di indicatori ambientali utilizzabili nei vari contesti operativi (Malcevski S., 2004)

### 2.2.1.1 Sistemi di reporting italiani

Nell'ambito del tema degli strumenti di controllo e di governo nel territorio e relativi indicatori, è stata svolta una ricognizione di sistemi di assessment e reporting (Cagnoli P. et al., 2004), esistenti ed utilizzati, a diverse scale che interessano il caso studio, riferiti al territorio in cui questo si colloca.

Dal nazionale al locale milanese, risultano essere stati definiti:

- ^ *Indagine sulla qualità della vita nelle città italiane Sole 24 ore – Legambiente*
- ^ *Ecosistema urbano*
- ^ *Ecosistema Metropolitano.*

Nella Fig. 2.14 è riportato un modello concettuale costruito allo scopo di inserire i sistemi in un quadro armonico complessivo, ordinandoli in base alle scale di riferimento. I sistemi di valutazione ed indicatori sono relazionati anche al sistema degli standard europei in corso di sviluppo da parte del CEN / TC 350 per la valutazione della sostenibilità dell'edificio e al quadro della strategia urbana internazionale per lo sviluppo sostenibile.

Nei paragrafi successivi sono esaminati i singoli sistemi di valutazione e reporting, che mettono a confronto (benchmarking), attraverso set di indicatori specifici, scelti in base agli obiettivi delle indagini, un panel di realtà territoriali locali. Ciò allo scopo di valutare e confrontare tra loro e nel tempo, considerato che si tratta di reporting ripetuti a scadenza periodica, i risultati delle politiche ed azioni, in senso sostenibile, messe in atto dai governi nazionale e locali. Nonostante le differenze tra un sistema e gli altri dovute alla natura degli obiettivi e degli oggetti di analisi, si nota una certa trasversalità tra le categorie e sotto-categorie di indicatori di sostenibilità, che si riconducono, con ottima approssimazione, alla più generale e convenzionale suddivisione di: ambientali, sociali ed economici, contenuta nella strategia urbana internazionale per l'attuazione dello sviluppo sostenibile.

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

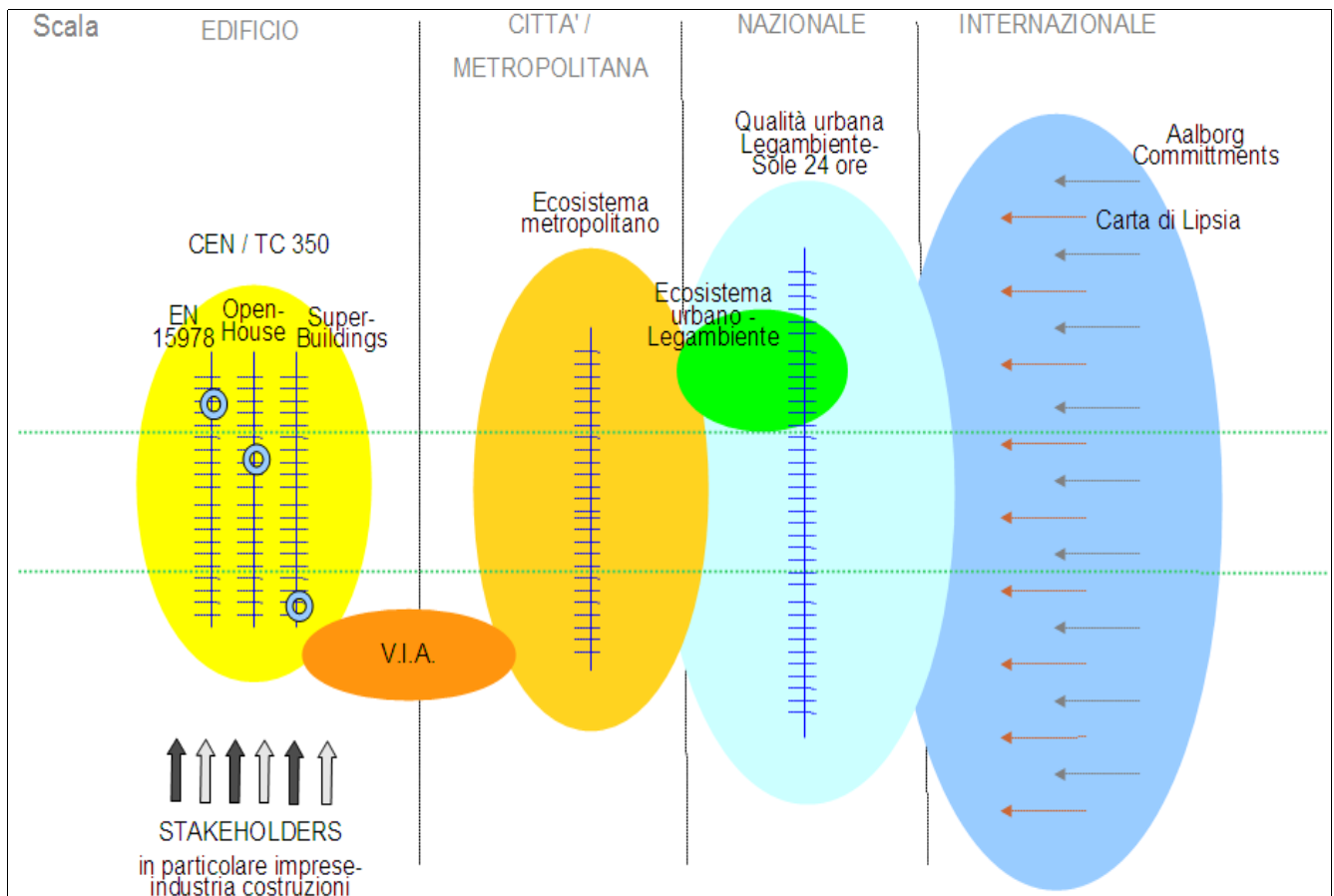


Fig. 2.14 - Sistemi di assessment e reporting dalla scala nazionale alla scala metropolitana e relazione con gli standard europei di sostenibilità dell'edificio e con i programmi strategici internazionali

### 2.2.1.2 Indagine sulla qualità della vita nelle città italiane Sole 24 ore – Legambiente

Da oltre 20 anni il sistema di valutazione mette a confronto le città italiane con oltre 200.000 abitanti, costruendo classifiche per ciascuno dei criteri (indicatori), una pagella finale per ogni città ed una classifica su indici aggregati, utilizzando 36 indicatori raggruppati in 6 domini:

- ^ Tenore di vita
- ^ Affari e lavoro
- ^ Servizi, ambiente e salute
- ^ Ordine pubblico
- ^ Popolazione
- ^ Tempo libero.

Tab. 2.2 - Indicatori impiegati nel sistema di benchmarking "Indagine sulla qualità della vita nelle città italiane Sole 24 ore – Legambiente"

<b>Dominio</b>	<b>Indicatore</b>	
<i>Tenore di vita</i>	1	PIL pro capite in migliaia di euro
	2	Depositi bancari per abitante
	3	Importo medio mensile pensioni in euro
	4	Consumi pro capite (in euro) - mobili/elettr./auto/moto/informatica
	5	Inflazione
	6	Costo casa al m <sup>2</sup> (in euro)
<i>Affari e lavoro</i>	7	Imprese registrate ogni 100 abitanti
	8	Rapporto impieghi/depositi
	9	Incidenza % delle sofferenze
	10	Quota delle esportazioni sul PIL
	11	% donne occupate
	12	% giovani 25-34 anni occupati
<i>Servizi e ambiente</i>	13	Indice Tagliacarne dotazione infrastrutturale (senza porti)
	14	Indice Legambiente

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

<i>Popolazione</i>	15	Indice climatico: differenza in °C tra il mese più caldo e il mese più freddo
	16	Dato sanitario: percentuale emigrazione ospedaliera (%)
	17	Disponibilità asili comunali nella provincia in % su utenza 0-3 anni
	18	Indice smaltimento cause civili
	19	Abitanti per km <sup>2</sup>
	20	Nati vivi ogni mille abitanti
	21	Divorzi e separazioni ogni 10mila famiglie
	22	Variazione incidenza % giovani (fino a 29 anni) su popolazione
	23	Laureati per prov. residenza ogni mille giovani 25-30 anni
	24	Popolazione straniera residente regolare in % su popolazione
<i>Ordine pubblico</i>	25	Scippi, borseggi e rapine ogni 100mila abitanti
	26	Furti in casa ogni 100mila abitanti
	27	Furti d'auto ogni 100mila abitanti
	28	Estorsioni ogni 100mila abitanti
	29	Truffe e frodi informatiche ogni 100mila abitanti
	30	Variazione delitti denunciati - Trend
<i>Tempo libero</i>	31	Rapporto assorbimento libri/popolazione
	32	Numero spettacoli ogni 100mila abitanti
	33	Numero sale cinematografiche ogni 100mila abitanti
	34	N. ristoranti e N. bar ogni 100mila abitanti
	35	N. alberghi e strutture ricettive ogni 100mila abitanti
	36	Indice sportività per tutte le discipline sportive

### 2.2.1.3 Ecosistema urbano

Ecosistema Urbano è la ricerca annuale che Legambiente realizza insieme ad Ambiente Italia con la collaborazione editoriale del Sole 24 Ore, dal 1994, con lo scopo di "fotografare" le città d'Italia, analizzando le eco-performance dei comuni capoluoghi di provincia sulla base dei dati raccolti attraverso un questionario specifico. In questo caso 7 sono i domini e 27 gli indicatori.

Tab. 2.3 - Indicatori impiegati nel sistema di benchmarking "Ecosistema urbano"

<i>Area</i>	<i>Indicatore</i>	
<i>Aria</i>	1	Polveri sottili (media annua $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
	2	Biossido di azoto (media annua $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
	3	Ozono (media giorni di superamento $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<i>Acqua</i>	4	Consumi idrici domestici (consumo giornaliero pro capite di acqua per uso domestico (l/ab))
	5	Capacità di depurazione (Indice composto da: % di abitanti allacciati agli impianti di depurazione, giorni di funzionamento dell'impianto di depurazione, capacità di abbattimento del COD %)
	6	Perdite di rete (differenza tra l'acqua immessa e quella consumata per usi civili, industriali e agricoli (come quota % sull'acqua immessa))
<i>Rifiuti</i>	7	Produzione pro capite Ru (kg/ab)
	8	Raccolta differenziata (% RD - frazioni recuperabili - sul totale rifiuti prodotti)
<i>Energia - carburante</i>	9	Consumo di elettricità (Consumo annuale pro capite elettrico domestico kWh/ab)
	10	Solare fotovoltaico in edifici pubblici (KW/1.000ab)
	11	Solare termico in edifici pubblici ( $\text{m}^2/1.000\text{ab}$ )
	12	Teleriscaldamento ( $\text{m}^3$ riscaldati/ab)
	13	Politiche energetiche (Indice composto da: introduzione di incentivi economici e disposizioni sul risparmio energetico e/o diffusione fonti energia rinnovabile, semplificazione della procedura per l'installazione di solare termico/fotovoltaico, attuazione di attività di risparmio energetico, presenza di Energy manager, acquisto di energia elettrica da fonte rinnovabile, realizzazione di audit energetici, realizzazione di banca dati edifici certificati 0-100)
<i>Ambiente</i>	14	Verde urbano fruibile (estensione pro capite di verde fruibile in area urbana $\text{m}^2/\text{ab}$ )
	15	Aree verdi totali (superficie delle differenti aree verdi sul

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

		totale della superficie comunale m <sup>2</sup> /ha)
<i>Circolazione e trasporti</i>	16	Isole pedonali (estensione pro capite della superficie stradale pedonalizzata m <sup>2</sup> /ab)
	17	Ztl (estensione pro capite di aree a ZTL m <sup>2</sup> /ab)
	18	Piste ciclabili (Indice che misura i metri equivalenti di piste ciclabili ogni 100 abitanti m_eq/100 ab)
	19	Ciclabilità (Indice composto da: adozione biciplan, ufficio biciclette, segnaletica direzionale, ciclo parcheggi di interscambio, servizio di deposito bici con assistenza e riparazione, piano riciclo bici abbandonate, contrasto ai furti, bike sharing 0-100)
	20	Tasso di motorizzazione – auto (auto circolanti ogni 100 abitanti auto/100 ab)
	21	Tasso di motorizzazione – moto (motocicli circolanti ogni 100 abitanti motocicli/100 ab)
	22	Trasporto pubblico – Offerta (percorrenza annua, per abitante, del trasporto pubblico km-vettura/ab)
	23	Trasporto pubblico – Passeggeri (passeggeri trasportati annualmente, per abitante, dal trasporto pubblico - passeggeri/ab)
	24	Mobilità sostenibile (Indice composto da: presenza di autobus a chiamata, controlli varchi ZTL, mobility manager comunale, piano spostamenti casa-lavoro, car sharing 0-100)
	<i>Pubblico e imprese</i>	25
26		Pianificazione e partecipazione ambientale (Indice composto da: progettazione partecipata, bilanci ambientali/rapporto sullo stato dell'ambiente e bilanci sociali; approvazione della Zonizzazione acustica, del Piano Urbano del Traffico - PUT, del Piano Energetico Comunale - PEC e del Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile PAES 0-100)
27		Eco-management (Indice composto da: utilizzo di carta riciclata negli uffici comunali, auto comunali ecologiche, prodotti equo&solidali, certificazione ambientale del Comune, raccolta differenziata all'interno del Comune, politiche di acquisti verdi 0-100)

#### 2.2.1.4 EcoSistema metropolitano

EcoSistema Metropolitano è un rapporto d'indagine conoscitiva avviata dalla Provincia di Milano nel 2006 al fine di valutare lo stato di sostenibilità del territorio provinciale. L'indagine, dopo la prima edizione del 2006 su dati 2005, è stata ripetuta nel 2007.

Essa si ispira ad Ecosistema Urbano, il rapporto annuale di Legambiente in collaborazione con Ambiente Italia e Sole 24ore per valutare le prestazioni ambientali dei comuni capoluogo di provincia.

Ecosistema Urbano è stato il primo tentativo a livello mondiale di organizzare i dati ambientali delle città per arrivare ad un benchmarking delle prestazioni ambientali.

EcoSistema Metropolitano, che utilizza lo stesso metodo, è il primo esempio di valutazione della sostenibilità ambientale-sociale-economica alla scala locale.

Le prestazioni sono state confrontate tra i 189 comuni della Provincia di Milano, sulla base di 86 indicatori e 72 indicatori aggregati, derivati da banche pubbliche, da informazioni fornite dall'amministrazione provinciale e da uno specifico questionario distribuito ai 54 comuni con più di 15.000 abitanti.

Per ogni indicatore vengono pertanto presentate le prestazioni di tutti i singoli comuni e, aggregando i risultati, si ottengono medie per categorie omogenee di comuni.

Gli indicatori sono stati scelti nel rispetto degli Aalborg Commitments, che impegnano gli enti locali a monitorare lo stato di attuazione dei propri impegni, indicando 10 indirizzi di sostenibilità.

Di seguito è riportato l'elenco degli indicatori per ognuno dei 10 indirizzi di sostenibilità, ordinati secondo uno schema (raggruppamenti per domini) omogeneo a quello degli altri sistemi di valutazione.

Tab. 2.4 - Indicatori impiegati nel sistema di benchmarking "EcoSistema metropolitano"

<i>Indirizzo di sostenibilità</i>	<i>Indicatore</i>	
<i>Governance</i>	1	Processi di Agenda 21 e bilanci sociali - realizzazione processo di A21 / pubblicazione report ambientale / presenza ufficio A21 / realizzazione bilancio sociale
	2	Organizzazioni di volontariato (n./10.000 ab.)
<i>Gestione urbana e sostenibilità</i>	1	Processi di Agenda 21 e bilanci sociali - realizzazione processo di A21 / pubblicazione report ambientale / presenza ufficio A21 / realizzazione bilancio sociale
	3	Appalti verdi pubblica amministrazione relativi a forniture
	4	Appalti verdi pubblica amministrazione relativi a lavori
	5	Appalti verdi pubblica amministrazione relativi a servizi
<i>Risorse naturali comuni</i>	6	Emissioni di PM10 (densità) (kg/ha)
	7	Emissioni di NOx (densità) (kg/ha)
	8	Emissioni di CO <sub>2</sub> (pro capite) (kg/ab)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

	9	Portata idrica concessa ad uso potabile pro capite (l/s su 1.000 ab.)
	10	Qualità delle risorse idriche superficiali LIM (classe)
	11	Qualità delle risorse idriche superficiali IBE (classe)
	12	Aree boscate – da PIF (% sup.terr.)
	13	Verde urbano pro capite - da PRG (m <sup>2</sup> /ab.)
	14	Verde urbano pro capite – reale (m <sup>2</sup> /ab.)
	15	Aree a tutela paesaggistica –aree protette (escluso PLIS) + SIC e ZPS (% sup. terr.)
	16	Depurazione - copertura nel territorio Comunale - (% popolazione)
<i>Migliore Mobilità</i>	17	Tasso di motorizzazione complessiva (n. mezzi/100 ab.)
	18	Tasso di motorizzazione privata (n. auto/100 ab.)
	19	Spostamenti sistematici (interni e uscita) residenti in auto o motociclo (% spostamenti)
	20	Spostamenti sistematici (in entrata) residenti in auto o motociclo (% spostamenti)
	21	Tempo medio viaggio auto privata (min/viaggio)
	22	Tempo medio viaggio trasporto pubblico (min/viaggio)
	23	Incidentalità stradale numero incidenti (n./10.000 ab.)
	24	Incidentalità stradale numero morti (n./10.000 ab.)
	25	Incidentalità stradale numero feriti (n./10.000 ab.)
	26	Piste ciclabili – estensione pro capite (m/1000ab)
	27	Pendolari che usano auto privata (% spostamenti)
	28	Pendolari che usano trasporto pubblico (% spostam.)
	29	Spostamenti sistematici residenti (interni e in uscita) con trasporto pubblico (% spostamenti)
	30	Spostamenti sistematici residenti (entrata) con trasporto pubblico (% spostamenti)
	31	Spostamenti sistematici residenti (interni e uscita) bici, piedi o altro (% spostamenti)
	32	Autoveicoli euro 3 e 4 sul totale (%)
	33	Veicoli euro 3 e 4 sul totale (%)
	34	Parcheggi di interscambio ferroviario (posti/100 spost.)
	35	Isole pedonali (m <sup>2</sup> /1.000 ab.)
	36	ZTL (m <sup>2</sup> /1.000 ab.)
	37	Industrie a rischio di incidente rilevante (n ind./10.000 imprese)



"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

<i>Azione locale per la salute</i>	38	Sorgenti di radiazioni non ionizzanti – potenza installata impianti radio MF (W/1.000ab)
	39	Sorgenti di radiazioni non ionizzanti – potenza installata impianti DVB-H, televisione (W/1.000ab)
	40	Sorgenti di radiazioni non ionizzanti – potenza installata impianti telefonia mobile (W/1.000ab)
	41	Concentrazione PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
	42	Concentrazione NO2 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
	43	Concentrazione CO ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
	44	Concentrazione SO2 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
	45	Concentrazione benzene ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
	46	Massimo livello di rumore stradale diurno db(A)
	47	Massimo livello di rumore stradale notturno db(A)
	48	Misure per rumore da traffico notturno >55 db(A) (%)
	49	Misure per rumore da traffico diurno >65 db(A) (%)
	50	Zonizzazione acustica: approvazione piano
	51	Zonizzazione acustica: superficie residenziale nelle classi azzonam. acustico I-II-III (%totale)
<i>Consumo responsabile</i>	52	Produzione pro capite di rifiuti (kg/ab.)
	53	Solare fotovoltaico - pot. installata con finanziamenti (kW/1.000)
	54	Risparmio energetico - norme cogenti nel Regolamento edilizio o PRG
	55	Solare termico - pannelli solari nelle strutture comunali ( $\text{m}^2$ )
	56	Solare fotovoltaico - potenza impianti nelle strutture comunali (kW)
	57	Tasso di raccolta differenziata (%)
	58	Impiego di compost per manutenzione verde pubblico – superficie interessata (%)
	59	Utilizzo prodotti biologici nelle mense scolastiche
	60	Utilizzo di carta riciclata (%)
	3	Appalti verdi pubblica amministrazione relativi a forniture
	4	Appalti verdi pubblica amministrazione relativi a lavori
5	Appalti verdi pubblica amministrazione relativi a servizi	
<i>Pianificazione urbana</i>	61	Area urbanizzata (da PRG) (% sup. terr.)
	62	Tasso di artificializzazione reale (% sup. terr.)
	63	Volumi edilizi nuove costruzioni ( $\text{m}^3$ )
	64	Verde urbano pro capite pianificato (da PRG)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

	65	Aree da bonificare (m <sup>2</sup> /ha)
	66	Aree bonificate - in % su aree da bonificare (%)
	67	Aree dimesse (m <sup>2</sup> /ha)
	68	Nuove aree verdi urbane (mq/1000ab.)
	53	Solare fotovoltaico - pot. installata con finanziamenti (kW/1.000)
	69	Risparmio energetico e fonti rinnovabili – impianti a biomasse installati nelle strutture comunali (kW)
<i>Economia locale sostenibile</i>	70	Imprese pro capite (n. imprese/1000 ab.)
	71	Aree ad agricoltura biologica - incluso in conversione (% SAU)
	72	Industrie certificate ISO 14001 - loc. del produttore (ind.iso14001/10.000ind)
	73	Industrie certificate EMAS - loc. del produttore (indEMAS./10.000ind.)
	74	Industrie certificate SA8000 - loc. del produttore (indSA8000/10.000ind)
	75	Agriturismo – strutture (n.)
<i>Equità e giustizia sociale</i>	76	Risparmi pro capite (Euro/ab)
	77	Tasso di attività (% popolazione)
	78	Tasso di occ. femminile (% popolazione)
	79	Tasso di istruzione superiore totale – media sup. (% pop.)
	80	Tasso di istruzione superiore femminile – media sup. (% pop.)
	81	Tasso di laurea totale (% pop.)
	82	Tasso di laurea femminile (% pop.)
	83	Popolazione straniera residente (% residenti)
	84	Servizi sociali: biblioteche – prestiti libri (n./ab.)
	85	Servizi sociali: ambulatori – strutture (n./10.000 ab.)
	86	Servizi sociali: consultori – strutture (n./10.000 ab.)
<i>Da locale a globale</i>	8	Emissioni di CO <sub>2</sub> (pro capite)
	71	Aree ad agricoltura biologica - incluso in conversione (% SAU)
	59	Utilizzo prodotti biologici nelle mense scolastiche
	72	Industrie certificate ISO 14001 - loc. del produttore (ind.iso14001/10.000ind)
	73	Industrie certificate EMAS - loc. del produttore (indEMAS./10.000ind.)
	74	Industrie certificate SA8000 - loc. del produttore (indSA8000/10.000ind)

## 2.2.2 Buone pratiche di sostenibilità urbana dell'edificio nel contesto europeo

### 2.2.2.1 Eco-quartieri e rigenerazione urbana

La “Carta di Lipsia sulle Città Europee Sostenibili” (2007) è un documento elaborato sulla Strategia UE dello Sviluppo Sostenibile, attraverso una partecipazione ampia e trasparente delle parti europee interessate, in cui i Ministri responsabili per lo sviluppo urbano degli Stati Membri dell’Unione Europea si sono impegnati a:

- Fare un maggiore ricorso alle strategie della politica di sviluppo urbano integrato
- Creare ed assicurare spazi pubblici di alta qualità
- Modernizzare le reti infrastrutturali e migliorare l’efficienza energetica
- Perseguire strategie per migliorare l’ambiente fisico.

Pertanto, progettare un Eco-quartiere (Scudo G., 2008) in quest'ottica significa:

- Riquilibrare aree già urbanizzate e recuperare aree degradate, tutelando le aree verdi e le risorse naturali presenti, sostituendo edifici obsoleti con edifici migliori e con nuova qualità urbana, riequilibrando il rapporto tra pieni e vuoti, dei suoli permeabili e impermeabili
- Combinare tra loro in modo equilibrato un mix di funzioni urbane, di attività produttive e di classi sociali offrendo servizi di prossimità, spazi di incontro e aree verdi, creando comunità e senso di appartenenza
- Migliorare e favorire le connessioni urbanistiche, infrastrutturali e funzionali tra il quartiere e il resto della città contribuendo alla rigenerazione della città nel suo insieme
- Definire il suo mix funzionale (residenza, attività produttive, servizi) e la dotazione infrastrutturale (trasporti, verde, ...) anche in relazione con il contesto urbano in cui è inserito
- Sviluppare il quartiere in forte relazione con i nodi del trasporto pubblico allo scopo esplicito di scoraggiare e ridurre la dipendenza dall’auto e di promuovere la mobilità ciclo-pedonale e con mezzi collettivi
- Considerare la flessibilità degli usi degli edifici e dell’impianto urbano come un valore progettuale per costruire una città in grado di adattarsi facilmente ai cambiamenti della società
- Considerare il tema della gestione come un nodo non rinviabile esclusivamente all’auto-organizzazione dei futuri abitanti e fruitori
- Ridurre al minimo gli sprechi di energia e generare da fonti rinnovabili e in loco la gran parte dell’energia che utilizza
- Raccogliere e riciclare acque e rifiuti, realizzare sistemi di drenaggio delle acque piovane, tetti verdi, orti di quartiere, aree permeabili e alberatura diffusa, per adattarsi al meglio ai picchi di calore e alle piogge torrenziali conseguenti ai cambiamenti climatici in corso
- Utilizzare i materiali, gestire i cantieri e programmare la manutenzione (Daniotti B., 2012) futura adottando criteri di sicurezza, tutela della salute, analisi del ciclo di vita (Lavagna M., 2008) e gestione ambientale, efficienza ecologica ed economica
- Definire e adattare questo modello generale alla specifica situazione locale, attraverso meccanismi di progettazione partecipata e integrata
- Sottoporre a certificazione di sostenibilità tanto l’intervento complessivo quanto i singoli edifici.

L'UE incentiva gli Eco-quartieri "Jessica" è un'iniziativa comune realizzata dalla Commissione europea, in collaborazione con la Banca europea per gli investimenti (BEI) e la Banca per lo sviluppo del Consiglio d'Europa (CEB), allo scopo di promuovere lo sviluppo e il rinnovamento urbano sostenibile.

I paesi dell'UE possono scegliere di investire parte degli stanziamenti a loro favore in fondi rinnovabili in modo da contribuire al riutilizzo delle risorse finanziarie per accelerare gli investimenti nelle aree urbane dell'Europa.

Applicando le norme attuali e attivandosi in modo virtuoso, alcune città europee ma anche italiane (es. i Comuni che hanno aderito al Patto dei Sindaci) hanno già intrapreso questo percorso (quartieri ad emissioni zero, eco-riqualificazione dell'edilizia sociale e pubblica, promozione di case passive), non solo contribuendo al potenziale di riduzione della CO<sub>2</sub>, ma anche a quello legato all'economia verde.

Basti pensare che nella sola città di Stoccolma, in un quartiere di 26.000 abitanti, si sono creati 10.000 posti di lavoro "verdi", mentre a Friburgo sono impiegate nella Green Economy oltre 1.500 imprese e 10.000 addetti, con un indotto di 500 milioni di Euro.

### 2.2.2.2 Eco-quartieri in Europa

*Friburgo* è stata la prima città in Europa a dotarsi di eco-quartieri (Scudo G., 2008). Dopo Vauban, sta lavorando all'insediamento del quartiere Rieselfeld (Fig. 2.15) che propone anch'esso uno stile di vita comunitaria piuttosto progressista. Verrà lasciato infatti molto spazio all'impegno e alla partecipazione dei cittadini alla vita del quartiere. (Berrini M., 2009)



Fig. 2.15 - Eco-quartiere Rieselfeld a Friburgo

Il Comune di Friburgo, negli anni 90 ha comprato un'area sede di un'ex caserma nazista, per trasformarla in un quartiere di alta densità destinato a differenti gruppi sociali con un programma di sviluppo urbanistico per la creazione di alloggi per 5.000 abitanti e 600 posti di lavoro.

Le emissioni nocive sono diminuite del 14% dal 1992 con l'obiettivo del 40% entro il 2030. I tetti della città sono tappezzati da moduli fotovoltaici, stadio compreso, per un totale di energia prodotta

pari a 10.000 kW, mentre molte abitazioni utilizzano pompe di calore geotermiche per il riscaldamento ed il raffrescamento.

Il programma di sviluppo per il quartiere *Vauban* (Fig. 2.16) è orientato a perseguire i seguenti obiettivi:

- lotti caratterizzati da taglio medio-piccolo per consentire la creazione di differenti stili abitativi
- conservazione e sviluppo degli spazi verdi esistenti e creazione di nuovi
- basso consumo energetico per tutti gli edifici (standard energetico più elevato e complesso di quello imposto dalla normativa nazionale)
- smaltimento naturale e riuso delle acque piovane
- priorità dei trasporti pubblici, creazione di vie pedonali e ciclabili
- creazione di un centro di quartiere attrezzato con negozi e servizi di necessità quotidiana
- creazione di un ambiente accogliente per famiglie e bambini; uno dei difetti pare essere, per alcuni la presenza di troppi bambini... in realtà il Comune di Friburgo ha incentivato a trasferirsi qui coppie con figli.



Fig. 2.16 - Eco-quartiere Vauban a Friburgo

L'Eco-quartiere di *Hjortshoj* (Fig. 2.17), in Danimarca, realizzato nei primi anni Novanta e organizzato in gruppi di abitazioni, conta oggi 250 residenti. Hjortshoj si è rinnovato negli anni seguendo l'evoluzione delle tecniche di costruzione e di risparmio di energia.

Tutto è eco-friendly, dalla pittura, all'isolamento in lana di legno che arriva fino a 60 centimetri di spessore. Tra le peculiarità:

- Utilizzo del calore passivo dal sole
- Muri "Trombe" che consentono di pre-riscaldare l'aria fredda prima che entri in casa
- Pannelli solari



Fig. 2.17 - Eco-quartiere di Hjortshoj, in Danimarca

Ognuno è libero di apportare le proprie competenze per vivere nel rispetto dell'ambiente. Ecco quindi una quarantina di gruppi di lavoro che si prendono cura dell'orto biodinamico comune, delle mucche, delle api.

L'Eco-quartiere di *Hammarby* (Fig. 2.18) è uno dei risultati dello sforzo di recupero ambientale di interi complessi di edilizia sociale che si sta diffondendo in molte città dalla Svezia all'Austria.



Fig. 2.18 - Eco-quartiere di Hammarby in Svezia

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

L'ex zona industriale a sud di Stoccolma, ad oggi totalmente decontaminata e riqualificata, entro il 2017 ospiterà ben 11.000 appartamenti e 200.000 mq di uffici e servizi (Fig. 2.19).

Nella progettazione si è tenuto conto di numerosi accorgimenti che consentiranno un notevole risparmio energetico.



Fig. 2.19 - Eco-quartiere di Hammarby in Svezia: la piazza centrale

Saranno presenti una serie di digestori (Fig. 2.20) che accumuleranno biogas dai processi di degradazione dei liquami per diversi usi: come carburante per autobus e automobili, nelle cucine delle abitazioni.

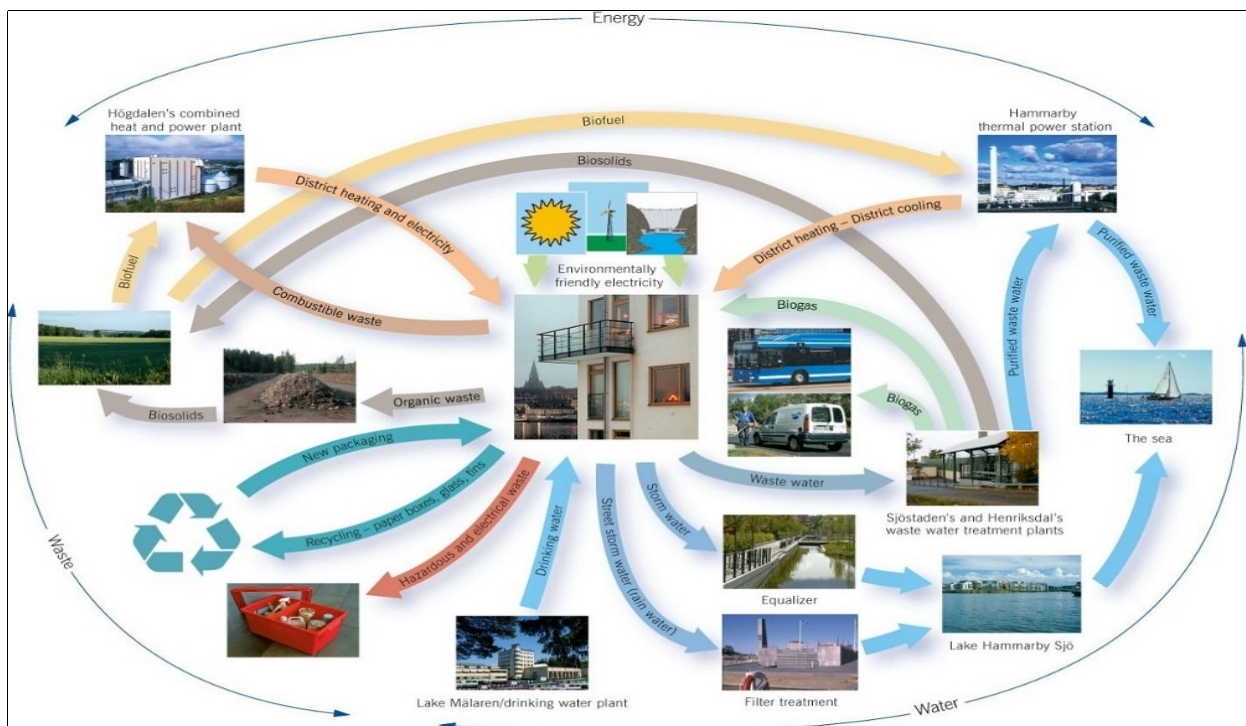


Fig. 2.20 - Schema del ciclo virtuoso dei rifiuti del Eco-quartiere di Hammarby in Svezia

L'obiettivo finale è ricavare metà dell'energia necessaria dal Sole e metà dal riutilizzo e trasformazione dei rifiuti prodotti.

L'Eco-quartiere di *Kronsberg* (Fig. 2.21) è parte del grande progetto per l'Expo 2000 che ha interessato la città di Hannover. (Berrini M., 2009)



Fig. 2.21 - Eco-quartiere di Kronsberg a Hannover

Sono 3.000 le abitazioni costruite con criteri ecologici. I più significativi:

- Energia: 75% di riduzione di CO<sub>2</sub>, rispetto a costruzioni convenzionali, attraverso sistemi costruttivi a basso consumo energetico, certificati, reti di teleriscaldamento, 2 impianti eolici.
- Raccolta differenziata : 30% di riduzione dei rifiuti solidi urbani
- Acque: riduzione al minimo dell'impermeabilizzazione dei suoli e massimo recupero e riutilizzo, incanalamento e raccolta dell'acqua piovana dalle strade per mezzo di un sistema di fossati lungo 11 km. (Fig. 2.22).



Fig. 2.22 - Eco-quartiere di Kronsberg a Hannover: il sistema del verde



Il progetto di ricostruzione di *Tor Bella Monaca* (Fig. 2.23), quartiere periferico e degradato di Roma, inserito nel Millennium Plan Roma Capitale 2010-2020, individua piccole aree libere esterne al quartiere, sulle quali costruire secondo un nuovo modello abitativo, fatto di tipologie meno dense e maggiore attenzione alla qualità e alla gestione degli spazi pubblici, nuovi alloggi pubblici destinati ai residenti.

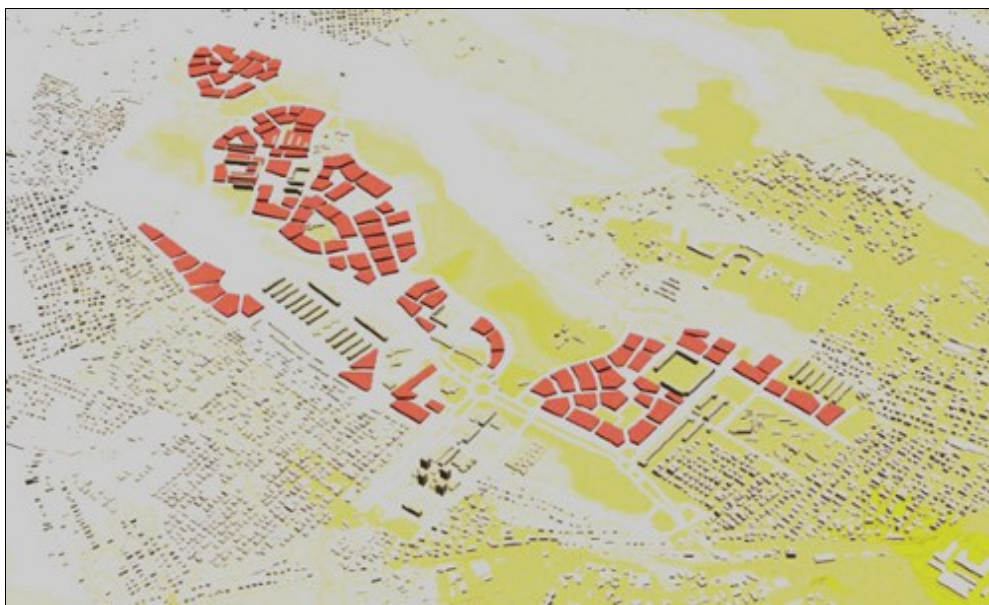


Fig. 2.23 - Eco-quartiere di Tor Bella Monaca a Roma

Il Programma complessivo, sulla base del Concept Plan redatto da Leon Krier, prevede tra le altre:

- la definizione dei margini naturalistici e del limite della città con l'introduzione di vaste aree a parco a vocazione agricolo-archeologica
- la riorganizzazione del traffico veicolare e del trasporto pubblico
- la trasformazione dei luoghi, attraverso un nuovo approccio tecnico-procedurale, in grado di riqualificare l'insediamento dal punto di vista identitario e di omogeneità con il contesto territoriale.

## 2.2.3 Buone pratiche di sostenibilità urbana dell'edificio nel contesto italiano

### 2.2.3.1 Eco-quartieri italiani: il caso Bolzano

Negli ultimi anni a Bolzano (Fig. 2.24) tre aree di notevoli dimensioni (Fig. 2.25) sono state destinate ad espansioni residenziali, seppur con concetti urbanistici e spaziali diversi, per far fronte al fabbisogno abitativo: l'area delle ex caserme Mignone (Rosenbach), Firmian (Resia 2), e Bivio-Kaiserau (Casanova). (Detail, 2008)

Il quartiere *Rosenbach* (ex-Mignone) nasce dalla volontà della Provincia Autonoma e del Comune di Bolzano di restituire al tessuto urbano della città un'area prima era occupata da un complesso di caserme.

Il quartiere *Firmian* è frutto di un'iniziativa di privati (proprietari) riuniti in un consorzio, che

decidono di edificare un'area coltivata al margine occidentale della città.

Il quartiere *CasaNova* è stato ritenuto dal Ministero dell'Ambiente il quartiere italiano con la più alta efficienza energetica e per questo inserito come best-practice all'interno della Campagna Europea per la Sostenibilità Energetica.



Fig. 2.24 - Dati climatici e geografici della città di Bolzano

La Provincia e il Comune di Bolzano si sono inoltre impegnati per i prossimi anni in una concreta strategia di riduzione delle emissioni nei singoli settori, adottando misure mirate e praticando il monitoraggio periodico delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

Nell'ambito del miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici, il regolamento edilizio comunale, in vigore dal 2007, prevede l'obbligo di certificazione energetica CasaClima B per tutti i nuovi edifici costruiti.

Per quanto riguarda invece lo sfruttamento della fonte solare, vige l'obbligo di installare impianti termici ad energia solare che coprano almeno il 50% della richiesta di acqua calda sanitaria sui nuovi edifici e su quelli per i quali si proceda ad una ristrutturazione che coinvolga almeno il 50% della superficie netta.

Il settore dell'Edilizia Residenziale Pubblica fa capo ad IPES, Istituto per l'edilizia sociale della Provincia autonoma di Bolzano, un Ente di diritto pubblico creato dopo l'Istituto autonomo case popolari.



Fig. 2.25 - Disposizione degli eco-quartieri di Bolzano rispetto alla città (Eurac, 2010)

Uno degli obiettivi principali dell'IPES è la realizzazione di alloggi per le famiglie che non hanno la possibilità di accedere al libero mercato, che siano adeguati al loro fabbisogno, che siano a basso impatto ambientale, di facile manutenzione (Daniotti B., 2012) e che abbiano uno standard abitativo di buon livello.

Per raggiungere questi obiettivi IPES ha elaborato delle norme tecniche di riferimento per i progettisti, con requisiti minimi per gli elementi costruttivi, in particolare facenti capo a:

- un nuovo concetto di flessibilità nell'uso e nella distribuzione dell'alloggio
- risparmio energetico e rispetto ecologico-ambientale
- attenzione ai costi nel tentativo di individuare la soluzione economicamente più vantaggiosa a parità di buone prestazioni.

### 2.2.3.2 Criteri di progettazione sostenibile

Tra i principali criteri di progettazione (Norme tecniche IPES, 2005) applicati negli eco-quartieri di Bolzano si annoverano, rispettivamente:

#### SITUAZIONE URBANISTICA

- miglior utilizzo delle infrastrutture preesistenti, per esempio riducendo i percorsi veicolari al minimo

#### RIFERIMENTO ALL'AMBIENTE

- adeguamento alla conformazione del terreno per evitare scelte strutturali costose in zone molto ventilate sono da evitare edifici isolati

- superfici finestrate massime a sud; minime a nord (valutare verande e altri sistemi edilizi passivi di captazione di energia solare)

#### CONFORMAZIONE DELL'EDIFICIO

- l'edificio dovrebbe dare l'impressione di semplicità, durabilità e di elegante sobrietà

#### VANI TECNICI

- contatori acqua fredda, contatori acqua calda e contacalorie

#### COLLEGAMENTI VERTICALI E ORIZZONTALI

- accessibilità sicura e comoda da spazi comuni ai tetti, locali nel tetto e terrazze

#### VANI COMUNI

- sale riunioni e sale gioco

#### SPAZI COMUNI

- area sicura per gioco bimbi, corrispondente al 20 % della superficie libera
- spazi verdi possibilmente per ogni alloggio: da 10 a 20 m<sup>2</sup> e in posizione protetta rispetto al traffico

#### TIPOLOGIE E DISPOSIZIONE INTERNA

- pianta flessibile, per la poter ingrandire o ridurre due alloggi adiacenti
- se la pianta si sviluppa su un unico piano, prevedere: zona giorno all'entrata, separazione tra zona giorno e notte, non accostare zona giorno e notte tra alloggi diversi
- soggiorno: orientamento a sud e collegamento con l'esterno (balcone o terrazza); servizi igienici: - prevedere finestre nei bagni, non posizionare la vasca da bagno sotto la finestra; ripostiglio: vano proprio ventilato, bagno-vasca: WC, lavandino, bidet, vasca (e lavatrice); bagno-doccia: WC, lavandino, bidet, doccia (e lavatrice); WC Giorno: WC e lavandino
- spazi aperti (balconi, terrazze): dovranno essere soleggiati, protetti dalla vista e dal rumore dei vicini, da precipitazioni e vento, ed avere accesso dal soggiorno e / o dalla cucina.

#### STRUTTURA PORTANTE

- fondazioni in c.a.
- struttura verticale: muratura portante costituita da muratura esterna e muratura interna portante in blocchi semipieni a fori verticali (spessore minimo 30 cm), calcestruzzo (piani interrati) con spessore minimo 25 cm
- struttura orizzontale: le solette in calcestruzzo aggettanti (balconi ecc.) devono essere termicamente separate dal resto dell'edificio (ad es. mediante mensole in profilati in acciaio). Per i solai di piani abitati devono essere impiegati preferibilmente solai in laterocemento con pignatte di laterizio. E' consentito l'impiego dei solai massicci in calcestruzzo solo nel caso dimostrato di una maggiore economicità rispetto a quelli in laterocemento.

#### IMPIANTI TECNOLOGICI

- recupero acqua piovana solo dove prescritto dal comune ed esclusivamente per irrigazione aree verdi.

#### CRITERI DI VALUTAZIONE DELLA FISICA EDILE

- compattezza dell'edificio: rapporto S / V minore o uguale a 0,70.

## CONSUMO ENERGETICO

- indice di consumo energetico (calcolo su superficie netta vani abitati e riscaldati):  $E < 40 \text{ kWh/m}^2$
- muri esterni:  $U$  minore uguale  $0,30 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- finestre e porte (compresi i telai) anche confinanti a locali non riscaldati – triplo vetro con gas Argon ( $U_g$  minore uguale  $0,70 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  in base alla norma EN 10077-1):  $U_w$  minore o uguale a  $1,00 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- solai sotto soffitte non abitate:  $U$  minore o uguale a  $0,25 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- sfasamento 7- 9 ore o 12-14 ore.

## ECOLOGIA

- selezione dei materiali e di costruzioni considerando: l'utilizzo di risorse rinnovabili e naturali, il basso impiego di energia nella produzione e nel trasporto utilizzando risorse e prodotti regionali, nessuno o possibilmente un basso utilizzo di solventi, l'impiego di materiali riciclati / riciclabili, evitare materiali costruttivi onerosi da smaltire.

## SOSTENIBILITA'

- chiara e costruttiva divisione tra i materiali da costruzione con differenti durate d'impiego tra di essi
- il grezzo, la finitura, gli impianti tecnici e le facciate sono da progettare come elementi a sé stanti, che possono essere scambiati, recuperati o restaurati indipendentemente l'uno dall'altro
- l'impiego di materiali che rimangono funzionanti e di bell'aspetto, prestanti anche nel tempo
- è opportuno considerare già in fase progettuale delle soluzioni per un basso dispendio nella pulizia e nella manutenzione (Daniotti B., 2012) in fase d'utilizzo
- osservanza delle tecniche di costruzione locali (usuali).

### 2.2.3.3 Soluzioni tecniche

Secondo le prescrizioni tecnico-costruttive dell'IPES (Norme tecniche IPES, 2005), sono ammesse deroghe alle soluzioni standard purché migliorative in termini di qualità, prestazioni e prezzo e approvate dal responsabile di progetto.

## STRUTTURA (Fig. 2.26, Fig. 2.27, Fig. 2.28, Fig. 2.29)

- solai: di norma solai laterocementizi con spessore pari a  $20+5 \text{ cm}$ , solai pieni sono ammessi solo se dimostratamente garantiscono un funzionamento statico a lastra e un corrispondente risparmio di armature in acciaio
- muri esterni (tutti): mattoni multifori con spessore minimo  $30 \text{ cm}$  e coibentazione esterna
- muri portanti interni: mattoni multifori con spessore minimo  $30 \text{ cm}$
- battute sui pavimenti: non è consentita alcuna battuta all'interno dell'alloggio; è ammessa una battuta non superiore a  $2 \text{ cm}$  in corrispondenza del portoncino di ingresso sul corpo scala
- serramenti (Fig. 2.30, Fig. 2.31): profilo di legno lamellare in abete o pino, rivestimento esterno in alluminio; per le finestre: apertura anta-ribalta; per le portefinestre: semplice apertura ad anta.

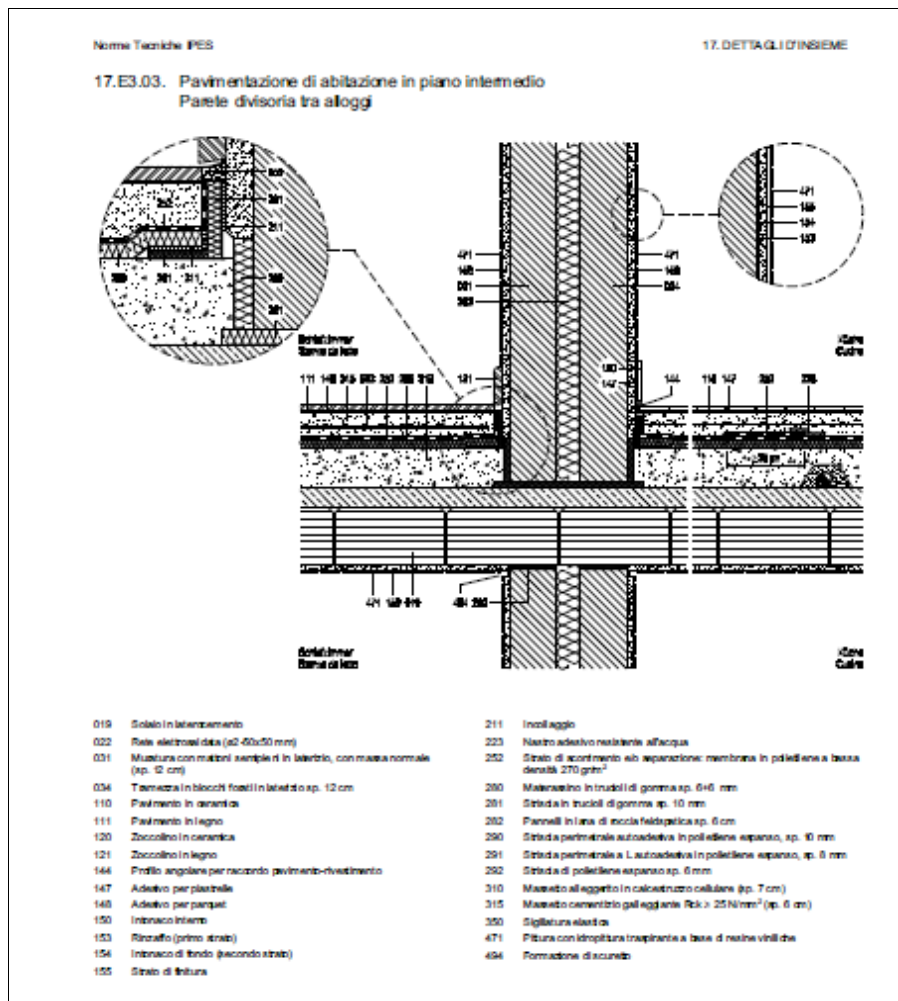


Fig. 2.26 - Particolare di nodo verticale nelle abitazioni in piano intermedio (Norme tecniche IPES, 2005)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

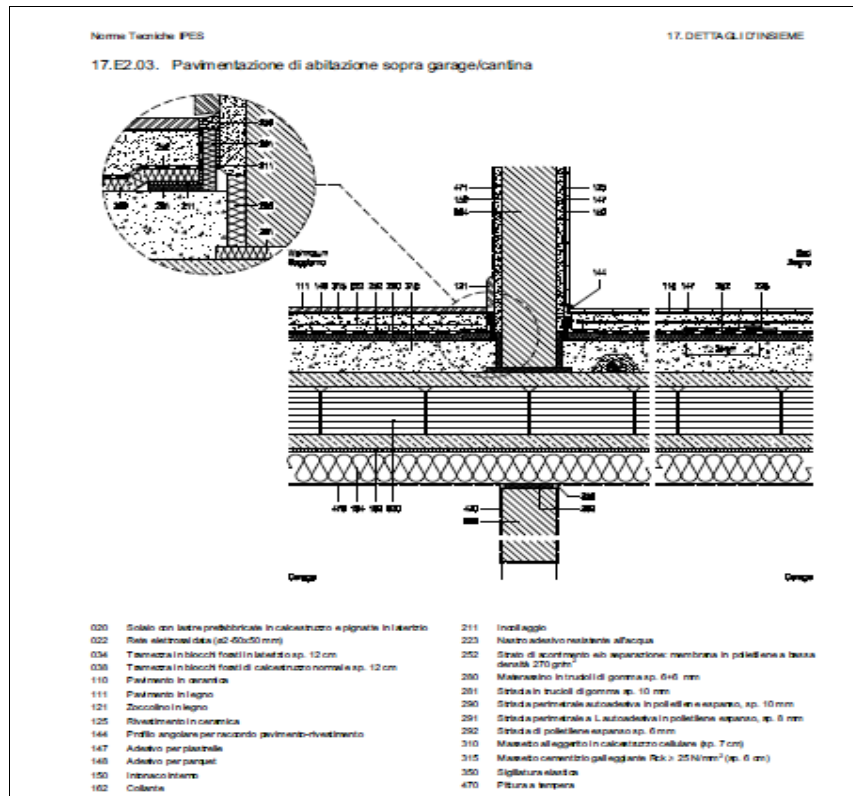


Fig. 2.27 - Particolare di nodo verticale in abitazione sopra garage / cantina (Norme tecniche IPES, 2005)

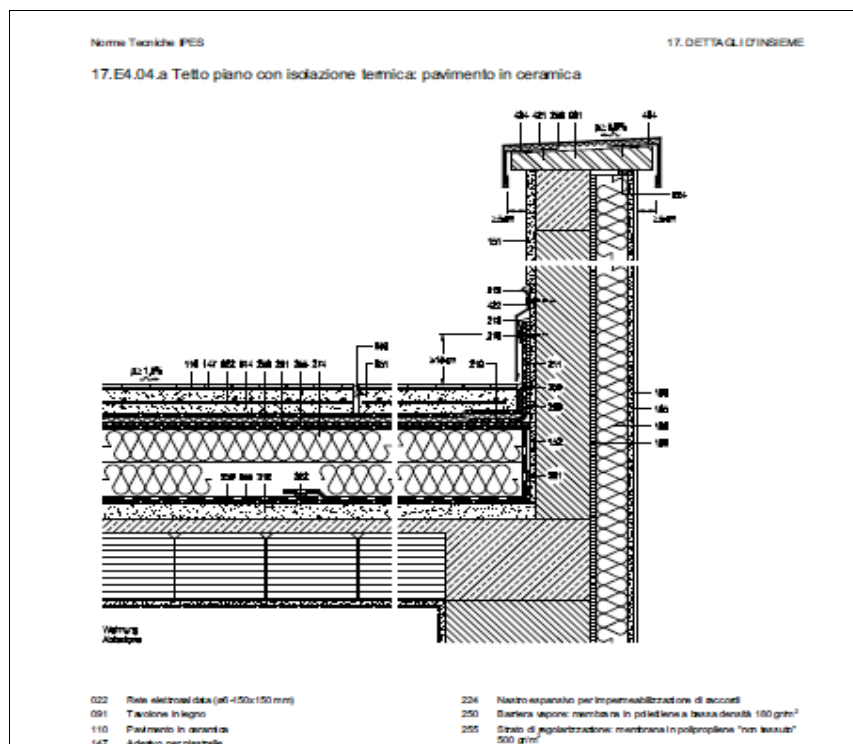


Fig. 2.28 - Particolare di nodo verticale sul tetto piano (Norme tecniche IPES, 2005)

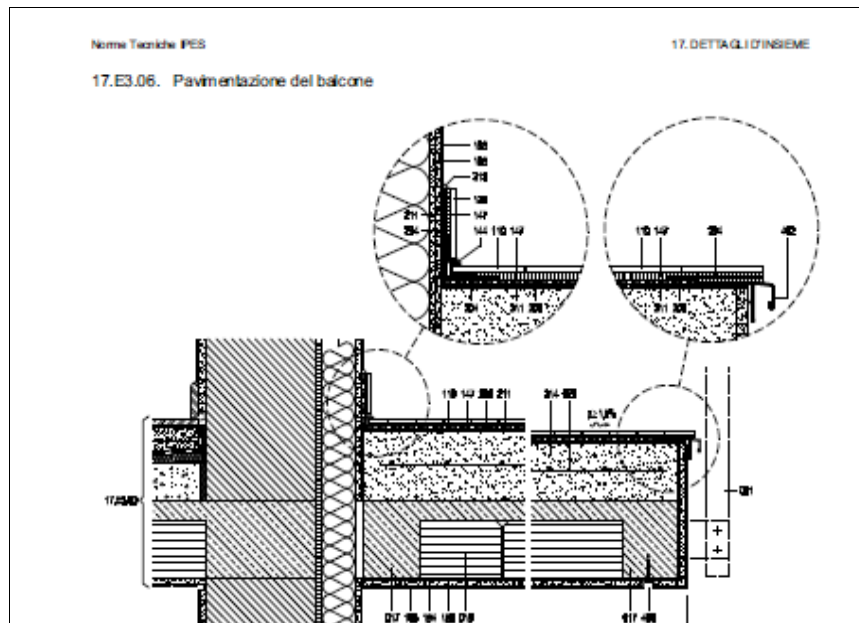


Fig. 2.29 - Nodo verticale di attacco del tamponamento esterno con la soletta del balcone (Norme tecniche IPES, 2005)

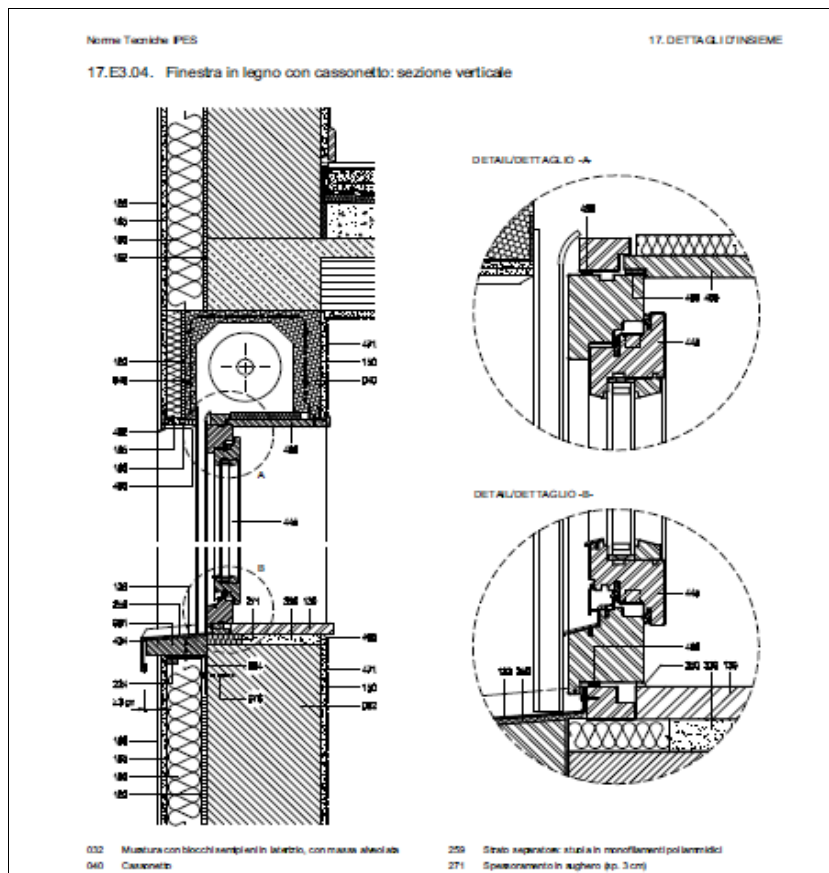


Fig. 2.30 - Tamponamento esterno, con isolamento e serramento (Norme tecniche IPES, 2005)





Fig. 2.31 - Campione costruttivo a scala reale per il vano di alloggiamento della porta-finestra

#### ISOLAMENTO TERMICO (Fig. 2.30, Fig. 2.31, Fig. 2.32)

- muri esterni: spessore 12 cm (sughero, silicati di calcio o fibra minerale)
- porticati esterni (rivestimento intradosso): spessore 20 cm (pannelli in sughero, silicati di calcio o fibra minerale)
- ultimo solaio con sottotetto non abitabile (pannelli in fibra fine di legno): spessore 20 cm (disposti sfalsati almeno in due strati e protetti con pannelli in OSB con spessore 19 mm)
- sottotetto abitabile: pannelli in fibra fine di legno con spessore 20 cm (disposti in 2 strati sfalsati e posati sull'estradosso del tavolato interno).



Fig. 2.32 - Campione costruttivo a scala reale di nodo verticale in corrispondenza dei balconi, a norma delle linee guida IPES

### IMPIANTI IDRO-TERMO-SANITARI (Fig. 2.33, Fig. 2.34)

- valvole di regolazione della portata d'acqua ai singoli alloggi: in ogni cassetta di distribuzione deve essere installata per ciascun alloggio una valvola automatica di regolazione della portata d'acqua (tutti i dati debbono essere letti a distanza tramite cavo bus, in locale comune)
- termostato ambiente nel soggiorno
- collettori di distribuzione anelli del riscaldamento a pavimento: i collettori, in ottone, muniti di valvola o detentore di regolazione della portata per ciascun anello (nel progetto, possibilmente in un disegno deve essere specificata la posizione di taratura di ogni detentore)
- regolazione del singolo ambiente (nel caso in cui sia autorizzato un riscaldamento a pavimento)
- se non viene installato il riscaldamento a pavimento i corpi scaldanti sono installati solo nel caso in cui l'energia termica è ottenuta da rete del teleriscaldamento e sempre provvisti di valvola termostatica
- le tubazioni dell'acqua calda e del ricircolo della medesima sono da isolare con spessore doppio di quello previsto per legge.



Fig. 2.33 - Dettagli di componenti degli impianti idro-termo-sanitari richiesti nelle linee guida IPES



Fig. 2.34 - Dettagli di componenti degli impianti idro-termo-sanitari richiesti nelle linee guida IPES



### INTEGRAZIONE CON LA CITTA'

L'integrazione tra l'area di intervento e il centro cittadino è stata raggiunta mediante percorsi ciclo-pedonali e linee di trasporto pubblico, contribuendo così a diminuire il sistema della mobilità automobilistica con un sistema viario interno (Fig. 2.37) pianificato per un afflusso del traffico limitato grazie alle strade volutamente tortuose. L'area di progetto (Fig. 2.38) coinvolge la linea ferroviaria che costituisce un'importante occasione per attivare il progetto della "ferrovia metropolitana".



Fig. 2.37 - Viabilità di accesso al quartiere Casanova

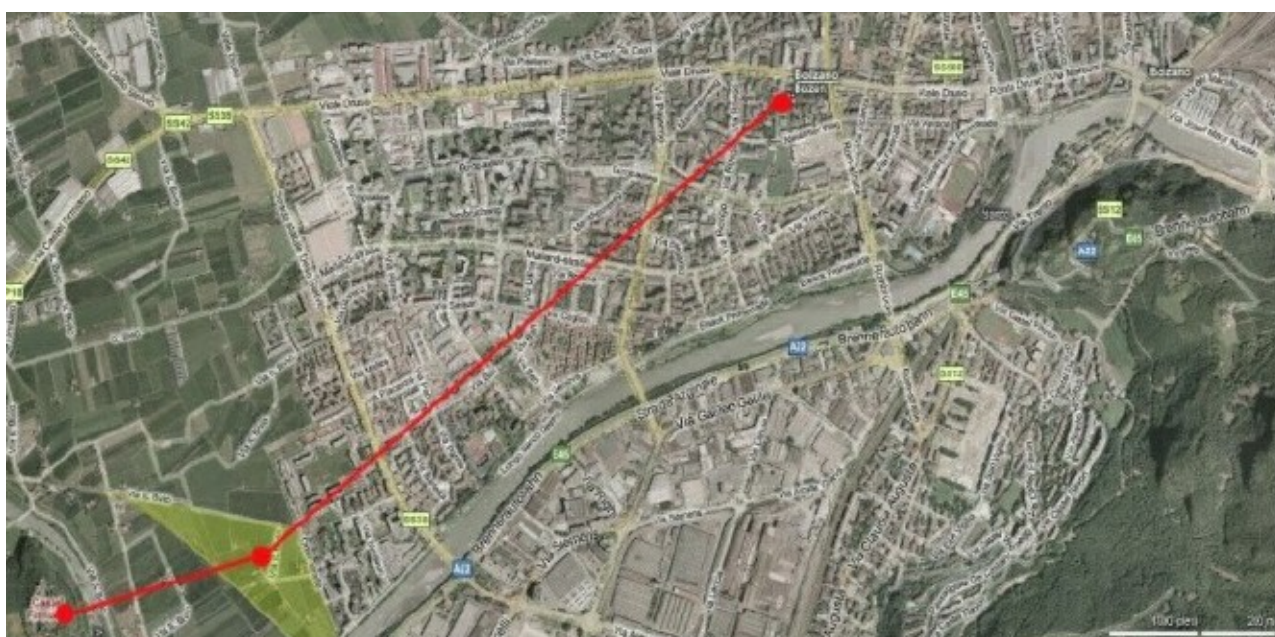


Fig. 2.38 - Collocazione del quartiere Casanova rispetto al centro della città



## LA FORMA

La forma e l'orientamento delle corti (Fig. 2.41), compatte e pensate con altezze decrescenti verso sud per evitare ombreggiamenti tra edifici, favoriscono il guadagno solare passivo, la protezione dai venti freddi invernali e l'incanalamento di quelli estivi. Un impianto solare termico centralizzato è stato integrato nella barriera antirumore prevista lungo la ferrovia, coprendo quasi totalmente il fabbisogno energetico per la produzione di acqua calda sanitaria per l'intero quartiere.



Fig. 2.41 - Planimetria del quartiere in relazione al contesto

## LE SCELTE ECOLOGICHE

A scala di quartiere si sono attuati: il recupero delle acque meteoritiche, riutilizzate per l'irrigazione, la conservazione di ampie superfici permeabili a verde e la formazione di una zona umida (biotopo) lungo la ferrovia, capaci di produrre effetti favorevoli sul microclima.(Fig. 2.42)



Fig. 2.42 - Siti recuperati in prossimità del quartiere

## CRITERI PROGETTUALI PER LA RIDUZIONE DELLE DISPERSIONI

La forma compatta degli edifici, il basso rapporto Superficie – Volume, l'ottimizzazione degli apporti solari tramite la rastremazione da sud a nord della parte terminale degli edifici, la muratura a cappotto sono le strategie messe in atto. (Fig. 2.43, Fig. 2.44)

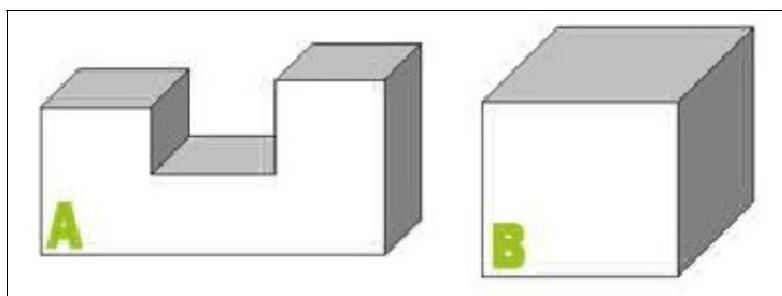


Fig. 2.43 - Rappresentazione comparativa del rapporto superficie-volume alla base degli studi energetici

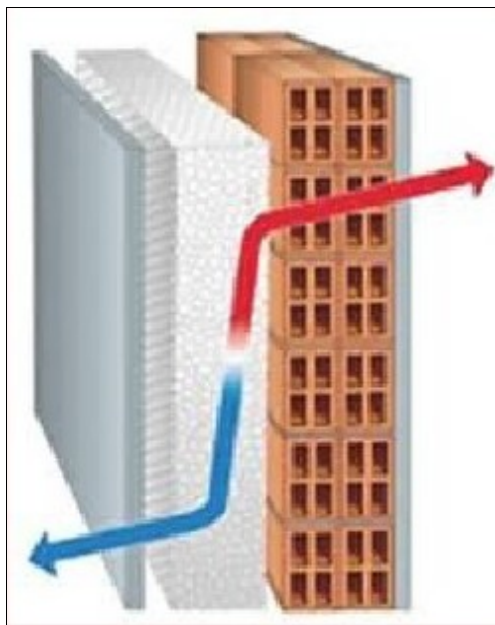


Fig. 2.44 - Schema di studio sulla trasmissione calore

#### ULTERIORI SCELTE ECOSOSTENIBILI

L'utilizzo dei pannelli fotovoltaici contribuisce alla riduzione del fabbisogno di energia elettrica dalla rete cittadina. (Fig. 2.45)



Fig. 2.45 - Tipologie di pannelli fotovoltaici esaminate nelle scelte tecnologiche



### SISTEMA DELLE TERRAZZE GIARDINO

Il sistema è efficace per l'isolamento e per il controllo del microclima. Le terrazze verdi (Fig. 2.46, Fig. 2.47) si integrano anche con la corte interna, anch'essa verde, con la presenza di arbusti e alberi "sempreverdi".



Fig. 2.46 - Sistema delle terrazze a giardino (Eurac, 2010)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"



Fig. 2.47 - Disegno di studio per la progettazione delle terrazze a giardino

### CONCETTO ENERGETICO

Gli edifici devono rispettare lo standard CasaClima A (Fig. 2.48, Fig. 2.49).

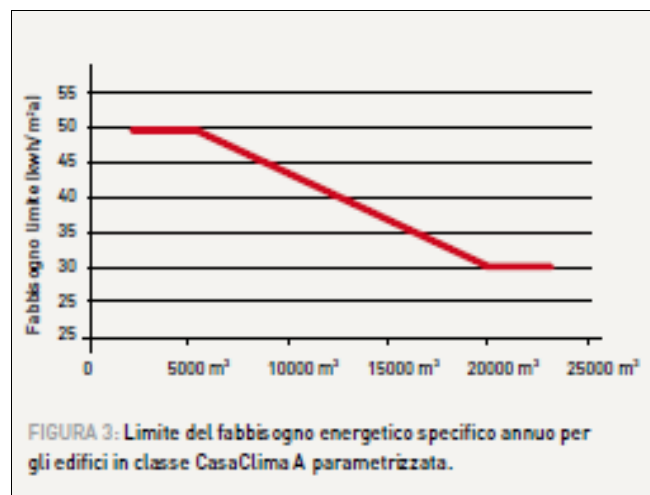


Fig. 2.48 - Grafico che relaziona il fabbisogno energetico annuo alla cubatura (Eurac, 2010)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"



Fig. 2.49 - Concetto energetico per la progettazione del quartiere Casanova (Studio Carlini)

Per ottimizzare il fabbisogno energetico (obiettivo 1) occorre sia ridurre le dispersioni di calore, sia aumentare gli apporti di calore gratuiti. La figura Fig. 2.49 illustra il concetto energetico sulla base del quale è stata sviluppata la progettazione, che mira a raggiungere 3 obiettivi e, per ciascuno di essi, individua le strategie. La successiva Fig. 2.50 confronta invece i consumi annui, per riscaldamento invernale ed acqua calda sanitaria, rispettivamente di uno stesso edificio che rispetta la Legge10, che rientra in classe C Casaclima e che è progettato e realizzato per rientrare in classe A parametrizzata.

Per poter conseguire l'obiettivo 1, le dispersioni per trasmissione vengono ridotte adottando:

- un basso rapporto superficie/volume
- elevati livelli di isolamento
- una forma compatta dell'edificio.

L'ottimizzazione degli apporti solari è invece ottenuta variando l'altezza degli edifici a seconda della posizione. Gli edifici a sud hanno un'altezza inferiore rispetto agli edifici a nord.

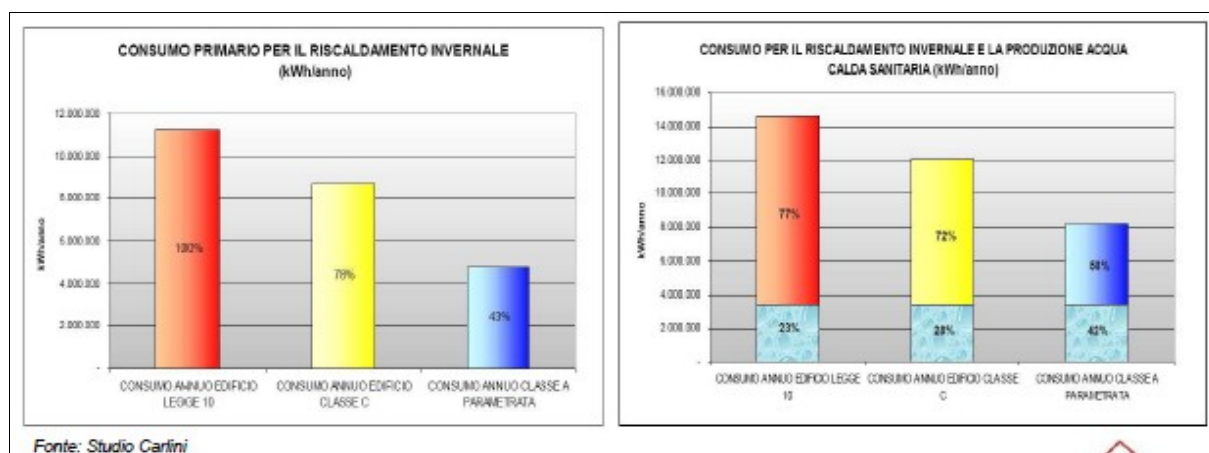


Fig. 2.50 - Grafici elaborati per l'ottimizzazione energetica (Studio Carlini)

Per il conseguimento dell'obiettivo 2 (utilizzo razionale delle fonti energetiche, Fig. 2.49, Fig. 2.50) dal confronto tra 3 possibili scelte (impianto autonomo con caldaia per ogni appartamento, impianto centralizzato per ogni singolo edificio, impianto di teleriscaldamento per l'intero quartiere) (Fig. 2.51), la soluzione scelta è stata quella del teleriscaldamento, anche per gli ulteriori vantaggi della centrale di teleriscaldamento:

- maggior controllo delle emissioni inquinanti
- maggiore sicurezza dell'impianto
- gestione e manutenzione (Daniotti B., 2012) dell'impianto
- allacciamento all'inceneritore.

In merito all'obiettivo 3 (utilizzo delle fonti rinnovabili), questo è conseguito attraverso l'installazione di numerosi pannelli solari termici per l'acqua calda sanitaria e numerosi pannelli fotovoltaici per la produzione di energia elettrica.



Fig. 2.51 - Rapporto spaziale tra il quartiere e gli impianti centrali di teleriscaldamento

Da un calcolo complessivo (Fig. 2.52), risulta che il risparmio energetico ottenuto adottando tali soluzioni raggiunge il 70%.

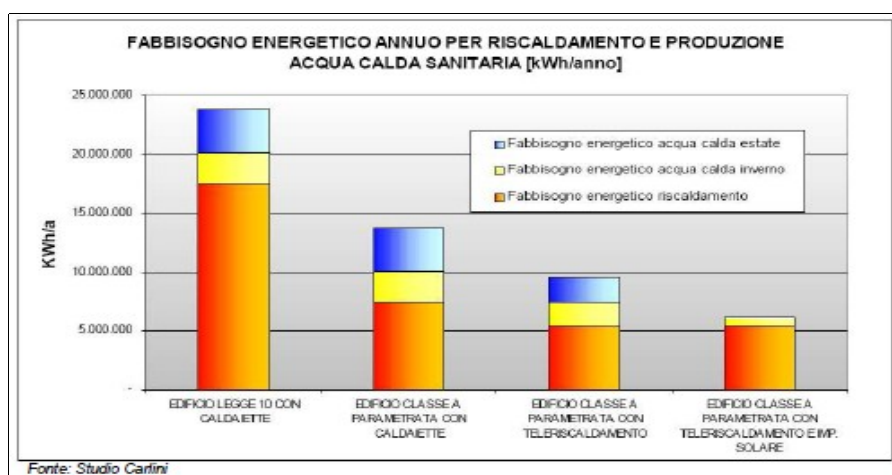


Fig. 2.52 - Fabbisogno energetico annuo per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria in relazione al tipo di sistema edificio-impianto (Studio Carlini)

Di seguito sono riportati alcuni dati energetici (Fig. 2.53, Fig. 2.55, Fig. 2.61, Fig. 2.63, Fig. 2.65) delle più significative tipologie edilizie (Fig. 2.54, Fig. 2.56, Fig. 2.57, Fig. 2.58, Fig. 2.59, Fig. 2.60, Fig. 2.62, Fig. 2.64, Fig. 2.66) del Quartiere Casanova. Gli indici termici, pur variando tra un blocco e l'altro di ciascun complesso, sono compresi tra i 24 e i 41 kWh/m<sup>2</sup> a.

EA1	
Indice termico blocco a	40 kWh/m <sup>2</sup> a
Indice termico blocco b	37 kWh/m <sup>2</sup> a
Indice termico blocco c	24 kWh/m <sup>2</sup> a
Indice termico blocco d	32 kWh/m <sup>2</sup> a
Committente	IPES
Progettazione architettonica	Arch. Siegfried Deluag
Progettazione termotecnica	Energytech Ingegneri S.r.l.
Cubatura	51840 m <sup>3</sup>
Numero appartamenti	159
Numero abitanti	521 (valore indicativo)

Fig. 2.53 - Dati anagrafici ed energetici per la tipologia edilizia EA1 (Eurac, 2010)



Fig. 2.54 - Edifici della tipologia edilizia EA1

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

<b>EA2</b>	
Indice termico blocco a	27 kWh/m <sup>2</sup> a
Indice termico blocco b	37 kWh/m <sup>2</sup> a
Indice termico blocco c	41 kWh/m <sup>2</sup> a
Indice termico blocco d	38 kWh/m <sup>2</sup> a
Committente	IPE5
Progettazione architettonica	cdm Architetti Associati Edoardo Cappuccio Giuseppe Donato Tomaso Macchi Cassia
Progettazione termotecnica	Ing. Marina Bolzan
Cubatura	42880 m <sup>3</sup>
Numero appartamenti	136
Numero abitanti	423 (valore indicativo)

Fig. 2.55 - Dati anagrafici ed energetici per la tipologia edilizia EA2 (Eurac, 2010)

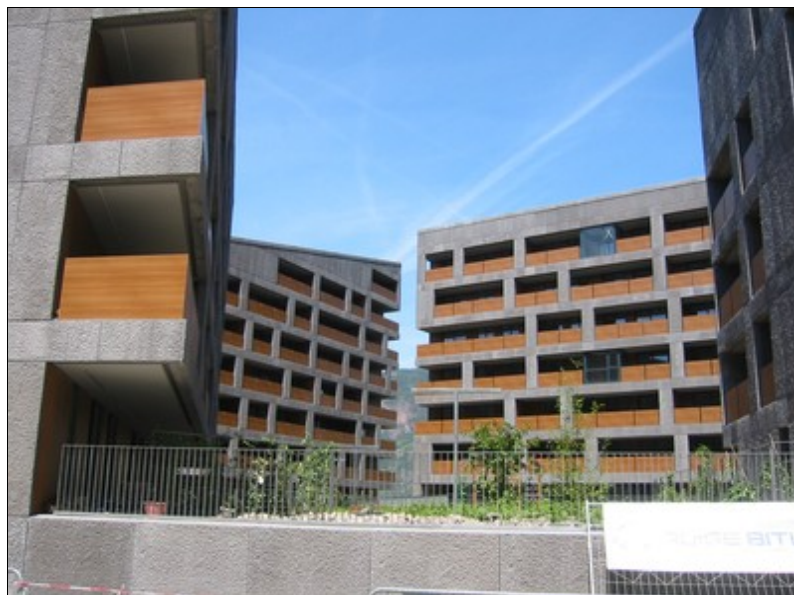


Fig. 2.56 - Edifici della tipologia edilizia EA2

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"



Fig. 2.57 - Inserimento nel quartiere degli edifici della tipologia edilizia EA2



Fig. 2.58 - Disposizione a corte ed esposizione dei blocchi della tipologia edilizia EA2



Fig. 2.59 - Esposizione di unità abitative appartenenti alla tipologia edilizia EA2



Fig. 2.60 - Interno di unità abitativa appartenente alla tipologia edilizia EA2



"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

<b>EA6</b>	
Indice termico blocco a	30 kWh/m <sup>2</sup> a
Indice termico blocco b	25 kWh/m <sup>2</sup> a
Indice termico blocco c	39 kWh/m <sup>2</sup> a
Indice termico blocco d	34 kWh/m <sup>2</sup> a
Committente	¼ IPES ¼ lega coop bund
Progettazione architettonica	Arch. Kerschbaumer Pichler & Partner Dr. Arch. Wilfried Moroder Arch. Roberto Palazzi
Progettazione termotecnica	Studio Thermoplan Energytech Ingegneri S.r.l.
Cubatura	32000 m <sup>3</sup>
Numero appartamenti	113
Numero abitanti	315 (valore indicativo)

Fig. 2.61 - Dati anagrafici ed energetici per la tipologia edilizia EA6 (Eurac, 2010)



Fig. 2.62 - Edifici della tipologia edilizia EA6

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

<b>EA7</b>	
Indice termico blocco a	41 kWh/m <sup>2</sup> a
Indice termico blocco b	33 kWh/m <sup>2</sup> a
Indice termico blocco c	33 kWh/m <sup>2</sup> a
Committente	Coop. Edil. Castello Coop. Edil. Sigmundskron
Progettazione architettonica	Arch. Christoph Mayr Fingerle
Progettazione termotecnica	EMA Concept
Cubatura	28800 m <sup>3</sup>
Numero appartamenti	92
Numero abitanti	284 (valore indicativo)

Fig. 2.63 - Dati anagrafici ed energetici per la tipologia edilizia EA7 (Eurac, 2010)



Fig. 2.64 - Edifici della tipologia edilizia EA7

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

<b>EA8</b>	
Indice termico blocco a	30 kWh/m <sup>2</sup> a
Indice termico blocco b	39 kWh/m <sup>2</sup> a
Indice termico blocco c	40 kWh/m <sup>2</sup> a
Committente	IPES
Progettazione architettonica	Laboratorio di Architettura - Architetti associati
Progettazione termotecnica	EMA Concept
Cubatura	27448 m <sup>3</sup>
Numero appartamenti	82
Numero abitanti	274 (valore indicativo)

Fig. 2.65 - Dati anagrafici ed energetici per la tipologia edilizia EA8 (Eurac, 2010)



Fig. 2.66 - Edifici della tipologia edilizia EA7

### 2.2.3.5 Il quartiere Firmian a Bolzano

Il complesso edilizio del quartiere Firmian (progettisti: Cdm architetti associati – Edoardo Cappuccio, Giuseppe Donato, Tomaso Macchi Cassia con B&F architetti e ingegneri associati) è caratterizzato da uno sviluppo planimetrico a “C”, aperto verso sud-ovest.



Fig. 2.67 - Edifici del quartiere Firmian a Bolzano

Gli edifici (Fig. 2.67) sono caratterizzati da una netta distinzione nel trattamento delle facciate. Seguendo un unico registro compositivo, i progettisti hanno individuato una diversità di soluzioni tra i prospetti rivolti verso lo spazio urbano e quelli affacciati sul cortile interno. Le facciate sul cortile (Fig. 2.68) sono caratterizzate da grandi vetrate e profondi balconi continui.



Fig. 2.68 - Spazi interni e inserimento del complesso edilizio nel contesto

Il sistema dei pannelli scorrevoli in legno sul fronte esterno (Fig. 2.69) provvede al controllo solare negli ambienti, mentre su quello interno garantisce la privacy dei balconi.



Fig. 2.69 - Sistema per il controllo solare degli ambienti (Donato G., 2007)

I serramenti a tutta altezza (Fig. 2.69, Fig. 2.70) offrono la massima della luminosità interna e i parapetti in acciaio a montanti verticali caratterizzano tutte le aperture e i balconi interni.

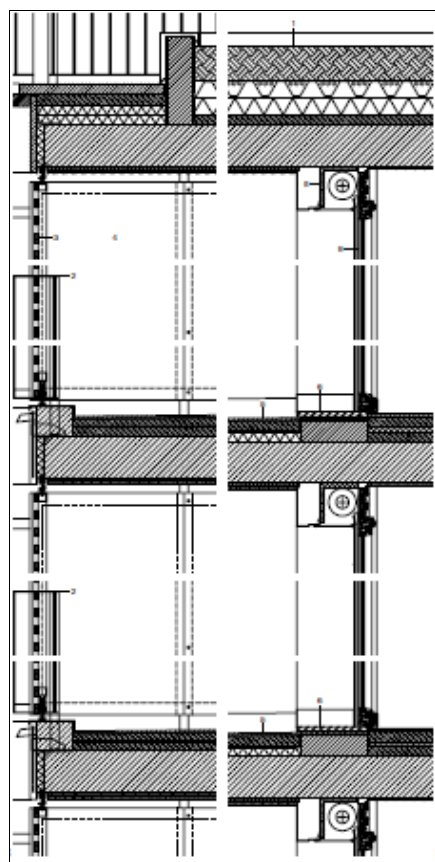


Fig. 2.70 - Nodi verticali degli edifici del quartiere Firmian (Norme tecniche IPES, 2005)

Oltre agli articolati sistemi di schermature solari (Fig. 2.71, Fig. 2.72) i tamponamenti esterni in termolaterizio, l'intonaco con isolamento a cappotto, i serramenti ad alte prestazioni energetiche, l'impianto di riscaldamento a pavimento radiante a bassa temperatura, i pannelli solari termodinamici e il tetto giardino - sfruttato per la raccolta delle acque meteoriche da utilizzare nell'irrigazione del giardino - contribuiscono a ridurre sostanzialmente il fabbisogno energetico del complesso.



Fig. 2.71 - Schermature solari degli edifici sul fronte della strada di accesso al complesso



Fig. 2.72 - Schermature solari degli edifici per le facciate interne alla corte

## **2.2.4 Potenzialità di strategie applicate all'edificio per la sostenibilità del contesto: l'esempio dell'ottimizzazione energetica nelle città**

### **2.2.4.1 I fattori chiave**

I tre fattori chiave per la pianificazione e gestione delle città e parti di esse tenendo conto dell'ottimizzazione dell'uso delle risorse: modelli di *efficienza*, *morfologia urbana* ottimale, *comportamenti umani*. (Salat S., 2011)

Lo *sprawl* determina un grande dispendio di energia, per la copertura di grandi distanze, a capillarità delle reti, la dissipazione di energia lungo le linee. In un paragone con il mondo delle auto, l'inefficienza corrisponde a quella dovuta al peso dell'auto e al numero dei suoi componenti.

Le città compatte sono complessivamente più "leggere" (primo livello). Ridurre il raggio ne aumenta la produttività di 2 a 4 volte, se non di 8.

Ma se la *compattezza* delle città e di conseguenza dei loro edifici si dimostra particolarmente vantaggiosa nei climi freddi per la riduzione delle dispersioni sulle superfici a parità di volume totale, nei climi caldi, entro certi limiti, ne costituisce al contrario un vantaggio. Ma anche l'effetto isola di calore e l'albedo dovranno essere considerati. Agire sulla morfologia urbana (secondo livello) può insomma aumentare o diminuire la temperatura della città, determinandone il conseguente aumento o diminuzione di fabbisogno energetico per riscaldare o raffrescare.

Facendo invece un paragone con il mondo dell'hardware informatico, dove la miniaturizzazione è stata possibile grazie all'efficientamento dei componenti, le nuove città dovranno liberarsi delle grosse masse di infrastrutture inutili, di edifici poco utilizzati. Occorrerà tornare all'uomo come misura e utilizzatore degli spazi e delle cose.

L'efficienza non costa denaro, ma lo fa risparmiare.

Se l'*approccio riduttivo* aumenta l'efficienza delle parti, quello *sinergico* ne moltiplica l'efficienza dell'insieme.

Il sistema energetico costituisce il terzo livello, il comportamento umano il quarto. Quest'ultimo è dimostrato come, da parte dei residenti e dei consumatori, sia in grado di ridurre il consumo di energia almeno di un fattore 2. L'esempio di Parigi mostra come agli impianti di riscaldamento senza contatori individuali si debba abbinare un coefficiente moltiplicatore di 2.5 e che se l'effettivo consumo di riscaldamento elettrico sia la metà di quello teorico, il teleriscaldamento porti a consumi 1.3 volte maggiori dei valori teorici.

### **2.2.4.2 Un metodo fattoriale di misurazione del rendimento energetico di un ambito urbano**

Da questi assunti è scaturito il *metodo fattoriale* per la misurazione del rendimento di una città a più scale, di cui è autore Serge Salat, Director Urban Morphology Laboratory CSTB - Paris, France insieme con Loëiz Bourdic, Research Scientist e di cui si riporta di seguito la formula (Fig. 2.73) con la spiegazione (SB11 proceedings).

$$E_{transport} = D_{transport} * [P_{soft} \quad P_{PT} \quad P_{IV}] * \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & I_{PT} & 0 \\ 0 & 0 & I_{IV} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} BF_{soft} \\ BF_{PT} \\ BF_{IV} \end{bmatrix} \quad (5)$$

This method then allows identifying the impact of energy saving measures at all city scales. City scale morphology improvements (make the fabric denser, increase the housing/offices/amenities mix) will make  $D_{transport}$  smaller. Developing soft transportation (also via density and mix), or public transports will change the vector  $[P_{soft} \quad P_{PT} \quad P_{IV}]$ , by increasing  $P_{soft}$  and  $P_{PT}$ . Improving systems' efficiency both for public transports and individual vehicles will make the terms in the matrix smaller. Changing individual behaviours will reduce  $BF_{IV}$  and increase  $BF_{soft}$  and/or  $BF_{PT}$ .

Fig. 2.73 - Formula di calcolo del rendimento di una città a più scale e spiegazione del metodo (Salat S., 2011)

Salat spiega come giocando con i primi due fattori, ovvero ottimizzando la densità, la struttura e la morfologia urbana, si possano già ottenere importanti risultati, in quanto si agisce sul sistema dei trasporti. In effetti, i concetti di prossimità, densità, città mono-centrica, economia di scala sono gli stessi già noti agli autori della New Urban Economics (da Von Thunen in poi), ancor oggi base dei più moderni studi di economia territoriale (Capello R., 2007, Camagni R., 2011).

Una morfologia urbana ed una proporzionalità tra spazi pieni e vuoti nelle città attuali che Salat vede stravolta rispetto alla visione ad esempio LeCorbusieriana, in cui gli spazi tra i pieni erano lasciati al verde ed alla discontinuità, mentre oggi sono riempiti da infrastrutture. E dove ciò che è lasciato vuoto sul piano orizzontale, viene abbondantemente recuperato nell'altezza degli edifici.

Grazie all'ottimizzazione dei rapporti superficie-volume e dell'orientamento degli edifici, oltre ad evitare la dispersione di calore, si possono ottenere ottimi risultati in termini di illuminazione naturale e ventilazione che ne potenziano con modalità passive le prestazioni, risparmiando energia rispetto ad agglomerati non progettati con gli stessi criteri.

Clima, topografia, venti dominanti, vicinanza a fiumi, laghi, mare, ecc sono tra i fattori che differenziano l'applicazione di questo approccio da un luogo ad un altro.

L'efficienza energetica ovviamente si traduce anche in riduzione delle emissioni, l'altro importante fattore su cui intervenire.

L'impiego di energie rinnovabili (biogas, biocombustibili, mini impianti eolici, pannelli solari) distribuite nel tessuto urbano è in grado di coprire più del 20% della domanda. Riducendo il consumo di carbone, uranio ed energia idroelettrica, *i fattori*, continua Salat, vengono ad essere *moltiplicativi piuttosto che additivi*.

### 2.2.4.3 Fattori moltiplicativi ed effetto sinergico

Una città perfettamente ottimizzata può arrivare a consumare 1/100 rispetto ad una che non lo è.

La morfologia urbana e l'orientamento degli edifici possono ridurre il consumo energetico di un fattore 2, l'impiego di tecnologie efficienti a livello di edificio 2,5, sistemi energetici avanzati 2, comportamento dei residenti 2, per un totale di riduzione di 20. A questo punto, un fattore 4 e perfino 10 sono largamente al di sotto delle potenzialità. La stessa analisi può essere trasferita al sistema dei trasporti. E' importante seguire un ordine ed una logica negli interventi corrispondenti ai fattori, così che questi possano dare il loro effetto *sinergico*. Al primo posto deve essere messa la morfologia, mentre l'impiego di tecnologie a basso consumo potrà essere attuato solo dopo un'accurata progettazione bioclimatica e delle forme, e solo dopo che la stessa accessibilità della città sarà concepita in funzione della pedonalità, offrendo i servizi essenziali a portata di 5 minuti dalle residenze. Niente di diverso dai centri ante-rivoluzione industriale.



## **2.2.5 Strumenti di supporto alle decisioni, per la gestione delle relazioni tra scala urbana ed edificio e la valutazione ambientale di piani e programmi: la Valutazione d'Impatto Ambientale e la Valutazione Ambientale Strategica**

### **2.2.5.1 La Valutazione d'Impatto Ambientale di progetti (VIA)**

La Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) è uno *strumento di supporto alle decisioni* che pone la salvaguardia dell'ambiente naturale e della salute dell'uomo al centro dei processi decisionali che precedono la realizzazione di un intervento sul territorio e consiste nel giudizio complessivo di compatibilità delle opere e degli interventi oggetto della valutazione stessa con le modificazioni dell'ambiente, i processi di trasformazione di questo e l'uso delle risorse, che potrebbero derivare dalla loro realizzazione.

L'impatto ambientale viene definito come *“qualsiasi creazione di nuove condizioni ambientali o alterazione di quelle preesistenti, favorevoli o sfavorevoli, causate o indotte da interventi realizzati nell'ambiente, intendendo per quest'ultimo non solo le risorse fondamentali, ma anche l'insieme delle attività umane che vengono svolte nel comprensorio in esame”*. In altre parole, costituisce un effetto rilevante causato da un evento, un'azione o un comportamento sullo stato di qualità delle componenti ambientali, inteso sia come ambiente antropizzato, sia come ambiente naturale. La valutazione di impatto ambientale mostra quali modifiche di stato ambientale, positive o negative, possono produrre le azioni e le pressioni antropiche, sia sull'ambiente antropizzato, sia sull'ambiente naturale.

La VIA è uno strumento che garantisce il raggiungimento di elevati livelli di tutela e qualità dell'ambiente attraverso l'analisi e la valutazione preliminare ed integrata delle possibili conseguenze sull'ambiente della realizzazione di progetti relativi ad opere ed interventi pubblici e privati.

È oggi ritenuta fondamentale nella politica ambientale poiché subordina la realizzazione di detti progetti alla valutazione preventiva dei loro effetti sull'ambiente. È globale poiché considera gli effetti su ogni aspetto dell'ambiente (emissioni solide, liquide, gassose, inquinamento acustico, impatto visivo, effetti sulla flora e sulla fauna, effetti sul traffico ecc.) (Lavagetti, C., 2012).

La VIA nasce alla fine degli anni sessanta negli Stati Uniti d'America con il nome di *environmental impact assessment* (E.I.A.), introducendo le prime forme di controllo sulle attività interagenti con l'ambiente (sia in modo diretto che indiretto), mediante strumenti e procedure finalizzate a prevedere e valutare le conseguenze di determinati interventi. Ciò allo scopo di evitare, ridurre e mitigare gli impatti. Il National Environment Policy Act (NEPA) del 1969 ha anticipato di quasi 10 anni il principio fondatore del concetto di Sviluppo Sostenibile definito come *“uno sviluppo che soddisfi le nostre esigenze d'oggi senza privare le generazioni future della possibilità di soddisfare le proprie”*, enunciato dalla World Commission on Environment and Development, Our Common Future, nel 1987.

La procedura di VIA viene strutturata sul principio dell'azione preventiva, in base al quale la migliore politica ambientale consiste nel prevenire gli effetti negativi legati alla realizzazione dei progetti anziché combatterne successivamente gli effetti. La struttura della procedura viene concepita per dare informazioni sulle conseguenze ambientali di un'azione, prima che la decisione venga adottata, per cui si definisce nella sua evoluzione come uno strumento che cerca di introdurre a monte della progettazione un nuovo approccio che possa influenzare il processo decisionale negli ambienti imprenditoriali e politici, nonché come una procedura che possa guidare il processo stesso in maniera partecipata con la popolazione dei territori interessati. (ISPRA Istituto Superiore per la

### Protezione e la Ricerca Ambientale)

La valutazione ambientale individua, descrive e valuta, in modo appropriato per ciascun caso particolare, gli impatti diretti e indiretti di un progetto sui seguenti fattori: l'uomo, la fauna e la flora, il suolo, l'acqua, l'aria e il clima, i beni materiali ed il patrimonio culturale, l'interazione tra questi fattori.

La procedura di VIA è normata come strumento di supporto decisionale tecnico-amministrativo e, come procedura di valutazione sulla compatibilità ambientale di un determinato progetto, è svolta dalla pubblica amministrazione e si basa sia sulle informazioni fornite dal proponente del progetto, ma anche sulla consulenza di altre strutture della pubblica amministrazione e sulla partecipazione dei gruppi sociali.

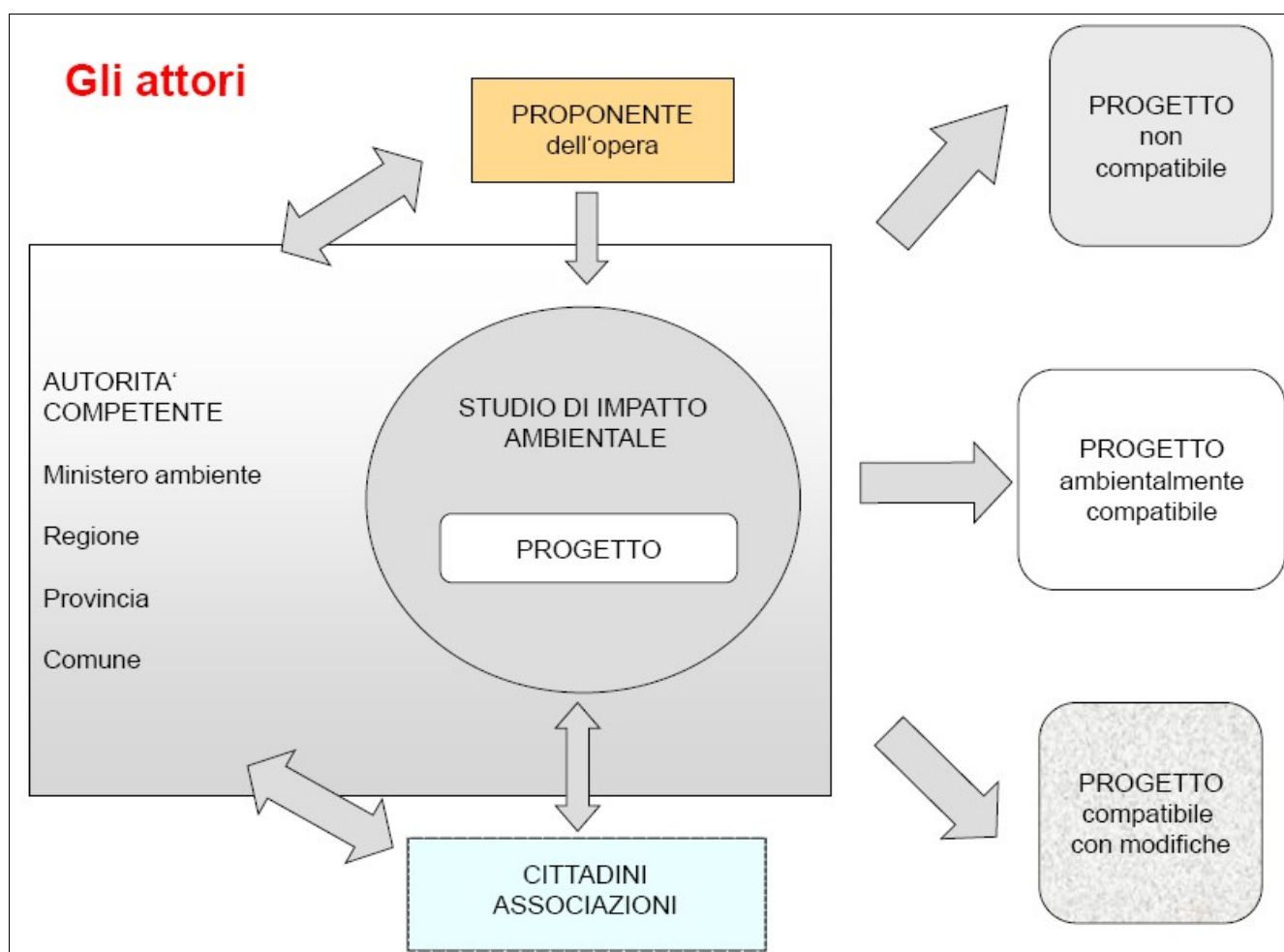


Fig. 2.74 - Gli attori coinvolti nella valutazione di impatto ambientale (VIA), quale strumento di supporto decisionale per la realizzazione di un'opera in grado di produrre impatti sull'ambiente (Lavagetti C., 2012)

Secondo la normativa comunitaria i progetti che possono avere un effetto rilevante sull'ambiente devono essere sottoposti a valutazione di impatto ambientale.

La Direttiva 85/337/CEE ha introdotto i principi fondamentali della valutazione ambientale e prevedeva che il committente fornisse le seguenti basilari informazioni relative al progetto interessato:

- ▲ una descrizione delle caratteristiche fisiche dell'insieme del progetto, delle esigenze di utilizzazione del suolo durante le fasi di costruzione e di funzionamento e delle principali caratteristiche dei processi produttivi
- ▲ una valutazione del tipo e della quantità dei residui e delle emissioni previsti (inquinamento dell'acqua, dell'aria e del suolo, rumore, vibrazione, luce, calore, radiazione, ecc.), risultanti dall'attività del progetto proposto
- ▲ una descrizione sommaria delle principali alternative prese in esame dal committente, con indicazione delle principali ragioni della scelta, sotto il profilo dell'impatto ambientale
- ▲ una descrizione delle componenti dell'ambiente potenzialmente soggette ad un impatto importante del progetto proposto, con particolare riferimento alla popolazione, alla fauna e alla flora, al suolo, all'acqua, all'aria, ai fattori climatici, ai beni materiali, compreso il patrimonio architettonico e archeologico, al paesaggio e all'interazione tra questi vari fattori
- ▲ una descrizione dei probabili effetti rilevanti del progetto proposto sull'ambiente, delle misure previste per evitare, ridurre e se possibile compensare tali effetti negativi del progetto sull'ambiente
- ▲ un riassunto non tecnico delle informazioni trasmesse sulla base dei punti precedenti.

La normativa italiana sulla VIA è particolarmente complessa ed articolata anche a scala regionale. La complessità è dovuta all'adeguamento alle frequenti modifiche al Codice dell'ambiente, che comportano altrettante revisioni di parti significative dell'articolato sulla VIA. Ciò rende particolarmente difficile il raggiungimento di obiettivi di efficacia ed efficienza delle procedure di VIA in Italia.

La VIA è stata recepita in Italia con la Legge n. 349 del 8 luglio 1986 e s.m.i., che istituisce il Ministero dell'Ambiente e le norme in materia di danno ambientale. Il testo prevedeva la competenza statale, presso il Ministero dell'Ambiente, della gestione della procedura di VIA e della pronuncia di compatibilità ambientale, disciplinando sinteticamente la procedura stessa. Il D.P.C.M. n. 377 del 10 agosto 1988 e s.m.i. regolamentava le pronunce di compatibilità ambientale di cui alla Legge 349, individuando come oggetto della valutazione i progetti di massima delle opere sottoposte a VIA a livello nazionale e recependo le indicazioni della Dir 85/337/CEE sulla stesura dello Studio di Impatto Ambientale.

Il D.P.C.M. 27 dicembre 1988 e s.m.i., fu emanato secondo le disposizioni dell'art. 3 del D.P.C.M. n. 377/88, e contiene le Norme Tecniche per la redazione degli Studi di Impatto Ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità.

Il D. Lgs. 2006 individua i progetti da sottoporre a VIA e quelli da sottoporre a verifica di assoggettabilità, in base ad una precisa istruttoria e con conseguente avvio o meno della procedura.

Tra i progetti da sottoporre a VIA rientrano quelli per l'utilizzo di acque, impianti termici, chimici, di smaltimento dei rifiuti, cave, allevamenti intensivi, industrie di prodotti alimentari, infrastrutture, progetti di sviluppo di aree urbane. I progetti da sottoporre a verifica di assoggettabilità comprendono molte delle tipologie dell'altra categoria, ma di minore importanza.

Le Norme Tecniche del 1988, ancora oggi vigenti, definiscono, per tutte le categorie di opere, i contenuti degli Studi di Impatto Ambientale e la loro articolazione, la documentazione relativa, l'attività istruttoria ed i criteri di formulazione del giudizio di compatibilità. Lo Studio di Impatto Ambientale dell'opera va quindi redatto conformemente alle prescrizioni relative ai quadri di riferimento programmatico, progettuale ed ambientale ed in funzione della conseguente attività istruttoria.

La valutazione d'impatto ambientale comprende, secondo le disposizioni normative italiane:

- a) lo svolgimento di una verifica di assoggettabilità (screening)

- b) la definizione dei contenuti dello studio di impatto ambientale (scoping)
  - c) la presentazione e la pubblicazione del progetto
  - d) lo svolgimento di consultazioni
  - e) la valutazione dello studio ambientale e degli esiti delle consultazioni
  - f) la decisione
  - g) l'informazione sulla decisione
  - h) il monitoraggio ambientale.
- La procedura di assoggettabilità alla VIA e illustrata nello schema che segue.

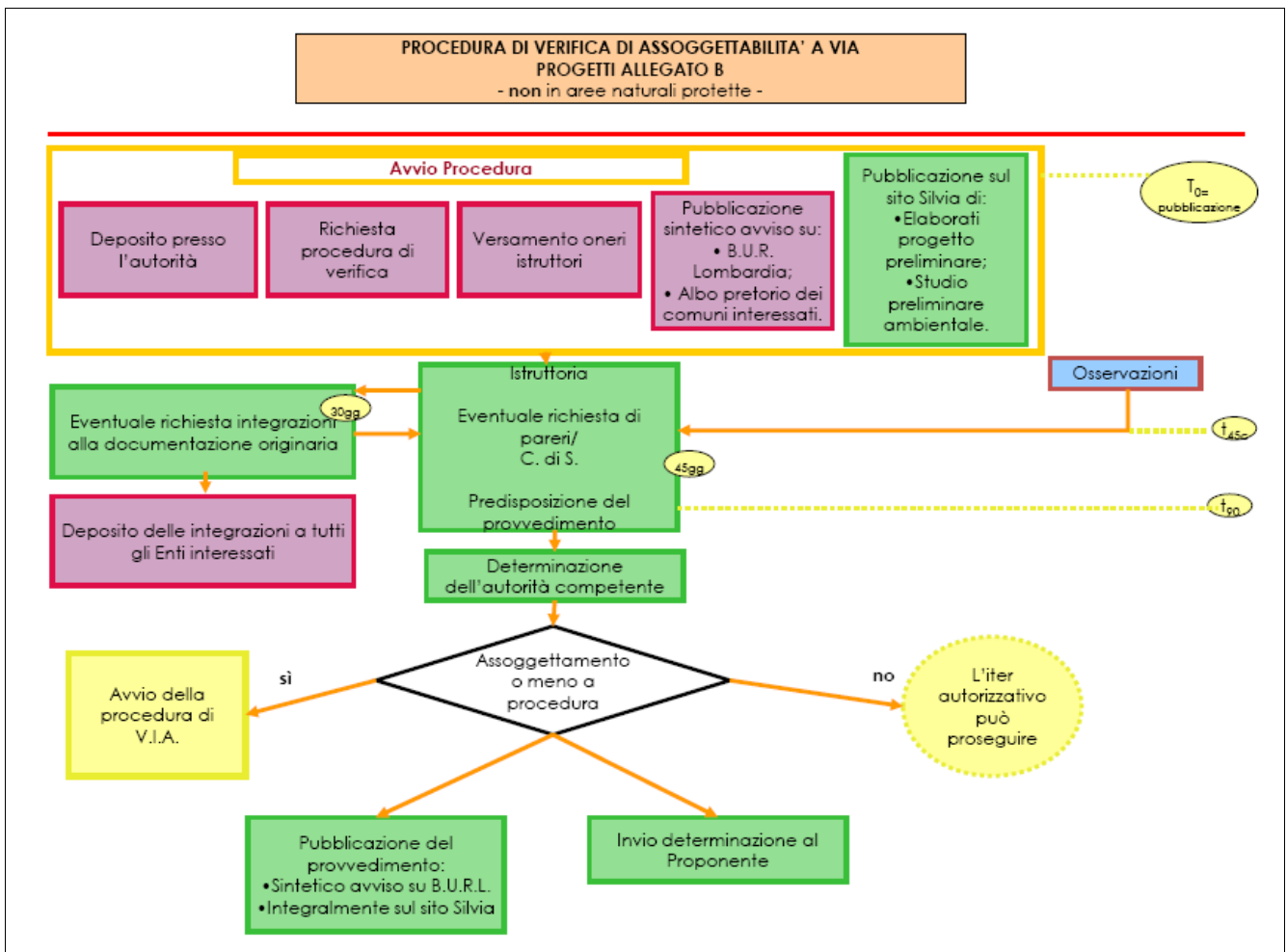


Fig. 2.75 - Procedura di verifica di assoggettabilità alla Valutazione di Impatto Ambientale secondo la normativa italiana (Lavagetti C., 2012)

Ai progetti sottoposti alla procedura di impatto ambientale, come già menzionato, è allegato uno studio di impatto ambientale, redatto a cura e spese del proponente in conformità con le indicazioni contenute nell'art. 22 del D. Lgs. 152/06.

Solitamente in uno *Studio di impatto ambientale* vengono analizzate le seguenti componenti ambientali: aria, rumore, acque superficiali, acque sotterranee, suolo e sottosuolo, flora, fauna, vegetazione, ecosistemi, campi elettromagnetici, salute pubblica, produzione di rifiuti

L'analisi degli impatti ambientali ha lo scopo di identificare i potenziali impatti critici esercitati dal progetto sull'ambiente nelle fasi di:

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

- ^ analisi e preparazione del sito (*ante operam*)
- ^ costruzione (*in corso d'opera*)
- ^ operatività e manutenzione (*post operam*)
- ^ eventuale smantellamento delle opere e ripristino e/o recupero del sito, e di prevederne e valutarne gli effetti prodotti, attraverso l'applicazione di opportuni metodi di stima e valutazione (*ulteriore post operam*).

A norma dell'allegato VII del D. Lgs. 152/06, lo Studio di impatto ambientale costituisce parte integrante del progetto presentato ed è redatto da esperti in materia ambientale specificamente competenti nelle discipline afferenti ad esso. Inoltre, deve comprendere:

- ^ Descrizione del progetto, comprese in particolare: a) una descrizione delle caratteristiche fisiche dell'insieme del progetto e delle esigenze di utilizzazione del suolo durante le fasi di costruzione e di funzionamento; b) una descrizione delle principali caratteristiche dei processi produttivi, con l'indicazione, per esempio, della natura e delle quantità dei materiali impiegati; c) una valutazione del tipo e della quantità dei residui e delle emissioni previsti (inquinamento dell'acqua, dell'aria e del suolo, rumore, vibrazione, luce, calore, radiazione, eccetera) risultanti dall'attività del progetto proposto; d) la descrizione della tecnica prescelta, con riferimento alle migliori tecniche disponibili a costi non eccessivi, e delle altre tecniche previste per prevenire le emissioni degli impianti e per ridurre l'utilizzo delle risorse naturali, confrontando le tecniche prescelte con le migliori tecniche disponibili.
- ^ Una *descrizione delle principali alternative prese in esame dal proponente, compresa l'alternativa zero*, con indicazione delle principali ragioni della scelta, sotto il profilo dell'impatto ambientale, e la motivazione della scelta progettuale, sotto il profilo dell'impatto ambientale, con una descrizione delle alternative prese in esame e loro comparazione con il progetto presentato. Le alternative sono:
  - ^ strategiche, ovvero consistono nella individuazione di misure diverse per realizzare lo stesso obiettivo
  - ^ di localizzazione, definibili in base alla conoscenza dell'ambiente, alla individuazione di potenzialità d'uso dei suoli e ai limiti rappresentati da aree critiche e sensibili
  - ^ di processo o strutturali, che consistono nell'esame di differenti tecnologie e processi e di materie prime da utilizzare
  - ^ di compensazione o di mitigazione degli effetti negativi, che consistono nella ricerca di contropartite nonché in accorgimenti vari per limitare gli impatti negativi non eliminabili
  - ^ alternativa zero, che consiste nel non realizzare il progetto.

<b>COMPARTIMENTI</b>	<b>SETTORI AMBIENTALI</b>
ATMOSFERA	Aria Clima
AMBIENTE IDRICO	Acque superficiali Acque sotterranee Acque marine
LITOSFERA	Suolo Sottosuolo Assetto idrogeologico
AMBIENTE FISICO	Rumore Vibrazioni Radiazioni non ionizzanti Radiazioni ionizzanti
BIOSFERA	Flora e Vegetazione Fauna Ecosistemi
AMBIENTE UMANO	Salute e benessere Paesaggio Beni culturali Assetto territoriale

Fig. 2.76 - I settori che devono essere descritti nel quadro ambientale dello Studio di impatto ambientale (Lavagetti C., 2012)

Gli *indicatori* impiegati per costruire il *quadro ambientale* fanno riferimento a due modelli organizzativi:

- ^ PSR (Pressione-Stato-Risposta)
- ^ DPSIR (Determinanti-Pressioni-Stato-Impatto-Risposta).

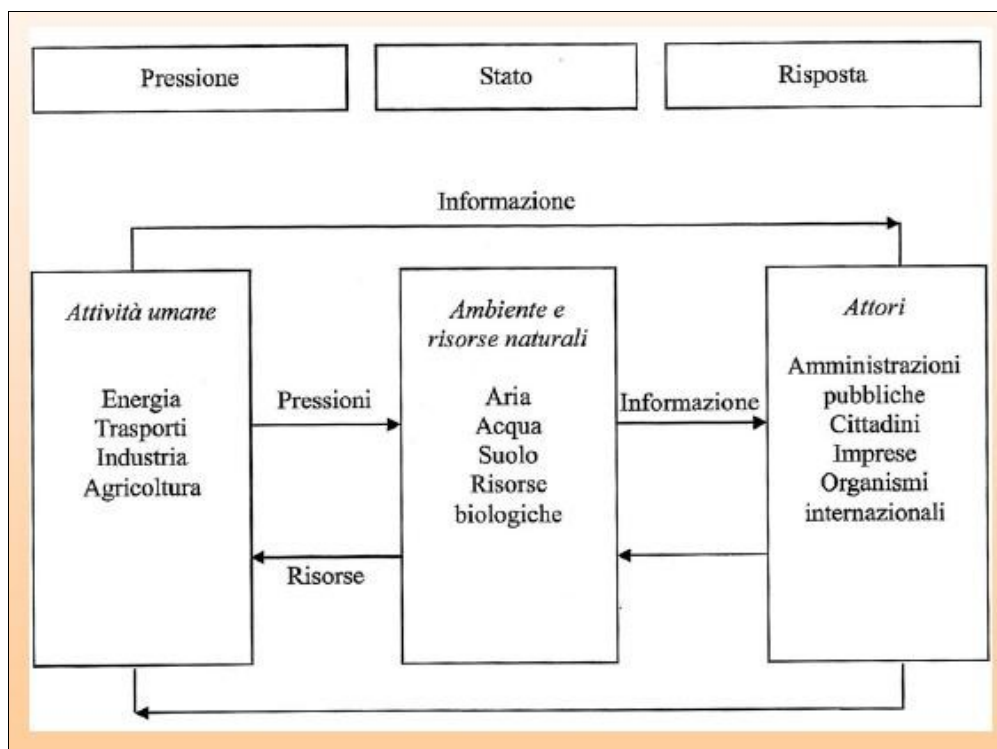


Fig. 2.77 - Modello PSR (Pressione-Stato-Risposta) (Lavagetti C., 2012)

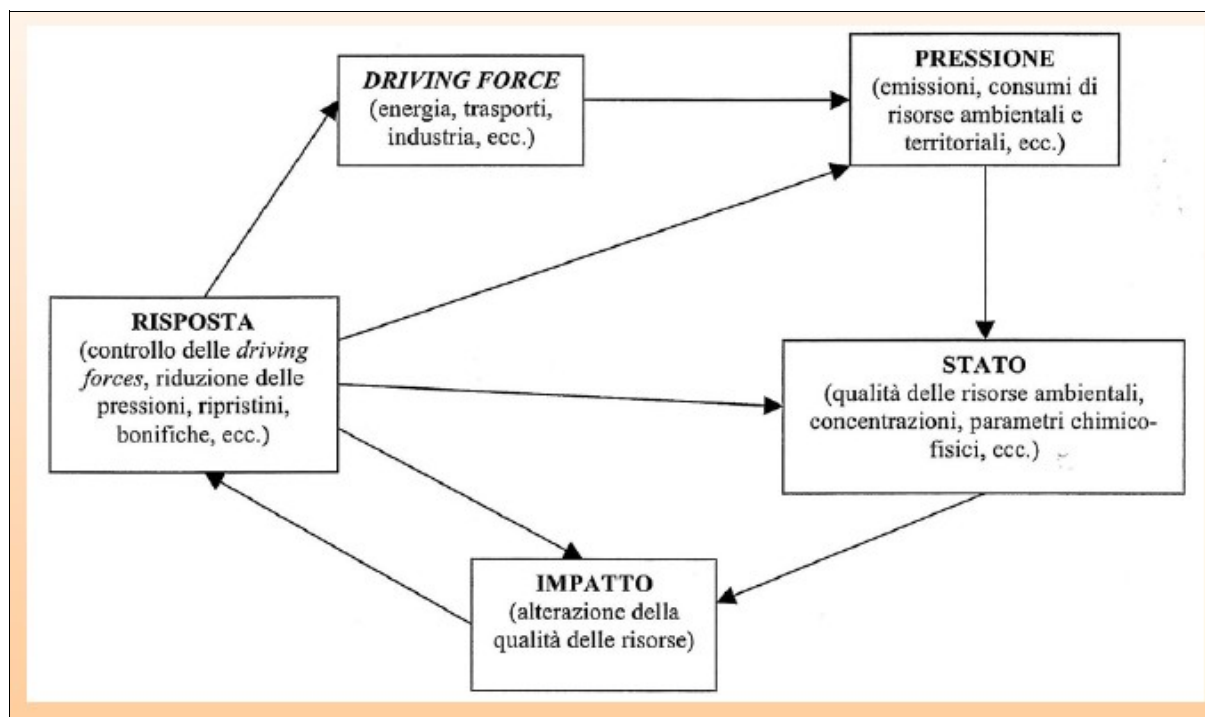


Fig. 2.78 - Modello DPSIR (Determinanti-Pressioni-Stato-Impatto-Risposta) (Lavagetti C., 2012)

Nello Studio di impatto ambientale devono essere considerati:

- ^ gli *impatti diretti* (primari), ovvero quelli che si riferiscono ad effetti direttamente

riconducibili ad una determinata sorgente di impatto, si esplicitano nelle prime fasi della catena "causa-effetto" senza il contributo di altri impatti

- ▲ gli *impatti indiretti* (secondari), ovvero riconducibili ad effetti che non derivano direttamente da una sorgente, ma che sono il risultato di interazioni tra gli impatti diretti
- ▲ gli *impatti cumulativi*, derivanti da effetti additivi di natura simile, da processi di interazione tra impatti.

Gli impatti devono essere descritti per "linee di impatto", di seguito riportate.

# Linee di Impatto

## ACQUE SUPERFICIALI

### *Potenziali effetti negativi*

- Deviazione temporanea di corsi d'acqua per esigenze di cantiere ed impatti conseguenti
- Inquinamento di corsi d'acqua superficiali da scarichi di cantiere
- Consumi ingiustificati di risorse idriche
- Deviazioni permanenti di corsi d'acqua ed impatti conseguenti
- Interferenze permanenti in alveo da piloni o altri elementi ingombranti di progetto
- Interferenze negative con l'attuale sistema di distribuzione delle acque
- Inquinamento permanente di acque superficiali da scarichi diretti
- Inquinamento di corpi idrici superficiali per dilavamento meteorico di superfici inquinate
- Rischi di inquinamenti acuti di acque superficiali da scarichi occasionali
- Rischi di inquinamento di corpi idrici da sversamenti incidentali di sostanze pericolose da automezzi

### *Potenziali effetti positivi*

- Riduzione degli attuali consumi di risorse idriche sul territorio
- Riduzione dell'inquinamento attuale delle acque superficiali

## ACQUE SOTTERRANEE

### *Potenziali effetti negativi*

- Interferenze negative con le acque sotterranee durante le fasi di cantiere
- Riduzione della disponibilita' di risorse idriche sotterranee

Fig. 2.79 - Linee di impatto sulle acque per la valutazione delle alternative nello Studio di impatto ambientale (Lavagetti C., 2012)



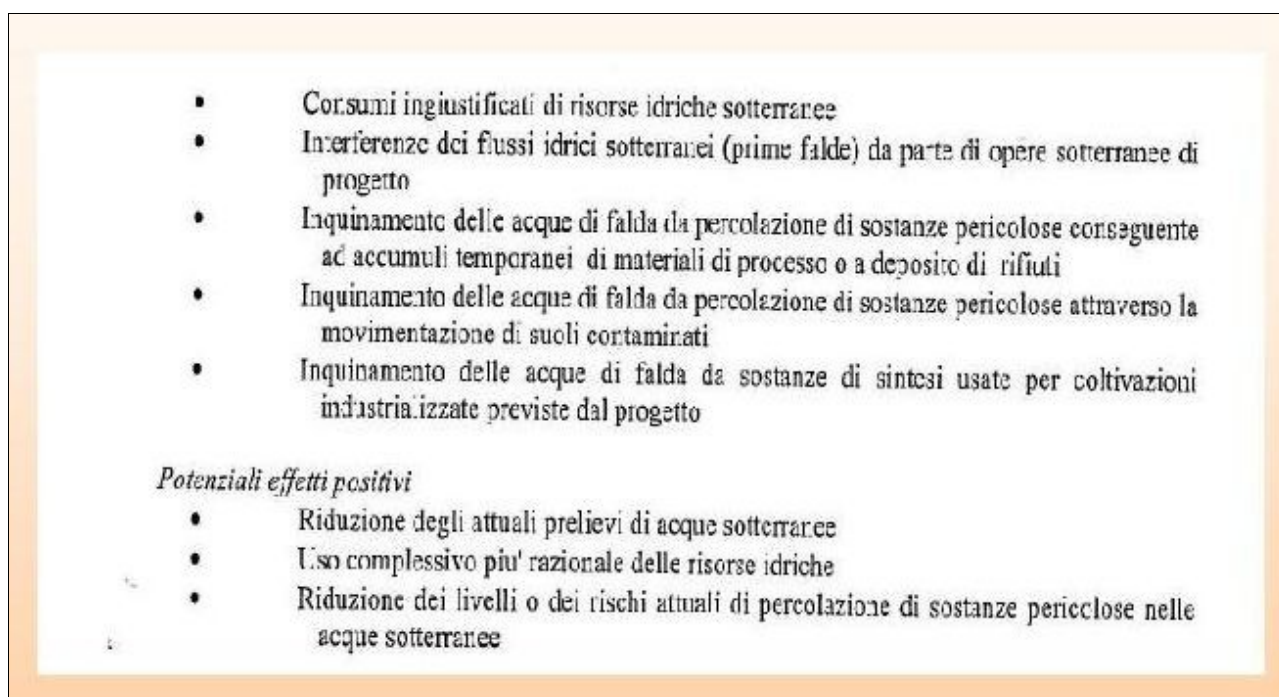


Fig. 2.80 - Linee di impatto sulle acque sotterranee per la valutazione delle alternative nello Studio di impatto ambientale (Lavagetti C., 2012)

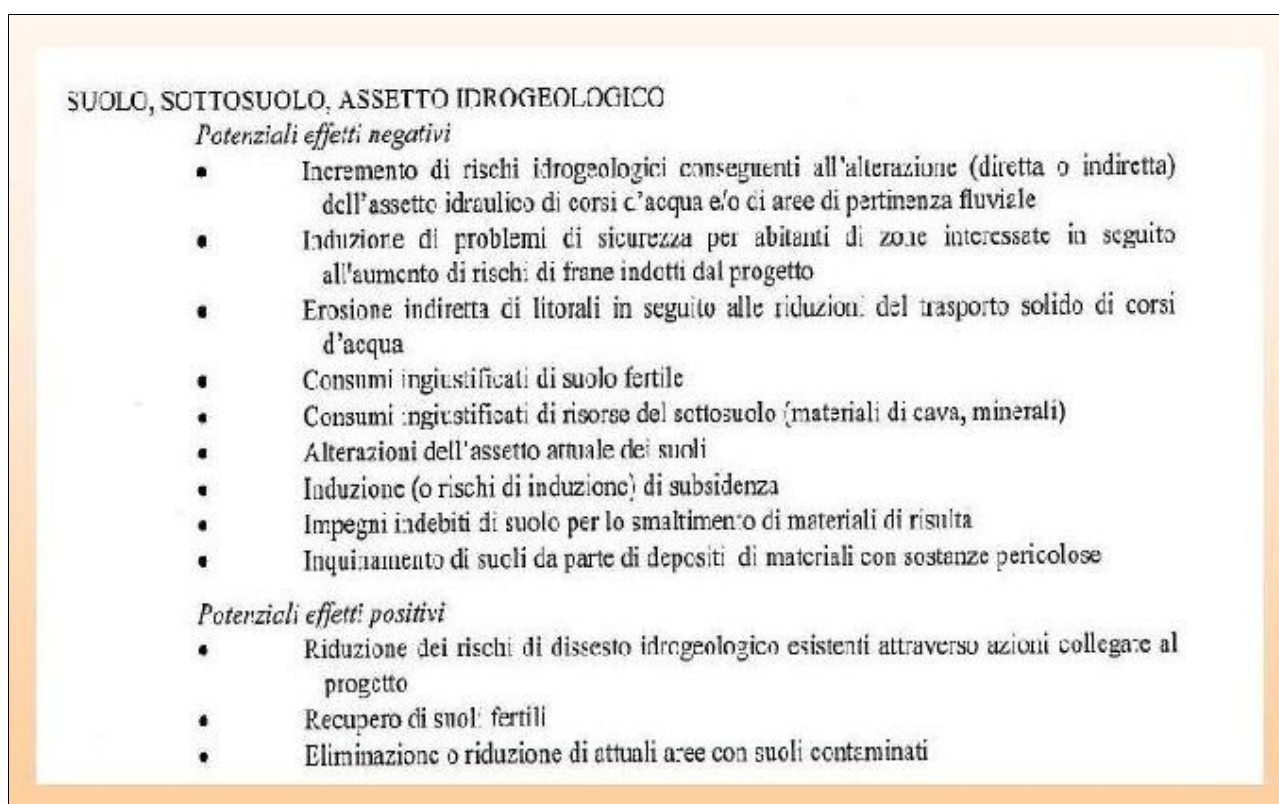


Fig. 2.81 - Linee di impatto sul suolo e sottosuolo per la valutazione delle alternative nello Studio di impatto ambientale (Lavagetti C., 2012)

FLORA e VEGETAZIONE	
<i>Potenziati effetti negativi</i>	
•	Eliminazione diretta di vegetazione naturale di interesse naturalistico-scientifico
•	Eliminazione e/o danneggiamento del patrimonio arboreo esistente
•	Danneggiamento (o rischio di danneggiamento) di vegetazione in fase di esercizio da apporti di sostanze inquinanti
•	Danneggiamento (o rischio di danneggiamento) di vegetazione in fase di esercizio da schiacciamento (calpestio ecc.)
•	Danneggiamento (o rischio di danneggiamento) di vegetazione in fase di esercizio da alterazione dei bilanci idrici
•	Riduzione o eliminazione di praterie di fanerogame marine
•	Creazione di presupposti per l'introduzione di specie vegetali infestanti in ambiti ecosistemici integri
•	Danneggiamento (o rischio di danneggiamento) di attività agro-forestali
•	Induzione di potenziali bioaccumuli inquinanti in vegetali e funghi inseriti nella catena alimentare umana
<i>Potenziati effetti positivi</i>	
•	Incremento della vegetazione arborea (o comunque para-naturale) in aree artificializzate
•	Aggiunta di elementi di interesse botanico al territorio circostante attraverso azioni connesse al progetto

Fig. 2.82 - Linee di impatto sulla flora per la valutazione delle alternative nello Studio di impatto ambientale (Lavagetti C., 2012)

FAUNA	
<i>Potenziati effetti negativi</i>	
•	Danni o disturbi su animali sensibili in fase di cantiere
•	Distruzione o alterazione di habitat di specie animali di particolare interesse
•	Danni o disturbi in fase di esercizio su animali presenti nelle aree di progetto
•	Interruzioni di percorsi critici per specie sensibili (es. per l'arrivo ad aree di riproduzione o di alimentazione)
•	Rischi di uccisione di animali selvatici da parte del traffico indotto dal progetto
•	Rischi per l'ornitofauna prodotti da traiezioni o altri elementi aerei del progetto
•	Danneggiamento (o rischio di danneggiamento) del patrimonio ittico
•	Danneggiamento (o rischio di danneggiamento) del patrimonio faunistico (attività venatorie consentite, raccolta locale di piccoli animali)
•	Creazione di presupposti per l'introduzione di specie animali potenzialmente dannose
•	Induzione di potenziali bioaccumuli nelle catene alimentari presenti nell'ambiente interessato
<i>Potenziati effetti positivi</i>	
•	Miglioramento indiretto della situazione faunistica attuale attraverso la creazione di nuovi habitat funzionali
•	Miglioramento diretto della situazione faunistica attuale attraverso azioni dirette di reintroduzione

Fig. 2.83 - Linee di impatto sulla fauna per la valutazione delle alternative nello Studio di impatto ambientale (Lavagetti C., 2012)

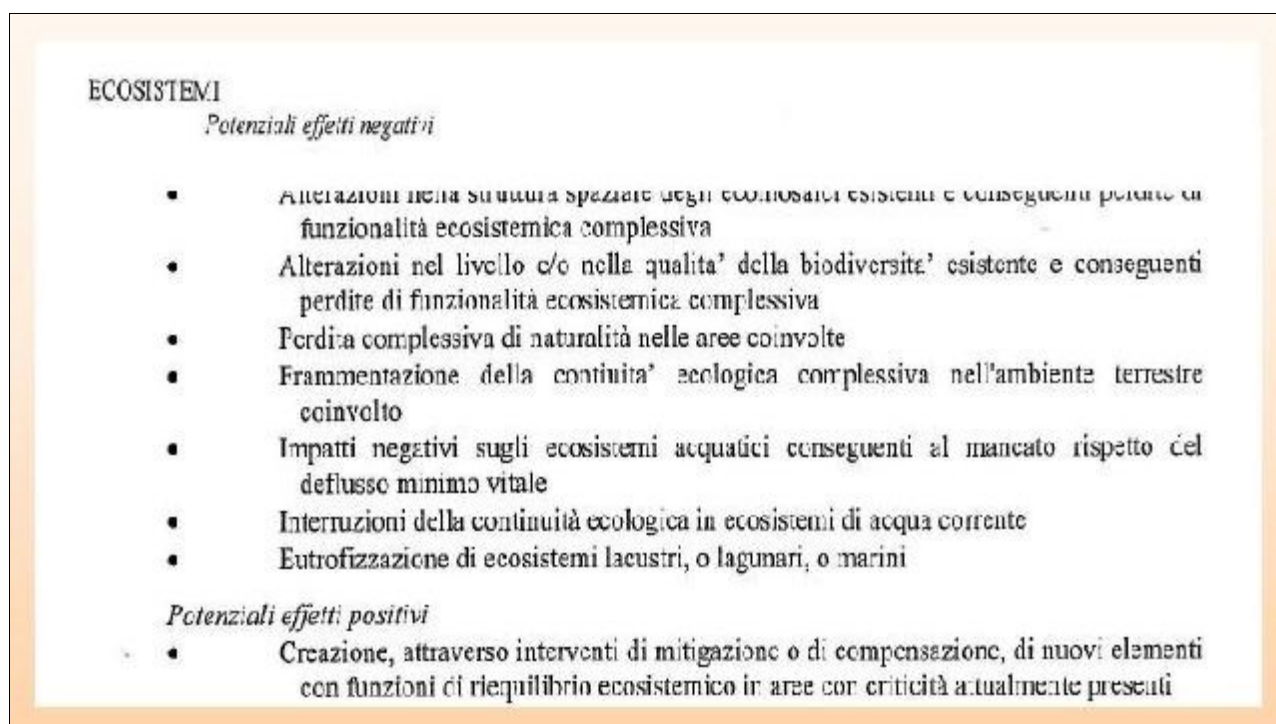


Fig. 2.84 - Linee di impatto sugli ecosistemi per la valutazione delle alternative nello Studio di impatto ambientale (Lavagetti C., 2012)

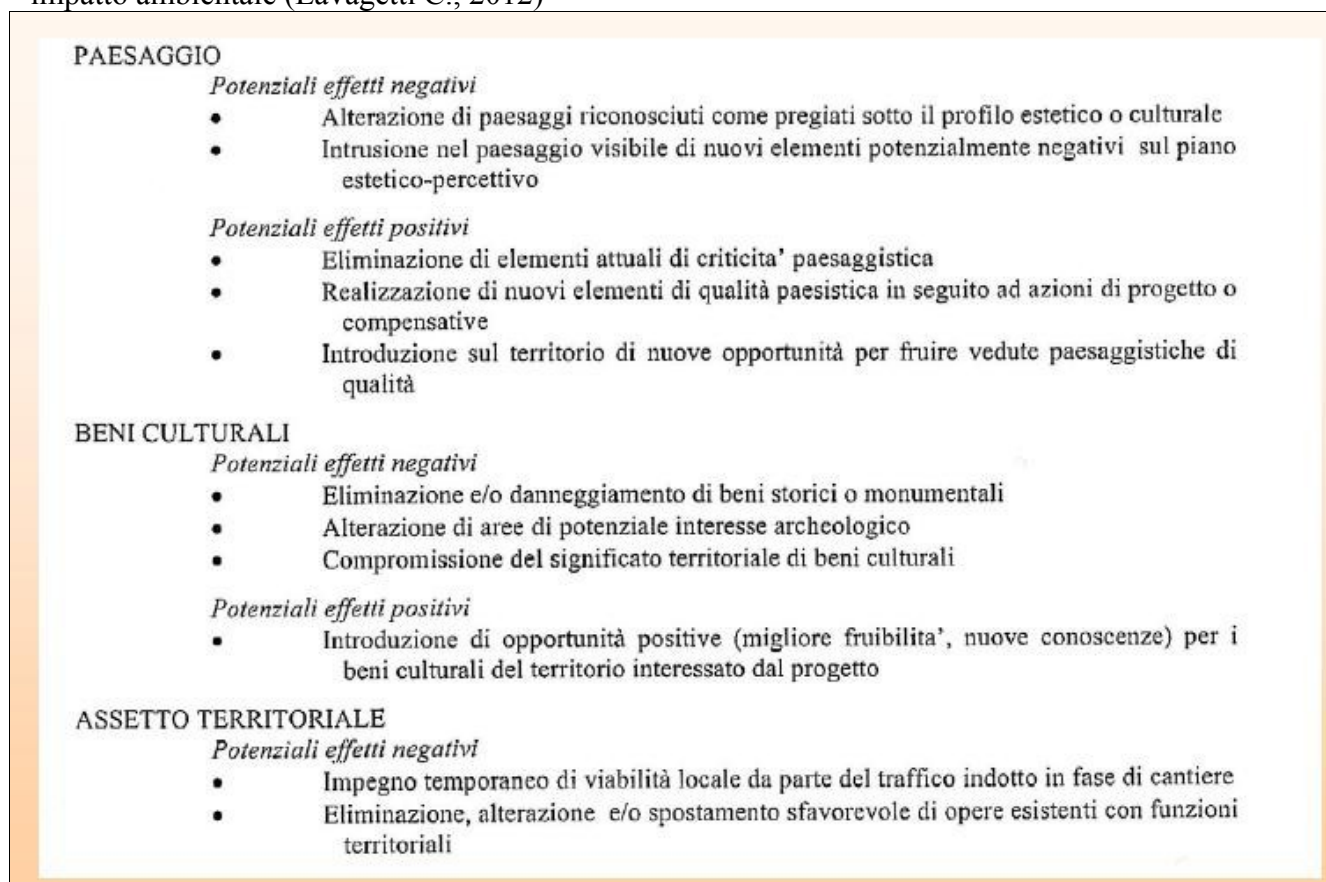


Fig. 2.85 - Linee di impatto sul paesaggio per la valutazione delle alternative nello Studio di impatto ambientale (Lavagetti C., 2012)

- Eliminazione o danneggiamento di beni materiali esistenti di interesse economico
  - Consumi di aree per le quali sono previste finalità più pregiate dal punto di vista territoriale
  - Interruzione di strade esistenti o più in generale limitazione dell'accessibilità di aree di interesse pubblico
  - Alterazioni nei livelli distribuzione del traffico sul territorio interessato
  - Impatti negativi diretti su usi e fruizioni delle aree interessate dal progetto
  - Potenziali perdite di valore economico di aree ed abitazioni adiacenti agli interventi di progetto
  - Frammentazione di unità aziendali agricole
  - Innesco sul medio-lungo periodo di nuove edificazioni ed infrastrutture nelle fasce laterali
  - Induzione di fabbisogni non programmati di servizi
  - Riduzione nell'occupazione attuale
- Potenziali effetti positivi*
- Consolidamento di infrastrutture esistenti
  - Miglioramento della offerta di servizi
  - Offerta di nuove opportunità occupazionali
  - Nuove presumibili attività economiche indotte dell'opera
  - Opportunità, attraverso gli interventi di inserimento ambientale, per nuove fruizioni di tipo ricreativo
  - Risparmi nell'utilizzo complessivo di combustibili fossili, e dei rischi energetici conseguenti

Fig. 2.86 - Linee di impatto sul territorio per la valutazione delle alternative nello Studio di impatto ambientale (Lavagetti C., 2012)

Gli impatti vengono valutati in base alla loro "significatività", secondo la procedura illustrata nello schema che segue.

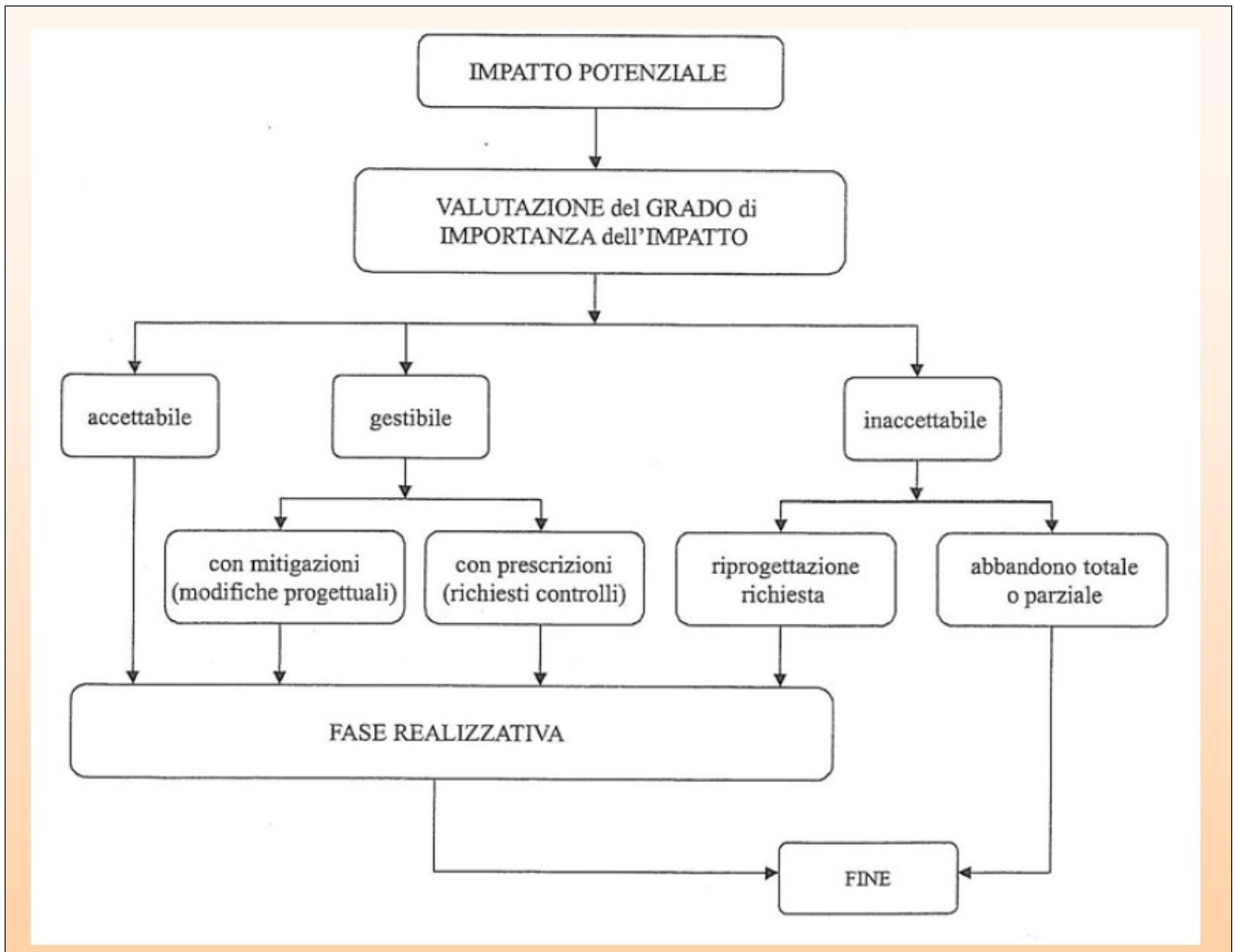


Fig. 2.87 - Procedura di valutazione della significatività degli impatti (Lavagetti C., 2012)

La metodologia di valutazione degli impatti comprende check list di controllo basate su fattori ambientali di riferimento e relative aree ambientali di impatto del progetto.

<b>Caratteristiche ambiente recettore</b>	Uso del suolo
	Valore degli Habitat presenti
	Presenza di Recettori Sensibili
	Presenza di Siti Naturali Protetti o segnalati
<b>Caratteristiche di intensità ed estensione dell'impatto</b>	Singolo, Multiplo o Cumulativo
	Diretto o Indiretto
	Estensione Territoriale
	Reversibilità degli effetti
	Intensità della Pressione Ambientale
	Distanza dai Bersagli Sensibili
	Conformità con gli obiettivi di sostenibilità ambientale
<b>Resilienza dell'ambiente</b>	Capacità di assorbimento degli impatti
	Grado di Reversibilità dell'impatto
	Sostenibilità dell'impatto nelle aree circostanti il progetto
<b>Livello di Mitigazione attuabile</b>	Rispetto dei limiti o standard di legge
	Minimizzazione degli impatti residui
	Miglioramenti ambientali connessi
	Implementazione e Gestione della mitigazione
	Efficacia mitigativa e accettabilità delle Comunità Locali
<b>Affidabilità nella Previsione degli Impatti</b>	Probabilità di Accadimento
	Qualità e quantità dei dati utilizzabili o utilizzati
	Quantificazione del Rischio
	Possibilità di effettuare monitoraggi attendibili e connessi
<b>Grado di interesse ed accettabilità sociale</b>	Vantaggi potenziali per le comunità locali (qualità della vita)
	Presenza di aspetti culturali e sociali connessi all'opera
	Presenza sul territorio di gruppi di interesse
	Equità o inequità del progetto

Fig. 2.88 - Fattori ambientali di riferimento e relative aree ambientali di impatto del progetto, per la redazione di check list di valutazione degli impatti (Lavagetti C., 2012)

Di seguito viene riportata una tipica check list di controllo (Lavagetti, C., 2012).

#### *Sul progetto*

- ⤴ Comporta un'occupazione dei terreni su vasta scala, lo sgombrò del terreno, sterri di ampie dimensioni e sbancamenti?
- ⤴ Comporta la modifica del reticolo di drenaggio (ivi compresi la costruzione di dighe, la deviazione di corsi d'acqua o un maggior rischio d'inondazioni)?
- ⤴ Comporta il dragaggio, la rettificazione o l'intersezione dei corsi d'acqua?
- ⤴ Comporta l'impiego di molta manodopera?
- ⤴ Genererà un afflusso significativo di reddito nell'economia locale?
- ⤴ Modificherà le condizioni sanitarie?
- ⤴ Genererà sostenuti volumi di traffico?
- ⤴ Richiede la realizzazione di nuove strade, tratte ferroviarie o il ricorso a veicoli fuori strada?
- ⤴ Richiede la realizzazione di altre infrastrutture primarie?
- ⤴ Verrà smantellato al termine di un periodo determinato?

#### *Cumulo con altri progetti*

- ⤴ Può generare conflitti nell'uso delle risorse con altri progetti/attività in esercizio?

- ⤴ Le emissioni in atmosfera, gli scarichi idrici o nel sottosuolo possono cumularsi con le perturbazioni all'ambiente generate da altri progetti/attività in esercizio?

#### *Utilizzazione delle risorse naturali*

- ⤴ Richiederà apporti significativi in termini di energia, materiali o altre risorse?
- ⤴ Il progetto richiede consistenti apporti idrici?
- ⤴ Il progetto richiederà l'utilizzo di risorse non rinnovabili?

#### *Produzione dei rifiuti*

- ⤴ Comporta l'eliminazione di inerti, di strati di copertura o eliminazione/produzione di rifiuti (bonifica)?
- ⤴ Localizzazione del progetto
- ⤴ Comporta modifiche significative dell'uso territoriale o della zonizzazione?
- ⤴ Comporta modifiche significative della qualità e della capacità di rigenerazione delle risorse naturali della zona?
- ⤴ Comporta modifiche della capacità di carico dell'ambiente naturale e della qualità in generale con particolare attenzione alle zone sensibili o tutelate? zone umide; zone costiere; zone montuose o forestali; riserve e parchi naturali; zone protette SIC/ZPS; zone nelle quali gli standard di qualità ambientale fissati dalla legislazione comunitaria sono già stati superati; zone a forte densità demografica; zone di importanza storica, culturale o archeologica; territori con produzioni agricole di particolare qualità e tipicità

#### *Inquinamento e disturbi ambientali*

- ⤴ Determina emissioni in atmosfera generate dall'utilizzo del combustibile, dai processi di produzione, dalla manipolazione dei materiali, delle attività di costruzione o da altre fonti?
- ⤴ Determina l'immissione nell'ambiente di rumore, vibrazioni, luce, calore, odori o altre radiazioni?
- ⤴ Determina scarichi idrici di sostanze organiche o inorganiche, incluse sostanze tossiche?
- ⤴ Può provocare l'inquinamento dei suoli e delle acque di falda?
- ⤴ Può dar luogo ad elementi di perturbazione delle condizioni idrografiche, idrologiche e idrauliche?
- ⤴ Può dare luogo ad elementi di perturbazione dei processi geologici o geotecnici?
- ⤴ Altera il paesaggio sia dal punto di vista visivo, sia con riferimento agli aspetti storico-monumentali e culturali?

#### *Rischio di incidenti*

- ⤴ Comporta lo stoccaggio, la manipolazione o il trasporto di sostanze pericolose (infiammabili, esplosive, tossiche, radioattive, cancerogene o mutagene)?
- ⤴ Il progetto, nella sua fase di funzionamento, genera campi elettromagnetici o altre radiazioni che possono influire sulla salute umana o su apparecchiature elettroniche vicine?
- ⤴ Il progetto comporta l'uso regolare di pesticidi e diserbanti?
- ⤴ L'impianto può subire un guasto operativo tale da rendere insufficiente le normali misure di protezione ambientale?
- ⤴ Vi è il rischio di rilasci di sostanze nocive all'ambiente o di organismi geneticamente modificati?

La metodologia prevede anche l'uso di matrici, in cui vengono messe in relazione le azioni di progetto con le componenti ambientali interferite nelle fasi di costruzione, esercizio e dismissione

dell'opera. La più nota è quella di Leopold, rappresentata nella figura seguente.

Aspetti ambientali interessati (primo ordine)	Lista delle fonti						
	Acque di raffreddamento	Emissione di SO <sub>2</sub>	Transito di autocarri	Asportazione di copertura vegetale	Disturbo area	Rimozione suolo	...
Proprietà e morfologia del suolo/sottosuolo				X		X	
Qualità dell'aria		X					
Qualità delle acque superficiali	X						
Rumore			X				
Salute e benessere pubblici					X		
Ecosistemi terrestri				X			
Ecosistemi acquatici							
...							
...							
...							
Conseguenti effetti di ordine superiore possono essere identificati continuando l'analisi con la matrice							
Aspetti ambientali interessati (secondo ordine)	Lista degli effetti di primo ordine		Alterazioni della		Rumore	...	...
	qualità dell'acqua	qualità dell'aria	qualità dell'acqua	qualità dell'aria			
Salute e benessere pubblici		X		X			
Ecosistemi acquatici	X						
Visibilità			X				

Fig. 2.89 - Matrice in cui vengono messe in relazione le le azioni di progetto con le componenti ambientali interferite nelle fasi di costruzione, esercizio e dismissione dell'opera, per la valutazione degli impatti (Leopold et al., 1971)

### 2.2.5.1 La Valutazione Ambientale Strategica (VAS)

La Valutazione Ambientale Strategica è stata introdotta dalla Direttiva 2001/42/CE, detta "Direttiva VAS", entrata in vigore il 21 luglio 2001 e che rappresenta un importante contributo all'attuazione delle strategie comunitarie per lo sviluppo sostenibile, rendendo operativa l'integrazione della dimensione ambientale nei processi decisionali strategici.

Essa ha come obiettivo la "valutazione degli effetti di determinati piani e programmi sull'ambiente naturale".

In Italia la Direttiva 2001/42/CE è stata recepita con la parte seconda del D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 entrato in vigore il 31 luglio 2007, modificata e integrata dal D. Lgs. 16 gennaio 2008, n. 4 entrato in vigore il 13/02/2008 e dal D. Lgs. 29 giugno 2010, n. 128 pubblicato nella Gazz. Uff. 11 agosto 2010, n. 186.

La valutazione ambientale di piani e programmi che possono avere un impatto significativo sull'ambiente, secondo quanto stabilito nell'art. 4 del D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., "ha la finalità di



garantire un elevato livello di protezione dell'ambiente e contribuire all'integrazione di considerazioni ambientali all'atto dell'elaborazione, dell'adozione e approvazione di detti piani e programmi assicurando che siano coerenti e contribuiscano alle condizioni per uno sviluppo sostenibile". (ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale)

La VAS si applica ai piani e ai programmi:

- ⤴ che sono elaborati per la valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente, per i settori agricolo, forestale, pesca, energetico, industriale, trasporti, gestione dei rifiuti e delle acque, telecomunicazioni, turismo, pianificazione territoriale o destinazione dei suoli, e che allo stesso tempo definiscono il *quadro di riferimento per l'approvazione, l'autorizzazione, l'area di localizzazione o comunque la realizzazione di opere o interventi i cui progetti sono sottoposti a VIA*
- ⤴ per i quali si ritiene necessaria una Valutazione d'Incidenza ai sensi dell'art. 5 del D.P.R. 357/1997 e s.m.i..

La procedura comprende:

- ⤴ Lo svolgimento di una verifica di assoggettabilità
- ⤴ L'elaborazione del rapporto ambientale
- ⤴ Lo svolgimento di consultazioni
- ⤴ La valutazione del rapporto ambientale e degli esiti delle consultazioni
- ⤴ La decisione
- ⤴ L'informazione della decisione
- ⤴ Il monitoraggio.

Gli elementi innovativi introdotti con la VAS e che influenzano sostanzialmente il modo di pianificare si possono ricondurre ai seguenti:

- ⤴ Il criterio ampio di partecipazione, tutela degli interessi legittimi e trasparenza del processo decisionale, che si attua attraverso il *coinvolgimento e la consultazione dei soggetti competenti in materia ambientale e del pubblico* che in qualche modo risulta interessato dall'iter decisionale. I soggetti competenti in materia ambientale sono le pubbliche amministrazioni e gli enti pubblici che, per le loro specifiche competenze o responsabilità in campo ambientale, possono essere interessati agli impatti sull'ambiente dovuti all'attuazione dei piani, programmi. Questo processo di partecipazione crea i presupposti per il consenso da parte dei soggetti interessati e del pubblico sugli interventi da attuare sul territorio.
- ⤴ L'individuazione e la valutazione delle ragionevoli alternative del piano/programma con lo scopo, tra l'altro, di fornire *trasparenza al percorso decisionale* che porta all'adozione delle misure da intraprendere.
- ⤴ La valutazione delle alternative si avvale della *costruzione degli scenari previsionali di intervento riguardanti l'evoluzione dello stato dell'ambiente conseguente l'attuazione delle diverse alternative e del confronto con lo scenario di riferimento (evoluzione probabile senza l'attuazione del piano)*.

## 2.3 Sostenibilità dell'edificio e quadro di sviluppo normativo internazionale

---

### 2.3.1 La nuova generazione delle metodologie di valutazione della sostenibilità degli edifici

#### 2.3.1.1 Metodi di valutazione ambientale multi-criteri e certificazione ambientale degli edifici

Da alcuni anni, a livello internazionale, si sono sviluppati e diffusi un sempre maggior numero di metodi di valutazione ambientale degli edifici. La loro definizione è stata spinta da una serie di esigenze e di attori, dopo che si era assistito alla proliferazione di strategie progettuali per la realizzazione di edifici sostenibili, che rendeva alto il rischio di circolazione di informazioni non scientificamente comprovate e di confusione tra gli operatori. (Lavagna M., 2008)

Da un lato, infatti, i progettisti ravvisavano la necessità di avere a disposizione delle "linee guida" di orientamento alla progettazione, accompagnate da strumenti di verifica dell'efficacia ambientale delle indicazioni contenute. Dall'altro, i costruttori richiedevano strumenti di *certificazione ambientale* degli edifici, in modo da poter dimostrare, al momento della vendita, la qualità ambientale dei loro edifici e gli eventuali extra-costi rispetto alla media del mercato degli edifici tradizionali. Le pubbliche amministrazioni, sollecitate dalle politiche internazionali e da Agenda 21, incentivavano poi gli interventi sostenibili, ma avevano bisogno di individuare requisiti ambientali da inserire nei bandi di gara o nei nuovi regolamenti edilizi, o per erogare incentivi a progetti realmente sostenibili, anche stendendo graduatorie di merito. (Lavagna M., 2008)

Gli strumenti di valutazione, messi a punto in definitiva per misurare le prestazioni in termini di impatti ambientali, efficienza di uso delle risorse ed effetti sulla salute umana delle scelte progettuali e costruttive, sono in genere articolati secondo una serie di requisiti ambientali rispetto a cui viene definita la prestazione attesa, verificabile tramite indicatori. Agli indicatori viene associato un punteggio. La somma pesata dei punteggi determina la valutazione finale complessiva dell'edificio. Per questo motivo, i sistemi di valutazione così strutturati, mediante check-list di indicatori, vengono definiti "sistemi a punteggio" (Fig. 2.90, Fig. 2.91).

Il merito di questi sistemi è stato di riuscire a desumere, da un quadro complesso e articolato di prestazioni (dal consumo di energia a quello di materiali o acqua, alla produzione di rifiuti, alla flessibilità d'uso degli spazi, alla manutenibilità, ecc), un risultato semplificato e quindi chiaro e leggibile, ma con il rischio che nella procedura di semplificazione potrebbero essere celate delle distorsioni del comportamento reale e quindi potrebbe essere restituito un risultato poco attendibile e fuorviante (Lavagna M., 2008)

Il primo metodo di successo per misurare le prestazioni degli edifici "ecologici" è stato il sistema inglese *BREEAM* (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), sviluppato dal BRE (Building Research Establishment) a partire dal 1988. Il sistema individua 7 macro-aree di approfondimento (energia, trasporto, inquinamento, materiali, acqua, utilizzo di territorio ed ecologia, salute e benessere), a loro volta suddivise in argomenti specifici. Il percorso di valutazione si basa sul progressivo ottenimento di crediti minimi per ciascuna macro-area. La valutazione finale, poi, si ottiene tramite una somma pesata in base a percentuali di peso assegnate a ciascuna categoria secondo priorità individuate a livello nazionale. Alle fasce di punteggio totalizzato corrisponde un riconoscimento, in termini di certificazione rilasciata da certificatori autorizzati dal BRE, delle categorie Eccellente, Molto buono, Buono, Sufficiente.

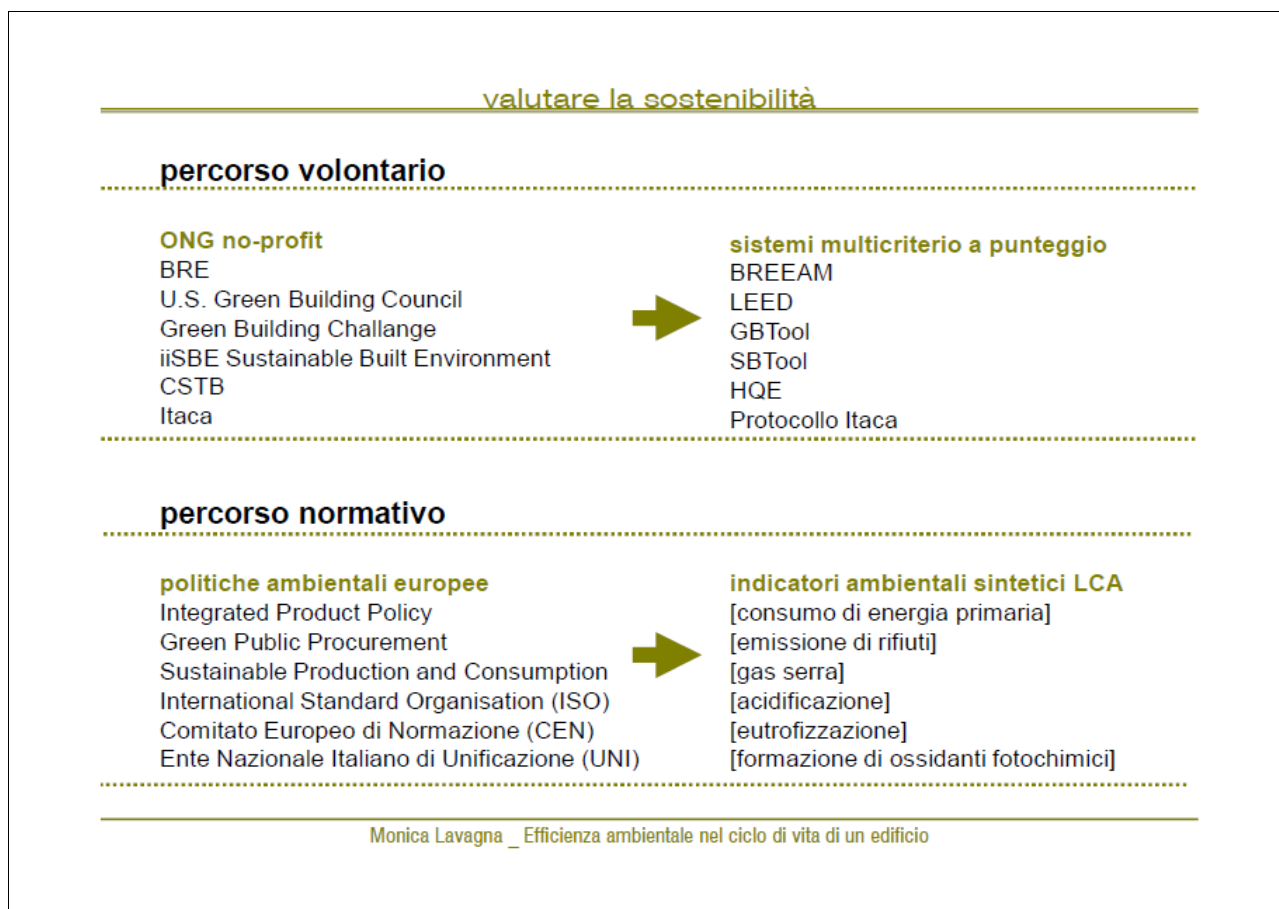


Fig. 2.90 - Quadro dei sistemi multi-criterio e degli indicatori per la valutazione della sostenibilità (Lavagna M., 2011)

Il sistema *Leed* (Leadership in Energy and Environmental Design), invece, è nato nel 1993 negli Stati Uniti, con il sostegno del governo, ad opera del USGBC (U.S. Green Building Council), un'organizzazione non governativa che comprende esponenti dell'industria, dell'università e del governo. L'obiettivo degli ideatori era di rendere distinguibili nel mercato gli edifici di maggior valore economico, ecologico, di qualità. Il sistema prevede 7 pre-requisiti obbligatori e l'attribuzione di un massimo di 69 punti divisi in 6 categorie. Il sistema si articola in diverse procedure, a seconda del tipo di intervento e della destinazione d'uso dell'edificio, dalle nuove costruzioni, agli edifici commerciali, ecc. Le categorie di attribuzione sono "Certificato", "Argento", "Oro" e "Platino".

Il sistema *HQE* (Haute Qualité Environnementale) è stato sviluppato dal francese CSTB insieme ad altri enti nazionali. Sono presi in considerazione il progetto, ma anche il risultato della costruzione e il processo (coinvolgendo tutti gli attori).

Lo svizzero *Eco-bau* completa il percorso avviato dalla certificazione energetica Minergie, aggiungendo la verifica del comfort luminoso e acustico, la qualità dell'aria interna e una serie di fattori "ecologici", che prendono in considerazione la scelta delle materie prime, i processi di produzione e gli scenari di smontabilità e riciclabilità.

Il sistema austriaco Total Quality definisce invece obiettivi-soglia da raggiungere durante la progettazione e che devono essere verificati a realizzazione avvenuta e si applica ad edifici residenziali e commerciali.

**CASBEE** (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency) è stato definito in Giappone dal Japan Sustainable Building Consortium, che annovera esponenti accademici, governativi e industriali. Le prestazioni sono verificate per la qualità dell'aria interna, del servizio, del sito di progetto ed esterna, i consumi di energia (Masera G., 2004), di risorse e materiali.

Il **GBTool** è stato sviluppato dal GBC (Green Building Challenge) comprendendo una serie di criteri predefiniti ma come strumento di base per l'individuazione di benchmarks di riferimento da parte delle singole nazioni, che contestualizzano i parametri di riferimento e i pesi utilizzati per la valutazione.

Il **Protocollo Itaca** è nato in Italia nel 2001 ad opera di un gruppo interregionale per la bioedilizia, costituito all'interno dell'Istituto per l'Innovazione e Trasparenza degli Appalti e la Compatibilità Ambientale (ITACA) al fine ultimo di attivare strategie trasversali tra settori come i trasporti, l'industria, l'edilizia, sui temi della edilizia eco-compatibile e la bioedilizia. L'iniziativa ha fatto proprie le esperienze virtuose già maturate a livello di alcune regioni italiane, tra le quali Emilia Romagna, Trentino, Umbria, in merito all'incentivazione al risparmio energetico e all'impiego di materiali eco-compatibili, per estenderne gli obiettivi anche al resto del territorio italiano in maniera sinergica e univoca. Rielaborando lo strumento GBTool, il Protocollo Itaca costituisce il riferimento delle Pubbliche Amministrazioni italiane per l'inserimento di criteri ambientali volontari all'interno delle Norme Tecniche di Attuazione, per l'accesso a premi volumetrici e sgravi economici.

Tra i più noti strumenti per la valutazione ambientale degli edifici, occorre annoverare anche il tool prodotto dall'istituto nazionale tedesco **DGNB** (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) per la valutazione della sostenibilità degli edifici, che ha introdotto un nuovo modo di quantificare le prestazioni ambientali di un edificio, basato sul Benchmarking e sull'approccio LCA, utilizzando indicatori di performance degli edifici.



Fig. 2.91 - Marchi e protocolli di valutazione e certificazione della sostenibilità degli edifici

Gran parte degli strumenti di valutazione ambientale degli edifici prevedono anche una *certificazione ambientale* ed un *marchio*, che viene utilizzato per pubblicizzarne il valore nel mercato (Fig. 2.91).

### 2.3.1.2 Le criticità e le questioni aperte

I vari tipi di certificazione volontaria, in realtà, hanno cercato sino ad ora di venire incontro alla crescente domanda di qualità ambientale da parte degli operatori e dell'utenza, supplendo alla mancanza di *linee guida condivise e standardizzate* quanto meno a livello europeo, per una certificazione ambientale degli edifici che, insieme alla certificazione energetica introdotta in maniera cogente dalla direttiva europea EPBD (Energy Performance of Buildings), completi il quadro dell'*informazione ambientale* atteso da tempo.

Il tema principale che rimane aperto è la validità della certificazione emessa utilizzando questi strumenti. Innanzitutto, risulta ancora critica la scelta di una metodologia multi-criteri rispetto a *indicatori sintetici*: la procedura di sommatoria a punti rende poco trasparente il comportamento ambientale rispetto a specifici temi ambientali di sempre maggiore rilevanza, come effetto serra, acidificazione, ecc. Lascia, inoltre, aperta tutta la questione inerente al come determinare le "soglie di sostenibilità", ponendo tendenzialmente solo "soglie raggiungibili" non spingendo pertanto verso il miglioramento continuo. Manca, infine, un vero approccio al ciclo di vita. (Lavagna M., 2008)

Alla luce di tutte queste considerazioni, occorre allora sottolineare che i sistemi "semplificati" di valutazione a punteggio, se da un lato ben si prestano a supportare una progettazione attenta alla qualità ambientale e si sono mostrati strumenti utili sul mercato per avviare un *percorso verso la sostenibilità delle costruzioni*, dall'altro non sono uno strumento efficace per valutare la sostenibilità di un edificio se l'obiettivo finale è una *valutazione scientifica*.

E', inoltre, ormai riconosciuto dalla comunità internazionale, non solo dei ricercatori ma soprattutto degli operatori del mercato delle costruzioni, che, seppur si debba a loro l'avvio di un processo di consapevolezza dell'uso delle risorse, la proliferazione negli ultimi anni di marchi ambientali, protocolli di sostenibilità edilizia e relativi domini commerciali a livello mondiale ha prodotto una serie di criticità, primo tra tutti un senso di *disorientamento e disagio* da parte degli stessi stakeholders (progettisti, committenti, autorità pubbliche).

L'applicazione dei diversi protocolli ha inoltre mostrato, oltre alla difficile gestibilità di un numero elevato di indicatori, come presenti in diversi sistemi, i limiti delle metodologie rispetto alle *grandezze non espressamente quantificabili*.

Se in alcuni contesti è la vasta disponibilità di protocolli e indicatori a creare problemi agli operatori, in altri è lamentata, tuttora, la mancanza di *rating systems adeguati*, come ad es. nei Paesi arabi (tranne Dubai e Arabia Saudita dove è stato sviluppato un Leed). E dove, per le peculiarità ambientali locali, gli esistenti non sono applicabili per la presenza di fattori eccezionali come ad es. lo è la mancanza di acqua.

### 2.3.1.3 Una nuova generazione di metodologie

Per i motivi sopra esposti la comunità internazionale è impegnata in diversi programmi di ricerca volti in buona parte all'armonizzazione degli standard esistenti, in particolare a:

- ⌘ la definizione di un *unico strumento* di valutazione della sostenibilità (e miglioramento delle prestazioni) per tutte le fasi del processo, che includa CED (Cumulative Energy Demand), LCA (Life Cycle Assessment) di prodotti e processi con affidabilità tra prestazioni ipotizzate e valori effettivi misurati, TQA (Total Quality Assessment), LCC (Life Cycle Cost) per la valutazione di indicatori economici, come rischio economico investimenti, redditività, ecc
- ⌘ la semplificazione, la drastica riduzione nel numero e nell'applicazione degli indicatori

- ⤴ il passaggio da una prima generazione di indicatori (solo ambientali, pressione-stato-effetti) ad una seconda (ambientali, economici, sociali, ...), di più facile uso.

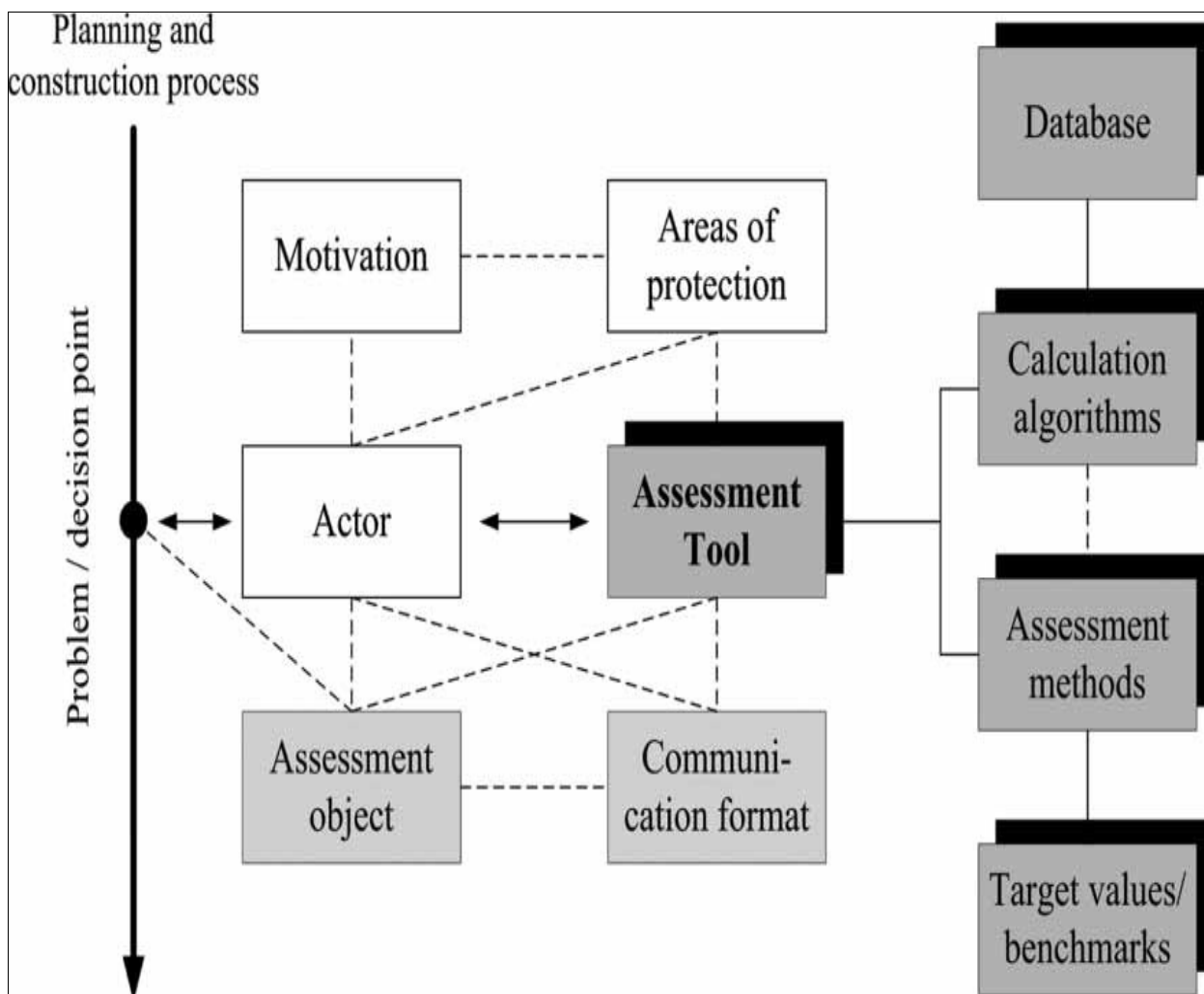


Fig. 2.92 - Schema di approccio integrato nelle valutazioni applicate all'edificio (Lützkendorf T., Lorenz D., 2006)

Non poche sono le questioni da risolvere affinché questa evoluzione si concluda al meglio, legate alle innovazioni che si stanno introducendo nella materia, tra cui:

- ⤴ individuazione e sviluppo di nuovi set di indicatori aggregati per specifiche performances (es. Perfection Indicators for health, comfort and safety on the indoor environment), di una struttura unica (progetto CRISP) in cui riunire grandezze eterogenee (unità e modalità di misura diverse)
- ⤴ trasferimento di indicatori da un settore di appartenenza ad un altro attraverso lo studio delle catene degli impatti (es. di comfort, che genera la produttività)
- ⤴ differenziazione dei set degli indicatori per il nuovo da quelli per l'esistente (dove molti dati sono misurabili e quindi noti, anche reperibili presso gli *utenti*, ovvero gli stakeholders esistenti)
- ⤴ rendere misurabili (quantificare) tutti gli aspetti che concorrono alla valutazione

- ▲ formulazione di *giudizi critici a priori* (es. edifici non occupati, da considerare di default non sostenibili) quali strategie di campo.

Al momento gli unici standard armonizzati a livello internazionale sono quelli prodotti in ambito CEN/TC 350 ed ISO TC59/SC17, per i quali è iniziato un processo di allineamento, anche grazie ad una avviata attività di collaborazione tra i rispettivi gruppi di lavoro.

La Commissione Europea sin dal 2000 si è infatti interessata alla pletora di metodologie di calcolo che venivano usate in Europa e che iniziavano a creare barriere alla libera circolazione nel mercato e recependo le istanze degli stakeholders che chiedevano di intervenire. Già nel 2004 la Commissione affidò pertanto mandato ufficiale al Comitato Europeo di Normazione CEN (M350) finalizzato ad un metodo, volontario, orizzontale, che misurasse gli impatti ambientali incorporati e operativi, che supportasse architetti e costruttori nella informazione circa la sostenibilità della costruzione, per edifici nuovi ed esistenti.

Sin da subito, la Commissione ha richiesto prioritariamente di impostare il metodo in accordo con la strategia di un uso sostenibile delle risorse, che è fondata su principio di scindere gli impatti ambientali dall'uso delle risorse.

Il tavolo di lavoro del CEN (Fig. 2.93, Fig. 2.94, Fig. 2.95) dedicato è il TC 350, denominato "Sostenibilità dei lavori di costruzione".

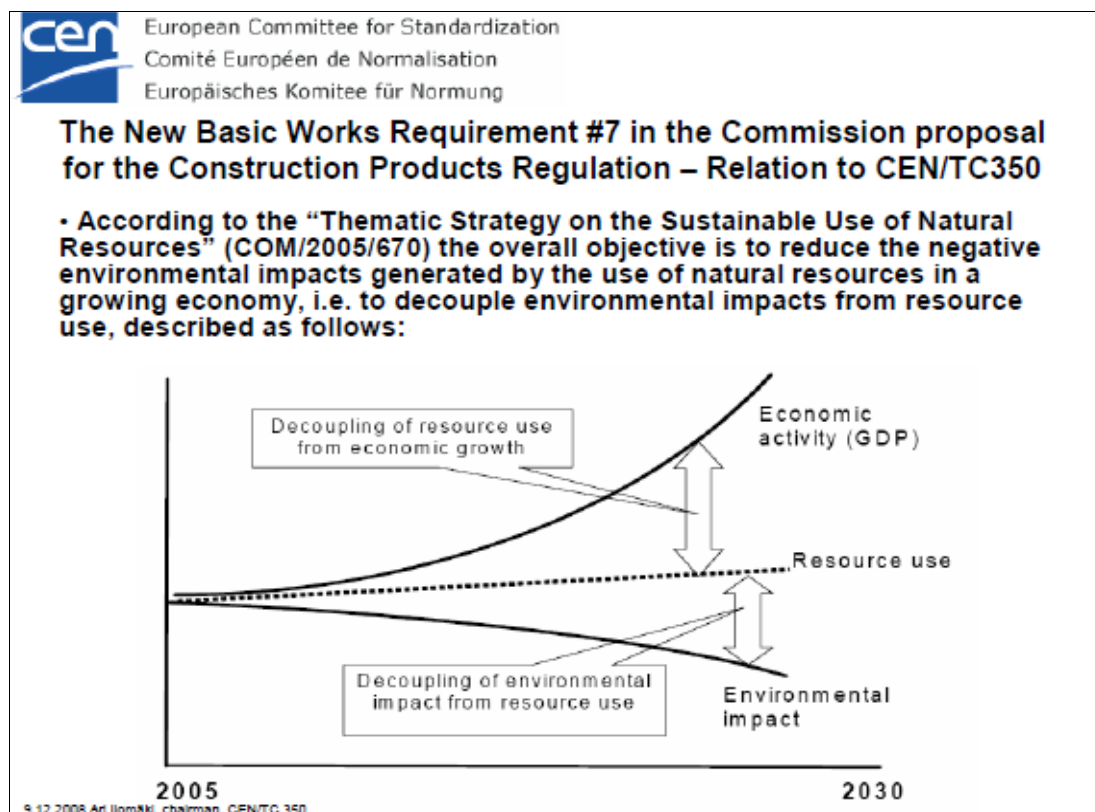


Fig. 2.93 - Tra i principi da rispettare, la Commissione Europea chiese al CEN di scindere gli impatti ambientali dall'uso delle risorse, come poi richiamato nel settimo requisito del successivo CPR (Construction Products Regulation) (Ilomäki A., 2008)

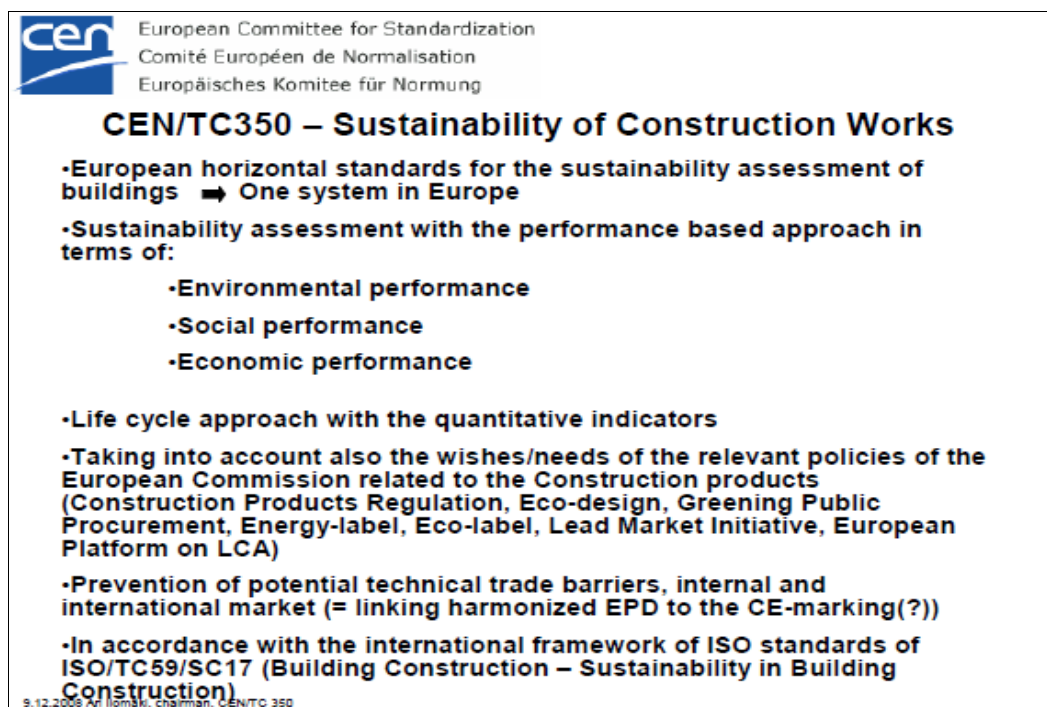



Fig. 2.94 - Schema delle richieste della Commissione Europea al CEN, riguardo il tipo di approccio e gli obiettivi (Ilomäki A., 2008)

Inoltre, la Commissione ha richiesto di tener conto di altre politiche e iniziative legislative in corso. Ha anche espresso una serie di priorità, ovvero di opzioni strategiche allo scopo di orientare il settore delle costruzioni e il mercato collegato verso il riciclo dei materiali e il recupero dell'energia, come l'impiego di materiali riciclati nell'edificio.





European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation  
Europäisches Komitee für Normung

### The New Basic Works Requirement #7 "Sustainable Use of Natural Resources" in the Construction Products Regulation

**•Priorities set by the Commission:**

**a) Recyclability of the construction works, their materials and parts after demolition**

**• Environmental indicators: "Materials for Recycling and Energy Recovery" (according to the Waste Framework Directive)**

**b) Durability of the construction works**

**• Not an environmental indicator, but a technical characteristic of the building with sustainability consequences, durability information is already required in the assessment of environmental and economic performance to cover the whole life cycle -> Service Life requirement for the building and the fulfilment of the requirement by Service Life Planning**

**c) Use of environmentally compatible raw and secondary materials in the construction works**

**•The quantity of used raw and secondary materials (input) and the resulted environmental impacts (output: emissions and waste) over the life cycle**

**•This requires the coverage of all environmental indicators defined in CEN/TC350 (USE of materials and energy and LCIA emission indicators and WASTE Framework Directive indicators)**

9.12.2008 Ari Ilomäki, chairman, CEN/TC 350

Fig. 2.95 - Le priorità assunte dalla Commissione Europea nel primo mandato al CEN (Ilomäki A., 2008)

Il concetto di sostenibilità dell'organismo edilizio richiamato nel quadro generale di riferimento chiama in causa le tre macro-aree dello sviluppo sostenibile: Ambiente, Economia e Società (Fig. 2.96, Fig. 2.97).

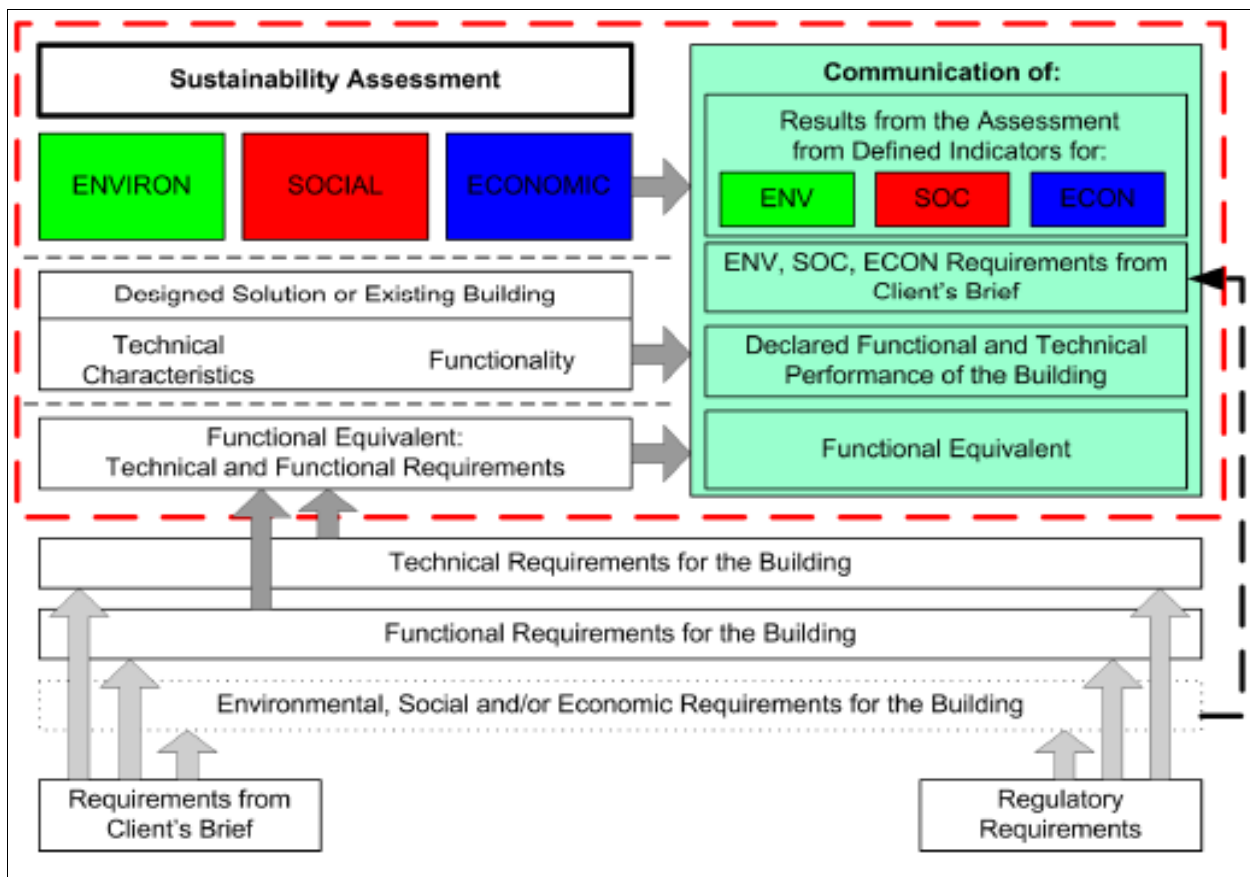


Fig. 2.96 - Inquadramento generale dell'attività per lo sviluppo degli standard europei (Ilomäki A., 2008)

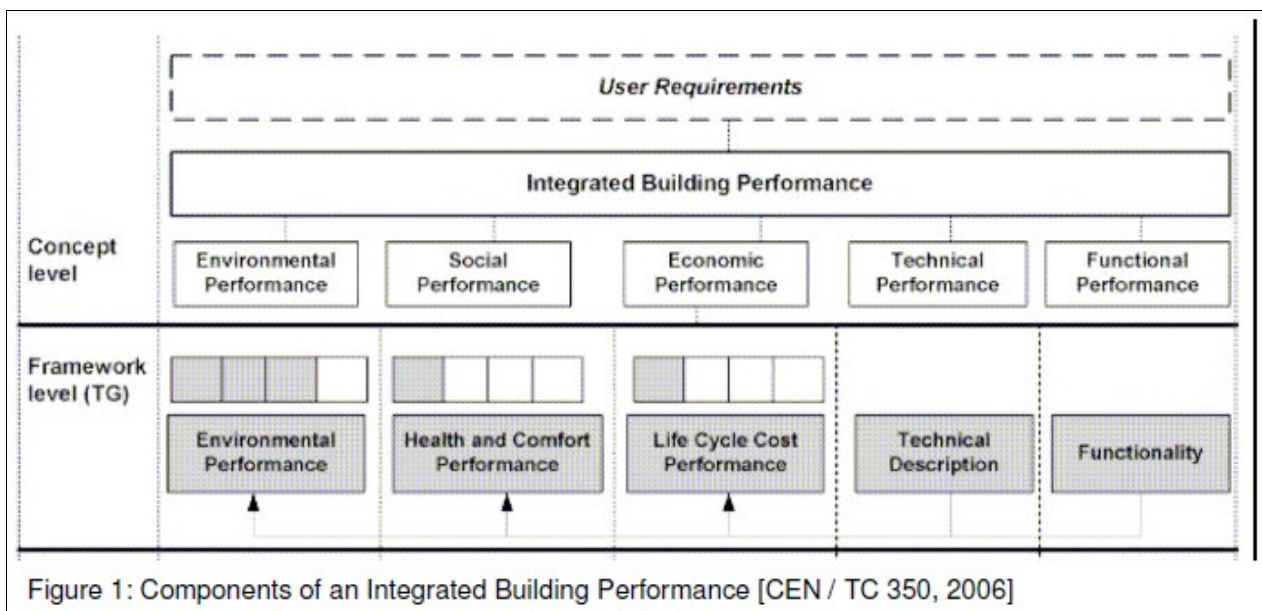


Figure 1: Components of an Integrated Building Performance [CEN / TC 350, 2006]

Fig. 2.97 - Componenti della sostenibilità sulle quali il CEN / TC 350 ha sin da subito impostato la sua attività (Lützkendorf T., Ilomäki A., 2006)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Dopo gli impatti ambientali, il mandato è stato esteso a quelli sociali ed economici. Così, il lavoro è stato suddiviso tra sei gruppi:

- ▲ CEN/TC 350/TG "Framework"
- ▲ CEN/TC 350/WG1 "Environmental performance of buildings"
- ▲ CEN/TC 350/WG2 'Building life cycle description' (sospeso nel luglio 2009)
- ▲ CEN/TC 350/WG3 "Product Level" (EPDs, communication formats, etc.)
- ▲ CEN/TC 350/WG4 "Economic Performance Assessment of Buildings"
- ▲ CEN/TC 350/WG5 "Social Performance Assessment of Buildings".

Sections	Items	Responsible Groups	Priorities	Expected documents (with target dates)	Supporting standards
Section 1	Sustainability of construction works – Framework for assessment of buildings	TC Task Group "Framework"	P1	1st step: TS, (2007) 2nd step: EN (2010)	ISO 15392 ISO 21932 ISO 21931 ISO/TS 21929
	Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation methods	WG1 "Environmental Performance of Buildings"	P2	1st step: TS, (2008) 2nd step: EN (2010)	ISO 21931
	Sustainability of construction works – Use of environmental product declarations (on products, processes or services)	WG1 "Environmental Performance of Buildings"	P2	EN (2010)	
Section 2	Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Product category rules (on products, processes or services)	WG3 "Product Level"	P1	EN (2009) (EN ISO 21930, as soon as ISO 21930 published)	ISO 21930 ISO 14025
	Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Communication formats	WG3 "Product Level"	P2	EN (2009)	ISO 21930 ISO 14025
	Sustainability of construction works – Environmental product declarations – Methodology and data for generic data	WG3 "Product Level"	P2	TR (2008) End objective: annex to the PCR standard	ISO 14040 ISO 14044
Section 3	Sustainability of construction works – Description of the building life cycle	WG2 "Building Life Cycle"	P1	TR (2008)	ISO 15686 series

Fig. 2.98 - Programma di lavoro del CEN / TC 350 a seguito del primo mandato (CEN / TC 350, 2005)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

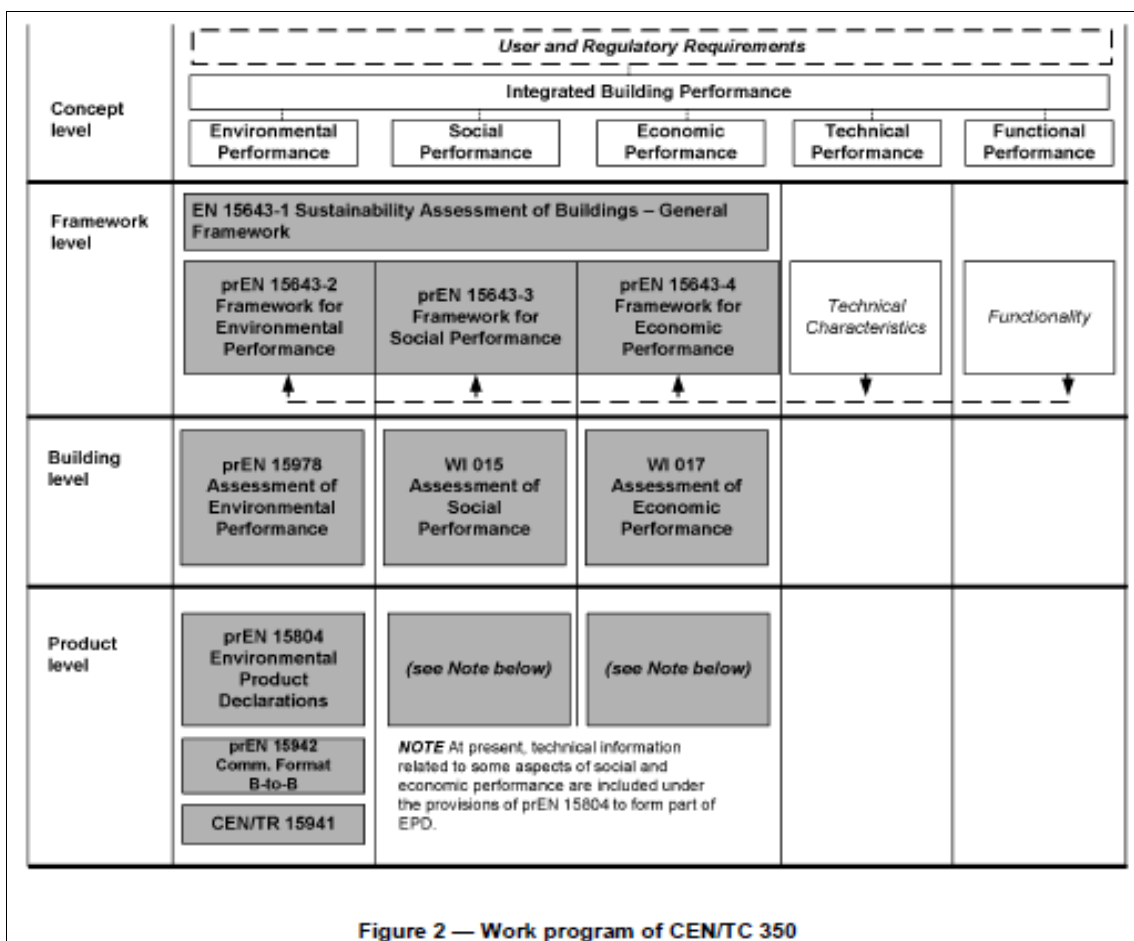


Fig. 2.99 - Il piano del lavoro di standardizzazione e i livelli degli standard

Il piano del lavoro di standardizzazione (Fig. 2.99) e i livelli ha compreso sin da subito 3 livelli di standard: un livello generale, un livello di edificio e un livello di prodotto e 3 gruppi di norme, in relazione alle rispettive componenti (ambientale, sociale, economica) individuate.

Il tavolo "Sostenibilità dei lavori di costruzione" CEN / TC 350, le cui modalità operative si basano sul coinvolgimento sin dall'inizio degli stakeholders, attraverso la partecipazione e consultazione degli enti nazionale di normazione, in particolare appartenenti al mondo della produzione (imprese di costruzione, aziende di servizi e prodotti industriali), ha già prodotto gli standard relativi agli indicatori ambientali e sta sviluppando gli altri relativi agli aspetti economici e sociali. Il processo comune, per tutti e 3 gli standard a livello di edificio, ha previsto l'individuazione di indicatori condivisi, la definizione di un metodo di calcolo e di schemi di comunicazione delle informazioni. Per gli standard di prodotto non esiste una metodologia, ma la comunicazione dell'informazione rappresenta il focus principale.

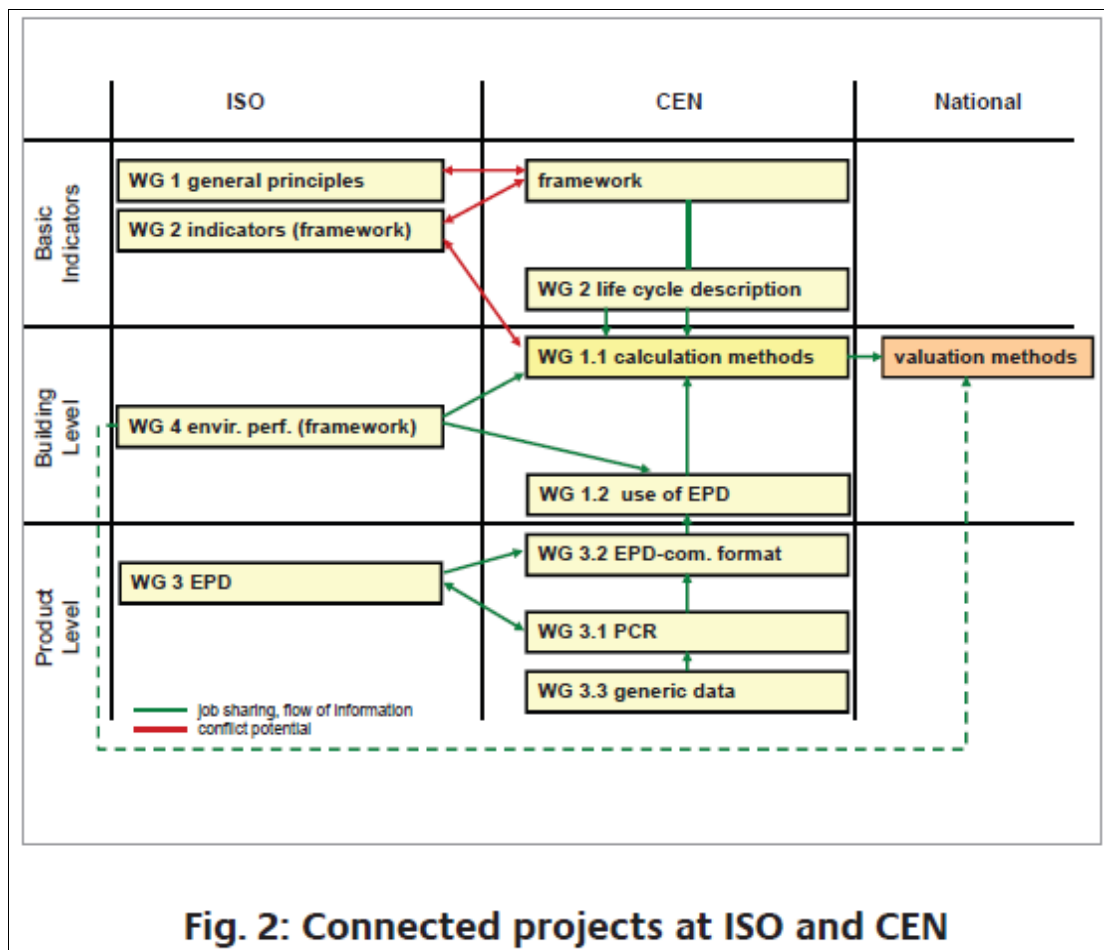


Fig. 2.100 - Correlazione tra i gruppi di lavoro ISO e CEN (German Federal Ministry of Transport, Building and Urban Affairs)

Il Segretariato ISO (International Organization for Standardization) per le Costruzioni e la Sostenibilità in edilizia ha pubblicato diversi standard relativi ad indicatori per gli edifici, alla dichiarazione ambientale dei prodotti da costruzione e a metodi di valutazione della prestazione ambientale dei lavori di costruzione e sta attualmente sviluppando altre norme che riguardano temi come la terminologia degli edifici e l'aggiornamento dei metodi (Fig. 2.100).

Il focus di ISO è sostanzialmente definire i temi e gli aspetti metodologici basilari e generali (Fig. 2.101).

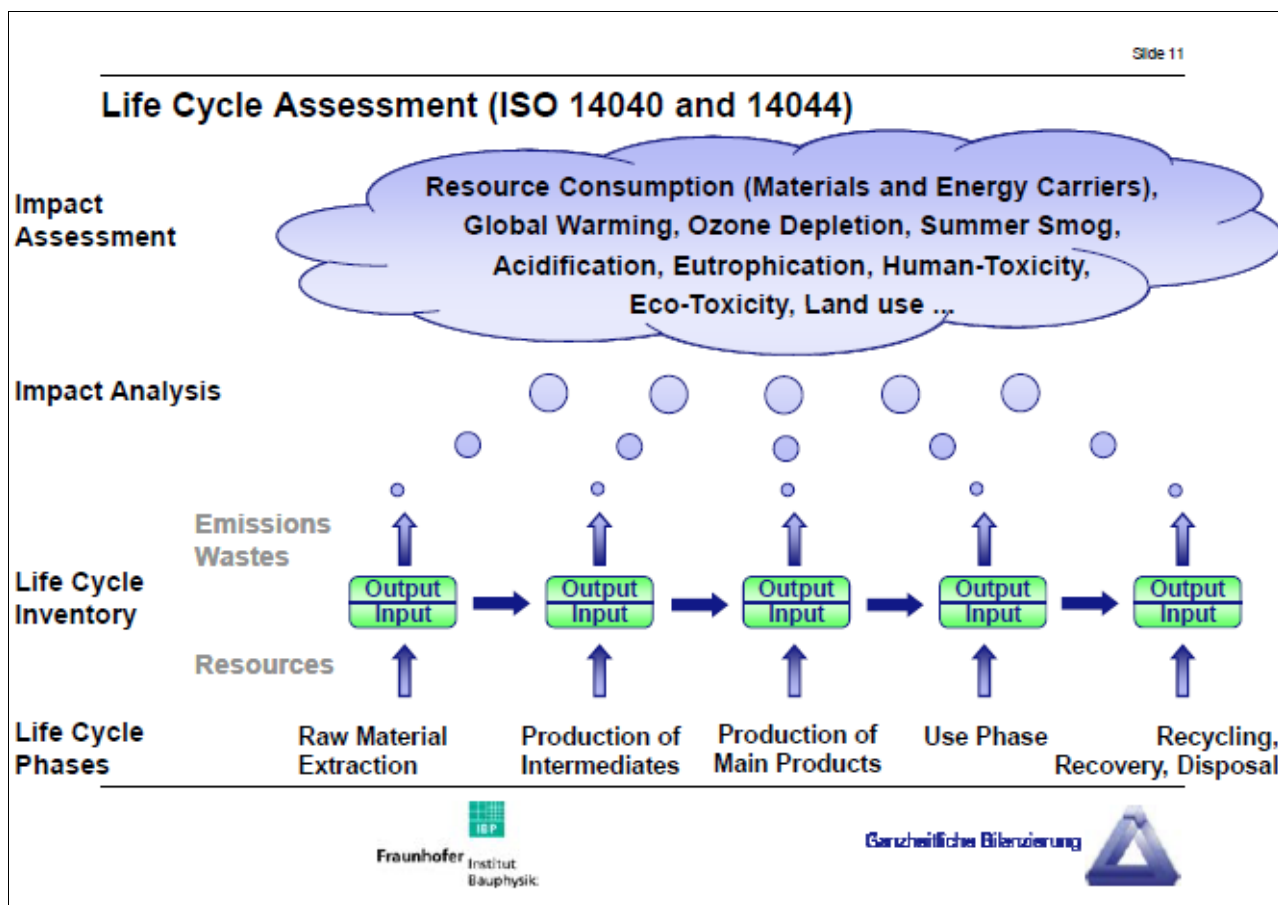


Fig. 2.101 - Componenti del Life Cycle Assessment secondo le norme ISO (Sedlbauer K., Fischer M., 2008)

## 2.3.2 Ciclo di vita dell'edificio e Service life

### 2.3.2.1 Lo Standard e gli attori del processo edilizio

L'obiettivo della norma di riferimento internazionale ISO 15686:2011 "Buildings and constructed assets. Service life planning" è il controllo del processo, attraverso una metodologia, affinché la vita utile (Daniotti B., 2012) dell'edificio non sia inferiore alla vita prevista dal progetto (Masera G., 2004). Ovvero, a partire dalla conoscenza della vita utile dei suoi componenti, nella fase previsionale, cioè nel progetto, occorrerà tener conto di tutte le variabili legate ai componenti e materiali che renderanno nel tempo le loro caratteristiche diverse da quelle iniziali, al momento cioè in cui entrano a far parte dell'edificio, e conseguentemente ne modificheranno, riducendole, le prestazioni.

E, per effetto indotto, anche l'organismo edilizio risentirà della caduta di queste, compromettendone interi sistemi tecnologici (ad esempio serramenti oppure impianti) o ancor prima mettendone fuori uso intere parti funzionali (ad esempio ambienti singoli o unità). Ciò è in grado di produrre conseguenti effetti gestionali, tali da arrecare disagi all'utenza, il più delle volte difficilmente quantificabili o eliminabili.

Questa esigenza di conoscenza e controllo sui materiali e componenti chiama in causa *tutti gli*

*attori del processo.* Proprietari e committenti, utenti, progettisti, ma anche produttori e assemblatori, assicuratori, valutatori e manutentori: tutta la catena, in pratica, che inizia con chi sintetizza i materiali fino a chi verrà nominato in qualità di manutentore (Fig. 2.102).

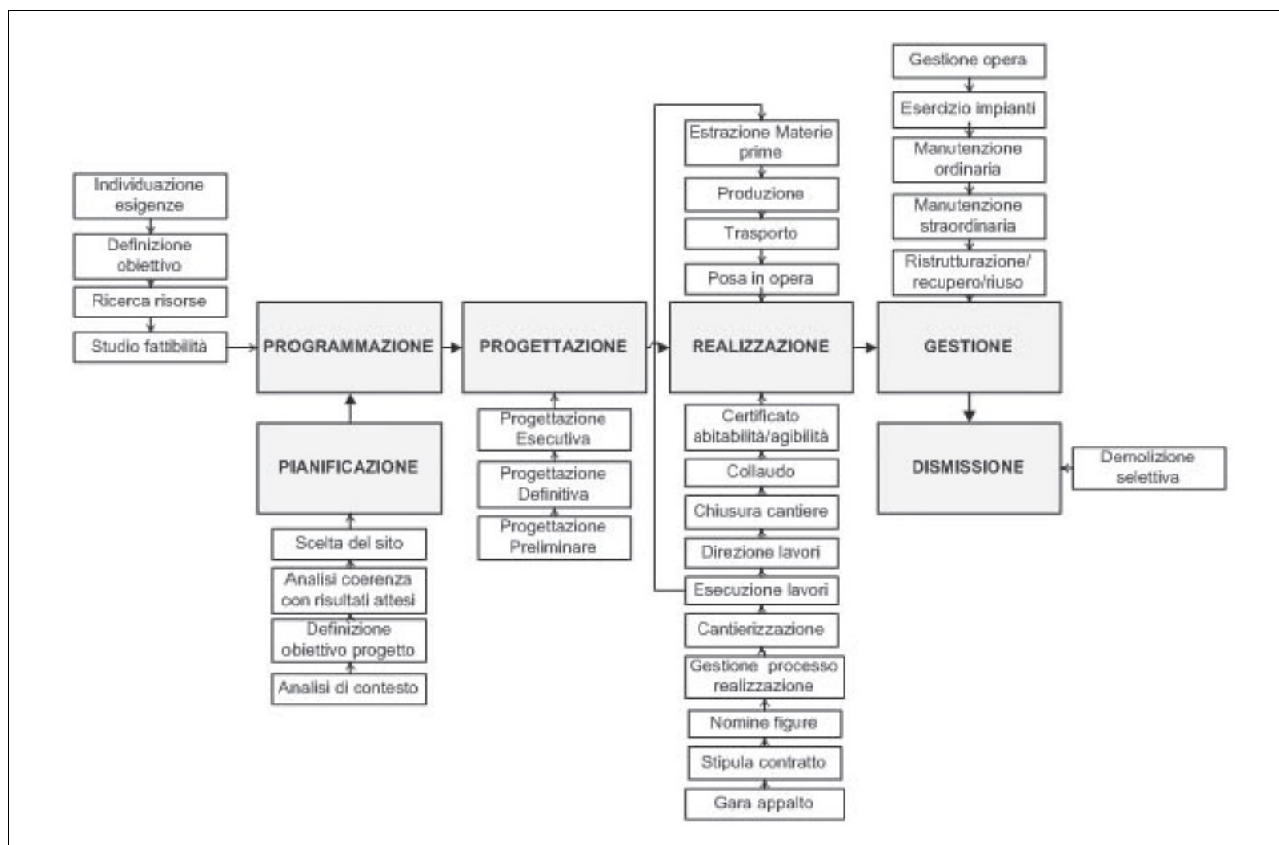


Fig. 2.102 - Diagramma di flusso del ciclo di vita dell'edificio (Milano P., 2010)

### 2.3.2.2 Service Life Approach, LCA e LCC

La *durabilità dei componenti edilizi* è un requisito relativo al comportamento nel tempo dei componenti edilizi ed è definito in Italia dalla norma UNI 11156, “Valutazione della durabilità dei componenti edilizi”. La *Durabilità* è la capacità da parte di opere, prodotti e materiali di mantenere nel tempo, entro limiti accettabili per le esigenze di servizio, i valori dei livelli prestazionali e delle caratteristiche funzionali (Daniotti B., 2012). I parametri di valutazione della durabilità sono:

- ♣ *Durata o Vita utile (Service life):* periodo di tempo dopo l’installazione durante il quale l’edificio o le sue parti mantengono livelli prestazionali superiori o uguali ai limiti di accettazione (Fig. 2.103, Fig. 2.104)
- ♣ *Affidabilità:* probabilità che l’elemento tecnico o il sistema funzioni senza guastarsi ad un livello predisposto, per un certo tempo  $t$  (che va dal tempo zero, momento in cui il componente viene installato e messo in opera, al tempo di fine vita utile del componente stesso in esercizio, ad esempio nelle fasi di progettazione, realizzazione e gestione) dell'edificio nel quale è inserito e in predeterminate condizioni ambientali.

In altre parole, la propensione prestazionale del componente studiato in relazione al requisito di durabilità si deduce dalla conoscenza della sua durata, o *vita utile*, accompagnata dalla *affidabilità*

del componente stesso.

L'elemento tecnico subisce una naturale *caduta prestazionale nel tempo* (Fig. 2.103) in relazione anche alla vita utile propria dei materiali impiegati per realizzarla, alla loro messa in opera e all'interfaccia che si crea tra i differenti materiali della stratigrafia realizzata. Oltre un certo limite di soglia la prestazione del componente raggiunge valori sotto i quali non è più in grado di dare una risposta efficace in relazione alla funzione richiestagli e decretando così la sua fine di vita utile.

Ponendosi in linea con la ISO 15686, *Buildings and constructed assets. Service life planning*, che fornisce il quadro generale a livello internazionale in merito alla valutazione e alla gestione della vita utile dell'edificio, la UNI 11156 definisce appunto questa durata o vita utile del componente (*Service life*) come il periodo di tempo dopo l'installazione durante il quale l'elemento tecnico mantiene livelli prestazionali superiori o uguali ai limiti di accettazione definiti in relazione al soddisfacimento delle funzioni richiestegli e alle esigenze espresse dall'utenza, e considerando un livello di manutenzione minimo assimilabile alle operazioni di manutenzione ordinaria che normalmente si effettuano sempre durante il periodo di uso e gestione del manufatto edile.

La valutazione della vita utile (*Service life*) trova nel valore della cosiddetta "durata spontanea" il dato di input per la sua valutazione: questa durata è quindi quella ottenuta sperimentalmente attraverso prove di invecchiamento sotto l'azione di agenti sollecitanti. Inoltre la Service Life si articola poi in una valutazione di "vita utile di riferimento" (*Reference service life*) (Fig. 2.105) e di "vita utile stimata" (*Estimated service life*), a seconda di chi effettua la valutazione e di quale obiettivo si pone. La valutazione della "vita utile di riferimento" è infatti per lo più indirizzata a quegli Enti preposti al controllo della durabilità degli elementi tecnici nella fase di produzione e in particolar modo per la certificazione di durabilità dei prodotti, che si vuole inserire come ulteriore prova da effettuare da parte dei produttori per l'ottenimento del marchio CE (Direttiva CEE 89/106).

La valutazione della propensione all'affidabilità del componente edilizio (Daniotti B., 2012) si effettua attraverso:

- ⤴ Affidabilità esecutiva AE: grado di prevedibile rispondenza dell'esecuzione del componente alle intenzionalità di progetto. E' un indice dell'imprecisione prevedibile nella messa in opera del componente.
- ⤴ Affidabilità inerente AI: grado di non uniformità di variazioni dimensionali tra gli elementi funzionali del componente durante il suo esercizio a fronte del contesto sollecitante. E' un indice di perdita di integrità funzionale del componente in esercizio.
- ⤴ Affidabilità critica AC: grado di incompatibilità chimico-fisica che caratterizza i diversi materiali che costituiscono gli elementi funzionali di un componente. E' un indice di rischio di precoce perdita di integrità strutturale del componente.
- ⤴ Affidabilità funzionale AF: grado di equilibrio nella distribuzione delle funzioni analitiche negli elementi funzionali del componente valutabile attraverso l'esame del modello funzionale del componente. E' indice di affaticamento cui il componente si troverà ad essere soggetto nella sua fase di esercizio.



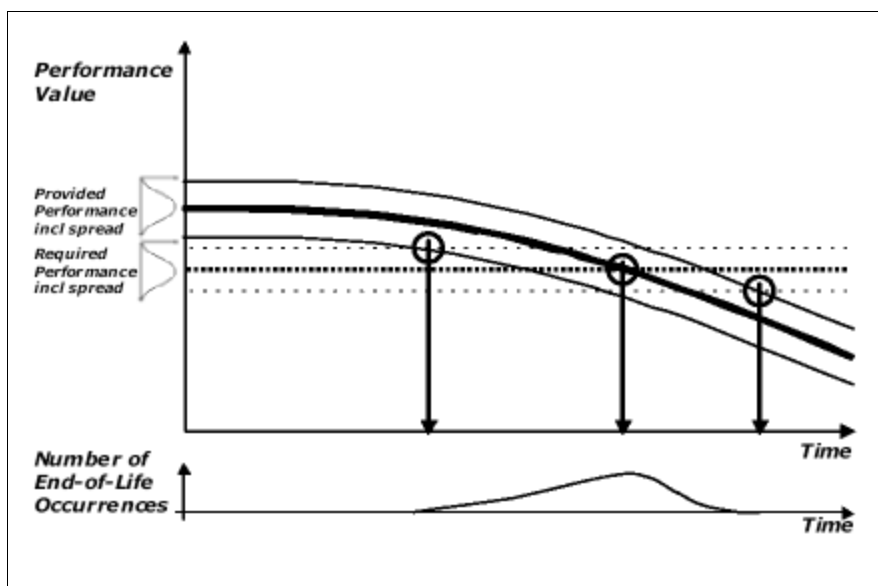


Fig. 2.103 - Andamento nel tempo dei livelli prestazionali (esemplificativo) (Daniotti B., 2012)

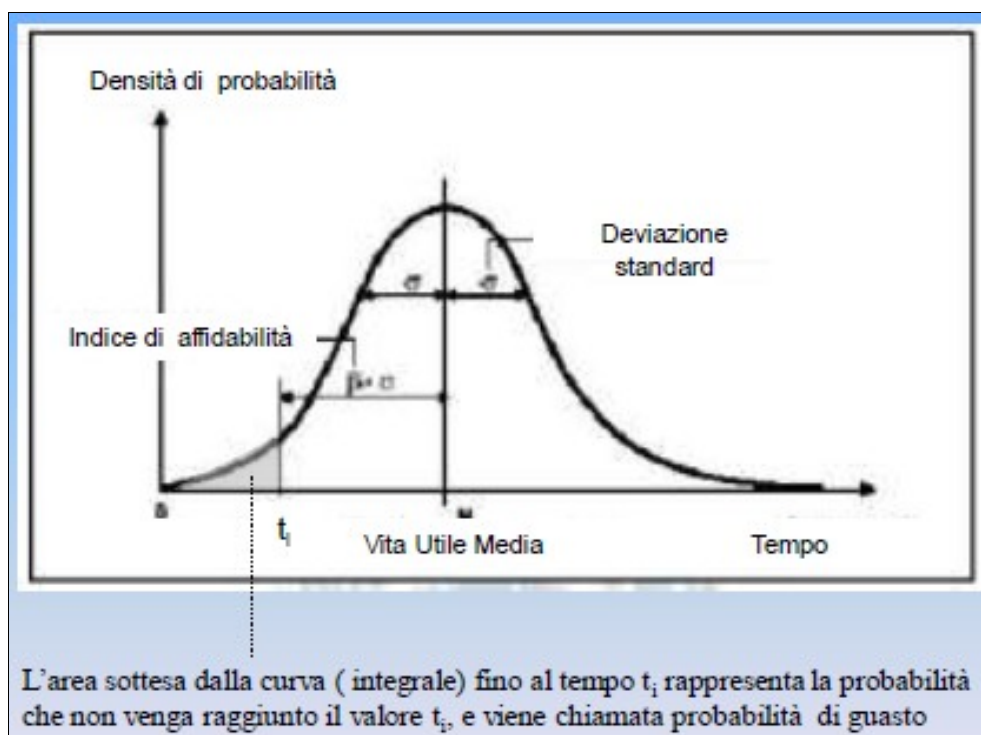


Fig. 2.104 - Densità di probabilità relativa alla vita utile (Daniotti B., 2012)

Nella norma UNI 11156 "La durabilità dei componenti edilizi", in particolare nella parte 3, è indicata la "Metodologia per la valutazione della durata (vita utile)", ovvero: la metodologia per la determinazione sperimentale della vita utile di riferimento di un elemento tecnico e i metodi per la stima della vita utile in condizioni di progetto (metodo fattoriale, metodi ingegneristici, metodi stocastici) (Daniotti B., 2012) (Fig. 2.106)

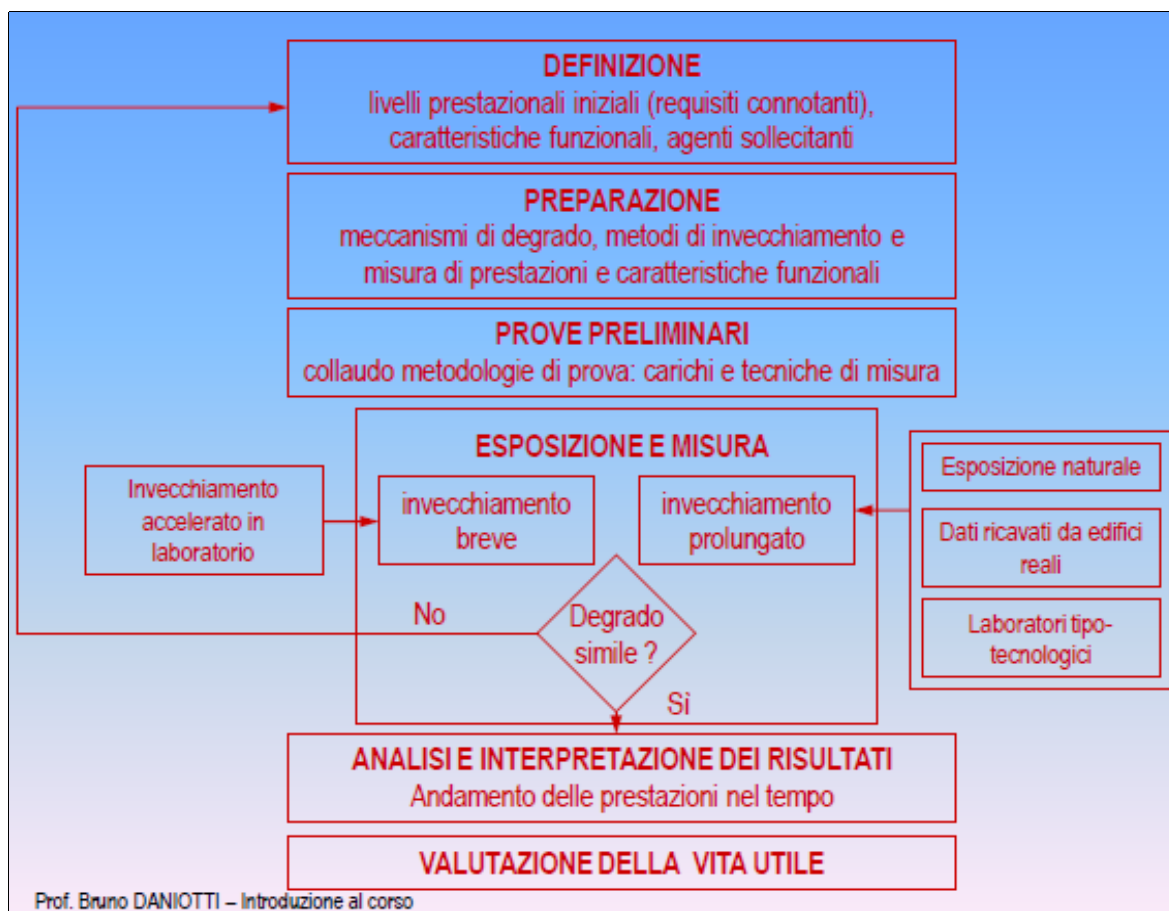


Fig. 2.105 - Valutazione della vita utile di riferimento di un componente edilizio (Daniotti B., 2012)

**ESL = RSL \* A \* B \* C \* D \* E \* F \* G**

AGENTI		ESEMPI DI CONDIZIONI RILEVANTI	
Agenti legati alla qualità intrinseca del componente	A	Qualità del componente	Fabbricazione, stoccaggio, trasporto, ...
	B	Qualità di progettazione	Protezioni da altre parti dell'edificio, ...
	C	Qualità di esecuzione	Qualità della manodopera, condizioni climatiche durante l'installazione, ...
Ambiente	D	Ambiente interno	Aggressività dell'ambiente, ventilazione, condensazione, ...
	E	Ambiente esterno	Altezza dell'edificio, micro-ambiente, ...
Utilizzo	F	Condizioni d'uso	Impatti meccanici, tipologia di utenza, ...
	G	Livello di manutenzione	Qualità e frequenza della manutenzione, accessibilità, ...

Fig. 2.106 - Il metodo fattoriale (Daniotti B., 2012)

Nella Direttiva CEE 89/106 sui prodotti da costruzione è definita la "Working Life" del prodotto, come il periodo di tempo durante il quale le prestazioni del prodotto stesso sono mantenute ad un livello tale da consentire alle opere, correttamente progettate ed eseguite, di soddisfare i sei Requisiti Essenziali della Direttiva. La Working Life (Fig. 2.107) dipende dalla durabilità spontanea dei prodotti sottoposti agli agenti, e dalla manutenzione normale (ordinaria), escludendo le operazioni di riparazione straordinaria.

Durata prevista per l'edificio		Working life dei prodotti della costruzione (anni)		
Classe	Durata (anni)	Facilmente riparabile o sostituibile	Riparabile o sostituibile meno facilmente	Durata dell'opera
Breve	10	10	10	10
Media	25	10	25	25
Normale	50	10	25	50
Lunga	100	10	25	100

Fig. 2.107 - Relazione tra durata prevista per l'edificio e working life dei prodotti da costruzione (Daniotti B., 2012)

L'approccio *Service Life* è strettamente collegato al *LCA (Life Cycle Analysis)* per la sua estensione alla vita (Lavagna M., 2008) dell'edificio (Fig. 2.108), pertanto imprescindibile da una dimensione temporale, che orienta la progettazione ad una cosiddetta *perspective vision*. Ma è strettamente legato anche al *LCC (Life Cycle Cost)*, in quanto fortemente dipendente dai processi di produzione industriale e dai loro rapporti con il mercato. Ed, infatti, è proprio per ragioni di costo che l'approccio *Service Life* è ritenuto fondamentale in una *gestione consapevole e responsabile del processo edilizio*. L'esperienza nel settore ha dimostrato che l'assenza di scelte attente sotto questi aspetti in fase di progettazione, per gli elevati "rischi tecnici", viene pagata successivamente dal proprietario dell'immobile, in alti costi gestionali, oltre che dall'utenza, come prima si è accennato, in termini di riduzione negli anni della qualità della fruizione. Si tratta di un approccio, pertanto, che va anche oltre il trinomio "Tempi, Costi, Qualità" riferito solitamente alla fase di progettazione, estendendosi a tutte e tre le fasi canoniche del processo edilizio: progettazione, costruzione e gestione.

Massima manutenibilità, durabilità dei materiali e dei componenti, sostituibilità ed upgrading degli elementi, compatibilità dei materiali ed agevole controllabilità delle prestazioni nel tempo sono, pertanto, gli aspetti con i quali un approccio *Service Life* deve confrontarsi, integrandosi, questo, necessariamente, nel processo di progettazione.

Fasi del Ciclo di Vita	Origine dei dati	Programmazione della Vita Utile e LCA
Estrazione materie prime	Dati LCA forniti dai produttori	<b>Consumo di Materiali e di Energia</b>
Produzione		
Costruzione	Dati LCA previsti	Scenari programmati: trasporto, costruzione
Gestione		Scenari programmati: durate, manutenzione
Fine di Vita		Consumo stimato di Materiali e di Energia nelle fasi di Costruzione e di Gestione: Valutazione di sostenibilità ambientale dell'Intervento

Fig. 2.108 - Life Cycle Analysis e Durabilità (Daniotti B., 2012)

### 2.3.2.3 Integrazione dell'approccio Service Life nella progettazione

Un'attività, è quella della progettazione, in cui occorrerà definire, come la stessa norma ISO 15686 – 1 parte raccomanda, nella scelta dei materiali, un *set di materiali e componenti bilanciato* tra quelli dalle prestazioni note attraverso test e/o misurazioni, e quelli innovativi potenzialmente in grado di raggiungere migliori performances di quelli tradizionali, ma non riscontrate nei dati service life disponibili. Ciò affinché gli *attori del processo* possano assumere le migliori decisioni consapevoli nella programmazione della manutenzione, nella pianificazione dei costi e nell'ingegnerizzazione del valore. (Fig. 2.109)

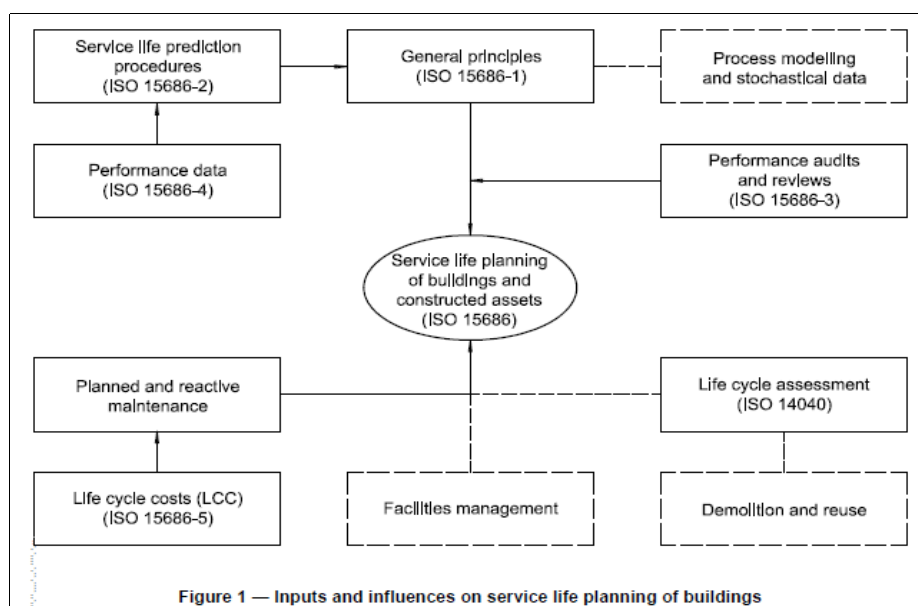


Fig. 2.109 - Input e ricadute sulla progettazione degli edifici basata su un approccio Service Life, secondo la ISO 15686

### 2.3.2.4 Problemi dell'Approccio Service Life

Certamente, la vita giovane di questo approccio (la prima versione della norma risale al 2000), non essendo ancora disponibile una vasta letteratura sull'applicazione, non agevola il lavoro di chi impiega la metodologia.

La difficoltà di creare, reperire e alimentare *banche dati sulla durabilità e affidabilità nel tempo di materiali e componenti*, per motivi di mancanza di reti e di promotori di queste iniziative, ma anche di database che descrivono i feedback dell'approccio nella comune pratica edilizia, non facilitano la diffusione dell'impiego di questa metodologia né l'aumento dei casi di successo.

Inoltre, l'integrazione con nuovi approcci alla progettazione (Fig. 2.110) e alla costruzione, quale quello teso al risparmio e all'efficienza energetica, così come alla limitazione nell'uso di risorse, per i quali la *Service Life Prediction* si rivela particolarmente strategica, rendono di contro ancor più complessa la pratica e la sperimentazione in questo senso.

Maggiori investimenti, aumento delle competenze nell'ambito dei professionisti, dei ricercatori e dei produttori, saranno sempre più necessari per testare l'efficacia della metodologia, così come per il suo sviluppo, e perché nel panorama edilizio si inizino a vederne gli effetti positivi.

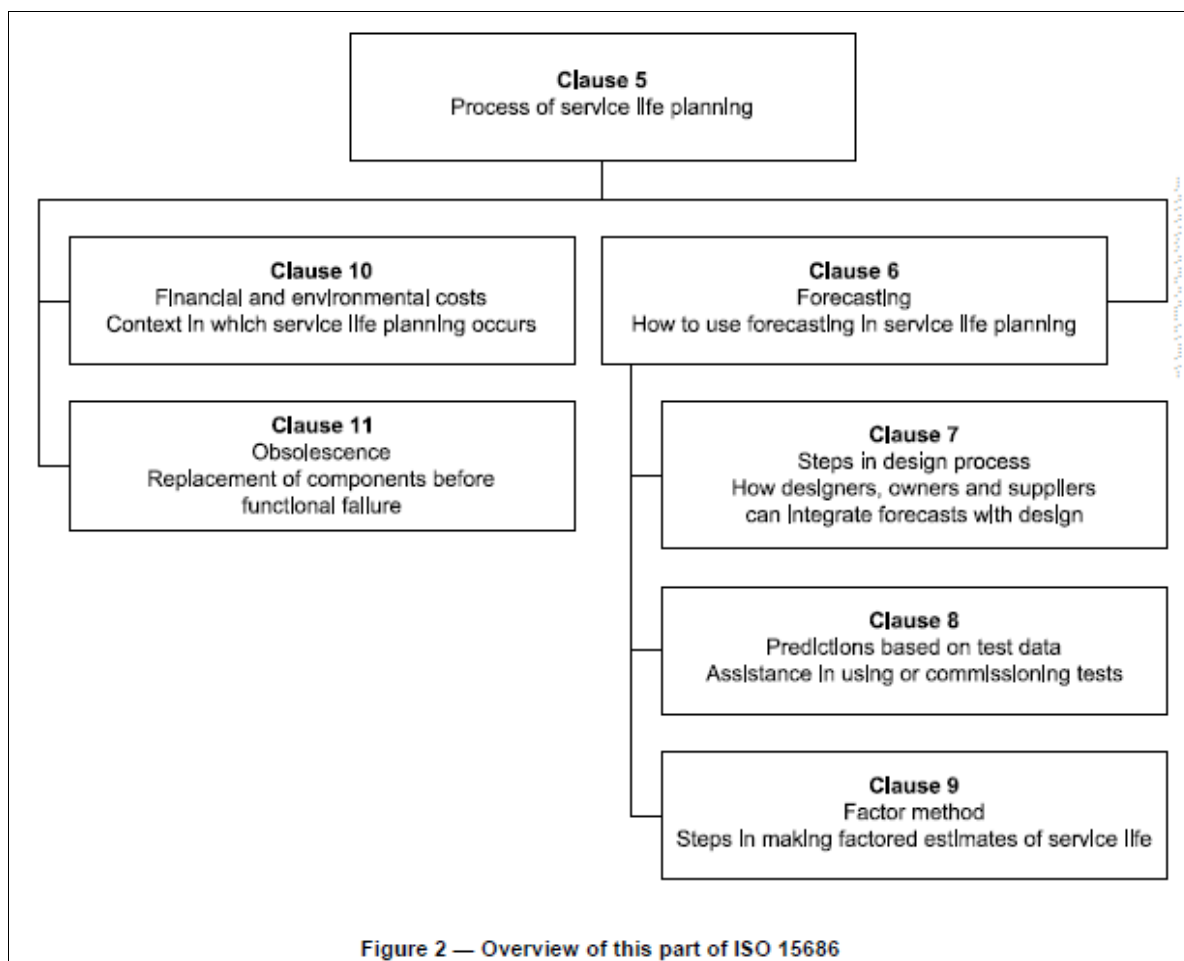


Fig. 2.110 - Schema di applicazione alla fase progettuale dell'approccio basato sulla Service Life, secondo la ISO 15686

### 2.3.2.5 Attività a supporto dello sviluppo dell'approccio Service Life

Tra i soggetti che maggiormente si stanno adoperando per il superamento degli ostacoli che ad oggi non hanno consentito il pieno sviluppo delle metodologie Service Life e un'implementazione diffusa dello Standard, è attivo il Gruppo di lavoro rappresentato dalla Commissione CIB (International Council for Building) W80, coordinato dal Prof. Bruno Daniotti del Politecnico di Milano e dal Dr. Ing. Wolfram Trinius.

Tra gli obiettivi della Commissione è offrire *strumenti e metodi agli attori del processo edilizio*, a partire dall'individuazione delle *informazioni e dal reperimento dei dati* a loro necessari a supporto delle decisioni e delle scelte consapevoli dei prodotti da impiegare prediligendo il criterio della durabilità. Ma la Commissione è anche impegnata a sviluppare banche dati internazionali, a ricercare metodi per adattare le informazioni disponibili nei processi, ad individuare i gap e a promuovere iniziative rivolte agli operatori del mercato delle costruzioni, e costruire sinergie e interazioni tra essi.

### **2.3.2.6 Lo stato dell'applicazione delle metodologie Service Life in particolare nei metodi di valutazione e gestione della sostenibilità nelle costruzioni**

Tra i punti nodali da sviluppare nei prossimi anni, secondo la comunità scientifica internazionale, rientra la diffusione dell'approccio Service Life in particolare nell'ambito delle metodologie e protocolli commerciali per la valutazione della sostenibilità nelle costruzioni esistenti a livello nazionale europeo ed extraeuropeo e sulle future opportunità di applicazione.

Ciò a partire dalla ricerca delle relazioni con gli aspetti ambientali, economici e sociali, mirata alla sua integrazione nei processi decisionali, approfondendo in particolare gli aspetti legati alla previsione delle emissioni e costi relativi, alla valutazione delle proprietà tecniche e/o prestazionali, alla misurazione e gestione della qualità del processo.

In particolare, nella riunione tenutasi il 19 ottobre 2011 ad Helsinki, nell'ambito della World Sustainable Building Conference – SB11, cui hanno partecipato rappresentanti dei diversi comparti del settore delle costruzioni (dai ricercatori ai valutatori, ai progettisti, ai produttori) di provenienza internazionale, sono emersi una serie di contenuti interessanti.

Si è appurato infatti come alcuni protocolli per la valutazione della sostenibilità delle costruzioni, quali i tedeschi DGNB e BNB, ma anche gli americano ed inglese LEED e BREEAM, contengano già applicazioni della Service Life methodology come elemento della LCA (al variare dei valori di riferimento) e LCC, incorporate nella procedura di assessment. Si è pure sottolineato come in qualità di contributo alla definizione di indicatori della qualità tecnica, l'approccio Service Life non esprima una qualità diretta, ma rientri nella LCC analysis.

### **2.3.2.8 Gli sviluppi futuri dell'approccio Service Life in relazione agli standard di valutazione della sostenibilità**

Tra gli obiettivi condivisi dal gruppo di lavoro del CIB, finalizzati alla programmazione delle attività del prossimo futuro, rientra il proseguimento della raccolta di informazioni su come la metodologia Service Life sia utilizzata nei *metodi di valutazione della sostenibilità*, ma anche la segnalazione e messa in comune di esperienze, l'individuazione dei punti di forza, dei potenziali miglioramenti e dei requisiti per progredire, ed infine l'identificazione di nuovi campi di azione per il CIB W80.

In realtà, l'integrazione dell'approccio “Service Life” nel processo di standardizzazione dei metodi di valutazione della sostenibilità nelle costruzioni non solo è stata già verificata come fattibile, ma è stata già avviata.

Come evidenziato nella figura successiva (Fig. 2.111), l'impostazione della *procedura multi-step del CEN / TC 350* è basata infatti sul concetto che combina approcci validati nei contesti della “sustainability in building construction” (ISO 15392: 2008), “service life planning” (ISO 15686) e anche “performance based building”.

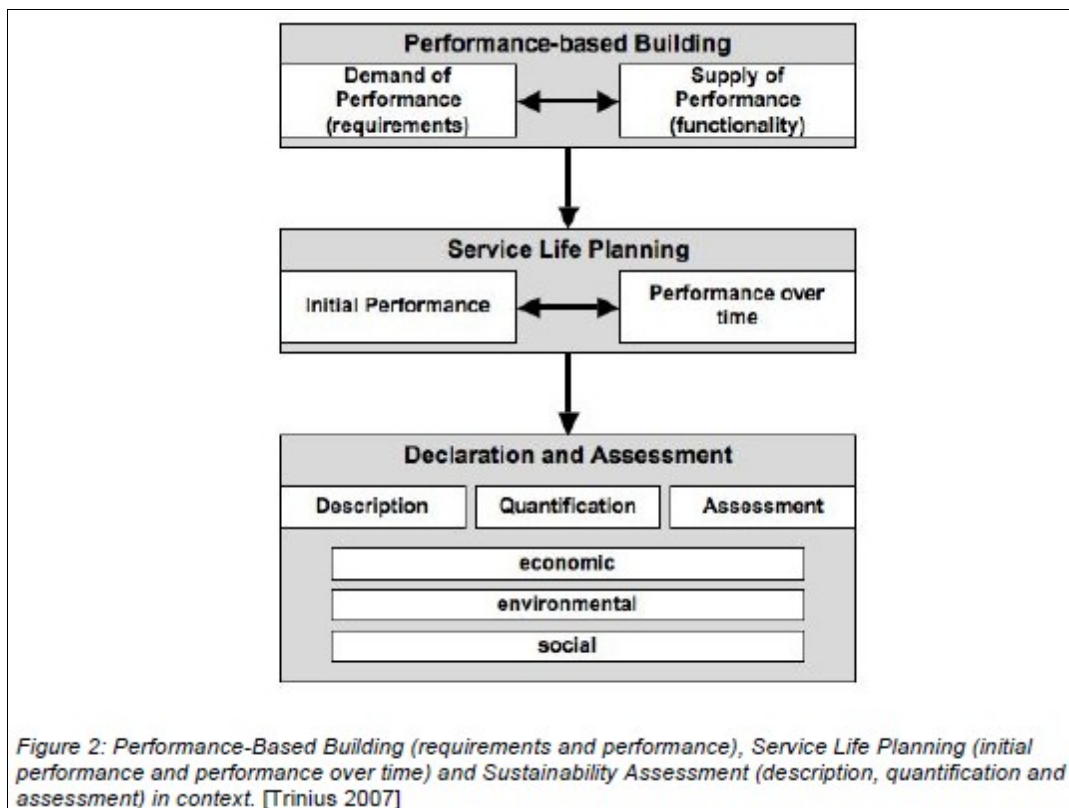


Fig. 2.111 - Relazione tra la costruzione basata orientata a requisiti e prestazioni, la pianificazione della Service life e la valutazione economica, ambientale e sociale ( Ilomäki A., Lützkendorf T., Trinius W., 2008)

Inoltre, nello standard EN 15804 (Fig. 2.112) in vigore, che detta le regole per i contenuti della EPD (Dichiarazione Ambientale di Prodotto) da utilizzare nella procedura di valutazione degli impatti ambientali dell'edificio, la RSL (*Reference Service Life*) è uno dei parametri richiesti.



**Table 8 — Reference Service Life**

Parameter	Parameter unit expressed per functional/declared unit
Reference Service Life	Years
Declared product properties (at the gate) and finishes, etc.;	Units as appropriate
Design application parameters (if instructed by the manufacturer), including the references to the appropriate practices;	Units as appropriate
An assumed quality of work, when installed in accordance with the manufacturer's instructions;	Units as appropriate
Outdoor environment, (for outdoor applications), e.g. weathering, pollutants, UV and wind exposure, building orientation, shading, temperature;	Units as appropriate
Indoor environment (for indoor applications), e.g. temperature, moisture, chemical exposure;	Units as appropriate
Usage conditions, e.g. frequency of use, mechanical exposure;	Units as appropriate
Maintenance e.g. required frequency, type and quality and replacement of replaceable components.	Units as appropriate

Fig. 2.112 - Parametri per la RSL indicati nello standard europeo EN 15804 (Lützkendorf T., 2012)

### 2.3.3 Standard europei per la valutazione di sostenibilità degli edifici e prossimi sviluppi

#### 2.3.3.1 Approccio sistemico e stakeholders

Gli edifici sono parte dell'ambiente edificato urbano, ma per valutarne e confrontarne la sostenibilità è importante, secondo la visione condivisa nell'ambito del CEN / TC 350, avere un quadro chiaro, complessivo ed integrato, a partire dal singolo edificio, in termini di prestazioni ambientali, sociali ed economiche.

Secondo il principio fondamentale della sostenibilità, è necessario che tutte e tre queste dimensioni siano analizzate in parallelo, ovvero con *approccio sistemico*.

Oltre a queste assunzioni di base, lo sviluppo degli standard europei è basato anche sulla considerazione delle esigenze degli *stakeholders*, come intese nel contesto delle politiche comunitarie, le quali, declinate secondo le componenti della sostenibilità (ambiente, economia, società), vengono così a riassumersi:

- ▲ allineamento del mercato interno (*produttori – ambiente*)
- ▲ ottimizzazione delle scelte economiche del consumatore (*investitori - economia*)
- ▲ miglioramento delle condizioni sanitarie interne (*utenti - società*).

Nei successivi paragrafi questi gruppi di esigenze vengono approfonditi, per meglio inquadrare l'ambito degli obiettivi assunti nell'attività dei gruppi di lavoro impegnati negli standard per la valutazione della sostenibilità in edilizia e le ragioni delle scelte già condivise, in funzione delle priorità di sviluppo del mercato interno europeo degli anni in corso.

### 2.3.3.2 Allineamento nel mercato interno

Al fine di evitare potenziali ostacoli tecnici agli scambi nel mercato interno, il Comitato 350 tecnico ha ritenuto una condizione indispensabile disporre di un *linguaggio comune armonizzato*, cioè una metodologia con indicatori fondamentali, condivisa tra tutti le parti interessate nel settore dell'edilizia. Ciò, tenendo conto del pregresso costituito dai sistemi nazionali volontari attivi negli Stati membri dell'UE sia di dichiarazione delle informazioni ambientali relative ai prodotti sia i protocolli di valutazione della sostenibilità degli edifici e del fatto che ad oggi non esistono obblighi in tal senso, né riguardo al prodotto né all'intero edificio.

In questo quadro, è però già aperto il dialogo con l'industria, che interagisce con una domanda già avviata nel mercato dai diversi protocolli esistenti, la quale esercita su di essa *pressioni che si tramutano in costi per i disallineamenti* tra i protocolli esistenti e la conseguente mancanza di regole e schemi di informazione condivisi e unificati.

Una situazione, quella descritta, che si ripercuote anche sul mancato sfruttamento del potenziale delle norme comunitarie in materia di appalti pubblici, le quali, pur prevedendo la possibilità di includere requisiti per le prestazioni ambientali di un prodotto nei capitolati d'onori, non vedono la completa applicazione.

### 2.3.3.3 Ottimizzazione delle scelte economiche del consumatore

Secondo la Commissione europea COM(2004)60 "Verso una strategia tematica dell'ambiente urbano" l'ambiente costruito utilizza il 50% in peso dei materiali estratti dalla crosta terrestre. Durante il loro ciclo di vita (Danioiti B., 2012) gli edifici rappresentano il maggiore consumatore dell'energia in Europa con la quasi la metà dell'energia primaria complessiva.

Allo stesso tempo, gli edifici generano circa il 40% delle emissioni di gas serra in Europa. Inoltre i rifiuti prodotti dai materiali da costruzione, durante le fasi di costruzione e demolizione sono costituiscono il 25% di tutti i rifiuti prodotti in Europa.

Il settore dell'edilizia storicamente per il suo impatto economico è storicamente la maggiore fonte di ricchezza, essendo produttore di circa il 10% del PIL dell'UE e nella maggior parte dei paesi europei il patrimonio edilizio costituisce più della metà della ricchezza nazionale.

Se valutati in fase di progettazione, *i costi del ciclo di vita per tutta la durata della costruzione possono fare una grande differenza* per orientare le scelte del consumatore.

### 2.3.3.4 Miglioramento delle condizioni sanitarie interne

In Europa la popolazione trascorre quasi il 90% del tempo all'interno degli edifici e il microclima interno ha una grande impatto sulla salute e sul comfort degli utenti dell'edificio.

Secondo un rapporto dell'OCSE, i livelli di molte sostanze inquinanti nell'aria interna sono 2 volte e mezzo superiori rispetto ai livelli di quella esterna.

Sebbene l'edificio le norme vigenti in taluni Stati membri definiscono le condizioni sanitarie minime, è essenziale disporre di una metodologia armonizzata europea di valutazione e di indicatori adeguati per descrivere le prestazioni comfort e salubrità degli ambienti interni.

Al fine di valutare le prestazioni integrate degli edifici è necessario considerare un edificio come un organismo cui attribuire prestazioni richieste e funzioni da svolgere.

Il cliente fissa i livelli delle prestazioni (requisiti) e della funzionalità.

Di conseguenza, durante il suo ciclo di vita, dalla fornitura di materie prime di prodotti da costruzione allo smaltimento finale dei componenti della costruzione, un edificio ha tanto degli *impatti ambientali ed economici*, quanto *impatti sulla salute e sul comfort degli utenti*.

### 2.3.3.5 Nuovi obiettivi per lo sviluppo degli standard europei

Dal primo mandato della Commissione Europea del 2004, l'attività del CEN / TC 350 (Grosso M., 2008) si è svolta intensamente e, man mano che si avviava lo sviluppo di nuovi standard, venivano istituiti i gruppi di lavoro dedicati. Ad oggi, risultano essere stati attivati i seguenti gruppi, per le rispettive attività sotto riportate:

- ▲ CEN/TC 350 : TG Framework  
Revisione General Framework e aggiornamento Business Plan
- ▲ CEN/TC/WG1 : Environmental performance of buildings  
Revisione Standard in coordinamento con WG3
- ▲ CEN/TC WG2 : Building life cycle description
- ▲ CEN/TC WG3 : Product Level (EPD's, communication formats etc)  
Revisione Standard in coordinamento con WG1
- ▲ CEN/TC WG4 : Economic Performance Assessment of Buildings  
Sviluppo Standard (Indicatori e metodologia di calcolo)
- ▲ CEN/TC WG5 : Social Performance Assessment of Buildings  
Sviluppo Standard (Indicatori e metodologia di calcolo)
- ▲ CEN/TC WG6 : Civil Engineering works (NEW)  
Sviluppo Framework speciale e contributo Revisione General Framework.

In previsione dell'imminente prossimo mandato della Commissione Europea al CEN, per lo sviluppo delle attività che impegneranno il TC 350 per i prossimi anni, le discussioni più recenti hanno avuto per temi i seguenti argomenti, evidenziandone le possibili implicazioni:

- ▲ **Framework for Environmental/Social/Economic Performance:** Possibilità di combinarli in un unico Framework, per facilitarne l'applicazione da parte del valutatore.  
Problemi: coesistenza di indicatori e categorie / aspetti; gli Standard più giovani (performance economico e performance sociale) hanno aperto nuovi orizzonti; solo alcuni indicatori sono già in uso nel mercato.  
Possibile soluzione: lista di aspetti (basket) definiti, che vengono declinati con indicatori più adatti alle diverse esigenze nazionali e casi.
- ▲ **EPD:** Ancora coesistono tanti tipi nel mercato e si avverte la difficoltà da parte dei piccoli / medi produttori di adeguarsi allo standard europeo.
- ▲ **Implementazione nazionale:** L'UE preme con direttive ma il recepimento è ancora difficoltoso.
- ▲ **Integrazione con Direttive esistenti e CPR:** Occorrerà tener conto negli standard degli obiettivi e delle indicazioni, cercando di allinearsi ai prossimi sviluppi.
- ▲ **Metodi di valutazione degli indicatori:** Coesistono diversi metodi a livello nazionale che rendono i diversi risultati non confrontabili. Sussiste la difficoltà di reperimento dei dati e un problema di "consistency" almeno sui dati.

- ⤴ **Armonizzazione con Standard ISO:** E' stata attivata ed in particolare con il meeting di Singapore del settembre 2013 la collaborazione tra CEN e ISO è stata rafforzata.
- ⤴ **Ampliamento dei confini del sistema:** Gli standard che verranno definiti nei prossimi anni estenderanno i confini del sistema dal "building" ai "Construction works". Verranno presi in considerazione anche i gruppi di edifici. Pertanto, saranno attivati nuovi gruppi di lavoro: Civil engineering works, Urban planning e Communities.
- ⤴ **Nuove risposte (indicatori / tool) su nuovi temi:** Prevenzione disastri ambientali, Ecosistema, Microclima, Uso del suolo, Biodiversità, Ecotossicità, Efficienza energetica "in rete" sono aspetti dai quali la valutazione di sostenibilità dei lavori di costruzione non può prescindere e per i quali dovranno essere pertanto identificati nuovi indicatori.
- ⤴ **Sistemi rating esistenti:** Saranno intensificati gli incontri con i referenti e gli utilizzatori dei protocolli commerciali di sostenibilità nonché le presentazioni degli standard europei presso gli enti nazionali per accelerare la diffusione degli standard europei e l'allineamento degli schemi di certificazione locali.
- ⤴ **Pesi:** Per favorire la coerenza nel metodo di attribuzione, il CEN / TC 350 si occuperà di redigere delle Linee guida.
- ⤴ **Stakeholders:** Per favorirne il maggior coinvolgimento nella procedura di valutazione, il CEN / TC 350 si occuperà di redigere delle Linee guida.

In riferimento al primo punto, in particolare, il valore aggiunto dalla revisione dei 3 framework, secondo il gruppo di lavoro, potrebbe essere dato dal raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- ⤴ **Unicità** del documento, favorendone la comprensione e l'applicazione
- ⤴ Migliorare il **set** di principi, requisiti e aspetti per la valutazione
- ⤴ Incentivare la **promozione** dell'uso dello standard CEN / TC 350
- ⤴ Rispondere alla richiesta della Commissione EU di assicurare **coerenza** tra i contenuti degli standard
- ⤴ Migliorare la **chiarezza** degli standard esistenti
- ⤴ Far chiarezza su Impatti e Aspetti (**aggiornare**, aggiungere o eliminarne)
- ⤴ Aggiungere una lista informativa di indicatori usati nel **mercato** (evidenziando quelli identificati negli standard CEN / TC 350)
- ⤴ Riesame dello scope / assicurare che sia ancora **valido**.

### 2.3.3.6 Prossimi sviluppi degli standard di valutazione della performance ambientale

La revisione degli standard ambientali prevede, nei prossimi sviluppi, contributi alle seguenti questioni:

- ⤴ **Nuovi indicatori:** non si possono introdurre se non si sono introdotti prima a livello di prodotto (come EE)
- ⤴ **Edifici esistenti:** differenza con i nuovi per disponibilità maggiore di dati
- ⤴ **Refurbishment:** nuova valutazione in funzione di nuovo obiettivo o nuovo ciclo di vita
- ⤴ **Flessibilità:** In caso di cambio di funzione (es. dopo 20 anni) nuova valutazione se è cambiato il funzionale equivalente
- ⤴ **Land use:** possibili parametri:
  - percentuale di soil sealing (permeabile)
  - tipo di terreno (prima / dopo): necessità di definire categorie di terreni
  - terra contaminata, urbano non costruito, urbano costruito, aree per nuove edificazioni, aree

per agricoltura e foreste.

- ⤴ **Biodiversità:** possibili parametri:
  - percentuale di specie che scompariranno con la costruzione
  - durata conseguenze sull'ecosfera
- ⤴ **Ecotossicità:** tossicità a livello delle specie.

### 2.3.3.7 Prossimi sviluppi degli standard ambientali di prodotto

Nei prossimi sviluppi degli standard europei di prodotto è prevista la redazione di una Guida all'applicazione del EN 15804 (Guide for addressing environmental issues in product standards), ritenuta necessaria per facilitare la diffusione della EPD come intesa nella norma.

Le linee guida dovranno coordinarsi con i risultati dei lavori relativi agli standard di prodotto interessati:

- TC 33 Doors and Windows
- TC 88 Thermal insulation products
- TC 104 TC 229 concrete and precast concrete
- TC 155 plastic pipes
- TC 165 sewage products (waste water engineering)
- TC 175 sawn timber products.

E filtrate attraverso le seguenti norme internazionali:

- ISO 14025
- ISO 14040
- CEN/TC 15804.

La guida può costituire, secondo il gruppo di lavoro di riferimento, la base per la revisione dello Standard, per la quale si attende anche di raccogliere il feedback dei produttori che stanno applicando lo Standard.

### 2.3.3.8 La proposta di nuovo Business Plan alla Commissione Europea

Una proposta alla Commissione Europea di un nuovo Business Plan, in aggiornamento del primo, rispetto allo sviluppo delle attività affidate al CEN / TC 350 e ad oggi completate, nonché in recepimento delle novità legislative e regolamentari intervenute negli anni ma anche ai nuovi assetti dei mercati, è stata approvata nella seduta plenaria annuale del Comitato, tenutasi nel mese di Novembre 2013 a Parigi.

Il nuovo Business Plan, immediatamente dopo adottato dalla Commissione Europea, elenca le nuove attività di sviluppo degli standard assegnate dalla Commissione Europea ai gruppi di lavoro, per i prossimi anni, e contiene alcune novità di rilievo rispetto alla versione del 2004, di seguito riassunte:

- ⤴ **Scope:** Dal precedente ambito, quello dei "buildings", l'applicazione si estende ai "construction works", con introduzione dei "civil engineering works". Da "health and comfort", inoltre, il campo della seconda componente si estende a "social performance".
- ⤴ **Business environment:** sono aggiunti l'aggiornamento allo stato di fatto e gli obiettivi UE.
- ⤴ **Benefits:** dal miglioramento degli Standards esistenti sono attesi la coerenza dei dati e la comparabilità dei risultati delle valutazioni, al fine ultimo del superamento delle barriere nel

mercato interno e globale (CPR, ISO), sia per il private che per il public procurement. Un supporto alla resilience (cambiamenti climatici) sarà fornito anche dall'introduzione degli civil engineering works.

- ⤴ **Policies, economics, dynamics:** sarà potenziato il contributo degli standard come supporto strategico alle politiche di riduzione dell'inquinamento, dell'uso di risorse e occupazione e alle direttive (construction and demolition waste, zero energy...); all'attuazione degli accordi internazionali (Africa, Latin America) sui civil engineering works; alle strategie di qualità urbana.
- ⤴ **Barriers to trade:** il coordinamento con ISO sugli standard di prodotto e sullo sviluppo di quelli sulle opere civili favoriranno la libera circolazione nel mercato.
- ⤴ **Benefits expected:** trasparenza, chiarimenti, valorizzazione industria, informazioni per settori e applicazioni in corso di sviluppo, come il BIM.

Il piano di sviluppo degli standard prevede in sintesi le seguenti attività:

#### **Revisione standard esistenti (generale e edificio):**

- ⤴ Sustainability of construction works – Sustainability assessment of buildings and civil engineering works – General framework (common principles for the sustainability assessment of buildings and civil engineering works, as a revision of EN 15643-1)
- ⤴ EN 15643-2 Sustainability of construction works — Assessment of buildings — Part 2: Framework for the assessment of **environmental** performance
- ⤴ EN 15643-3 Sustainability of construction works — Assessment of buildings — Part 3: Framework for the assessment of **social** performance
- ⤴ EN 15643-4 Sustainability of construction works — Assessment of buildings — Part 4: Framework for the assessment of **economic** performance
- ⤴ Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – **Calculation** methods (a revision of EN 15978 to review the need to include additional indicators)

#### **Revisione standard esistenti (prodotto):**

- ⤴ Sustainability of construction works – **Environmental product declarations** – Methodology and selection for use of generic data (upgrading revision of CEN/TR 15941)
- ⤴ Sustainability of construction works – **Environmental product declarations** – Core rules for the product category of construction products (a revision of EN 15804 to review the need to include additional indicators)

#### **Nuovi standards:**

- ⤴ Sustainability of construction works – Sustainability of civil engineering works – Framework for **civil engineering works** (specific principles and requirements for the sustainability assessment of civil engineering works)

#### **Proposta di nuovi documenti (TR):**

- ⤴ Sustainability of construction works – Environmental product declarations - **Guidance** for

implementation of EN 15804

- ▲ Sustainability of construction works - Guidance on **weighting and benchmarking**
- ▲ Sustainability of construction works - **Sourcing of materials and services**
- ▲ Sustainability of construction works - **Stakeholder involvement**

## 2.3.4 Sostenibilità ambientale

### 2.3.4.1 Life Cycle Assessment (LCA)

#### 2.3.4.1.1 Integrazione della LCA nella valutazione ambientale degli edifici

Prassi comune di architetti e ingegneri nella progettazione di edifici sostenibili è la concentrazione su singoli aspetti quali l'efficienza energetica e idrica ed ancora oggi, nell'era dell'informazione, la tradizione, le convinzioni o le esperienze individuali sono molto spesso più prese in considerazione, nei processi decisionali, di tesi scientificamente fondate e risultati di valutazioni. Questa, in sintesi, l'assunzione fatta propria dai primi gruppi di lavoro che in Germania, non molti anni fa, si sono cimentati per primi, almeno in ambito europeo, nella definizione di un approccio nuovo rispetto al passato, ed introduzione nelle metodologie di valutazione della sostenibilità in edilizia: quello basato sull'intero *ciclo di vita* (Daniotti B., 2012) *dell'edificio*. (Fig. 2.113)

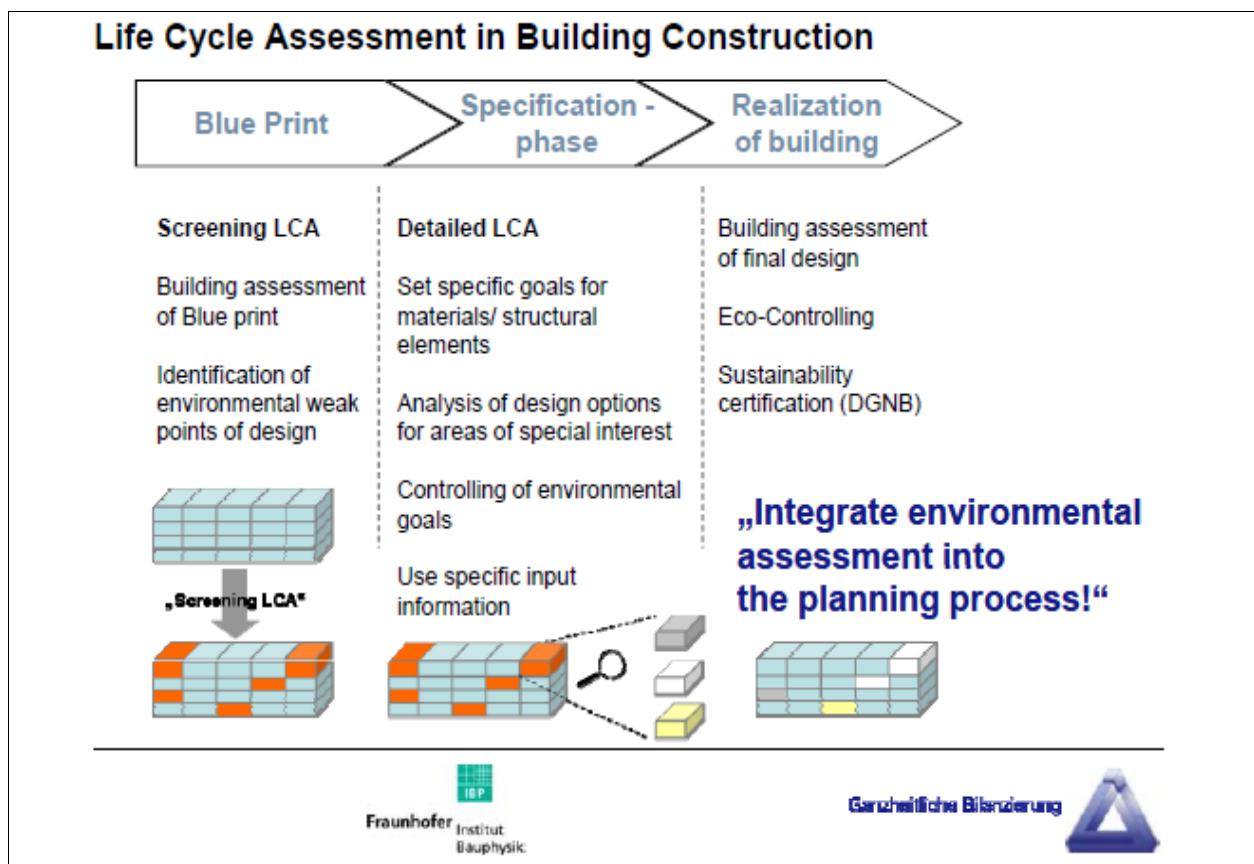


Fig. 2.113 - Schematizzazione dell'approccio che introduce il ciclo di vita nella valutazione della performance ambientale dell'edificio (Sedlbauer K., Fischer M., 2008)

Nel 2009, dopo che nel 2008 aveva sviluppato una prima versione di sistema di certificazione in collaborazione con il Ministero tedesco dell'Edilizia e dei trasporti, l'istituto nazionale tedesco DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen) per la valutazione della sostenibilità degli edifici ha introdotto un nuovo modo di quantificare le prestazioni ambientali di un edificio, basato sul Benchmarking e sull'approccio LCA, utilizzando indicatori di performance degli edifici. (Fig. 2.114 )

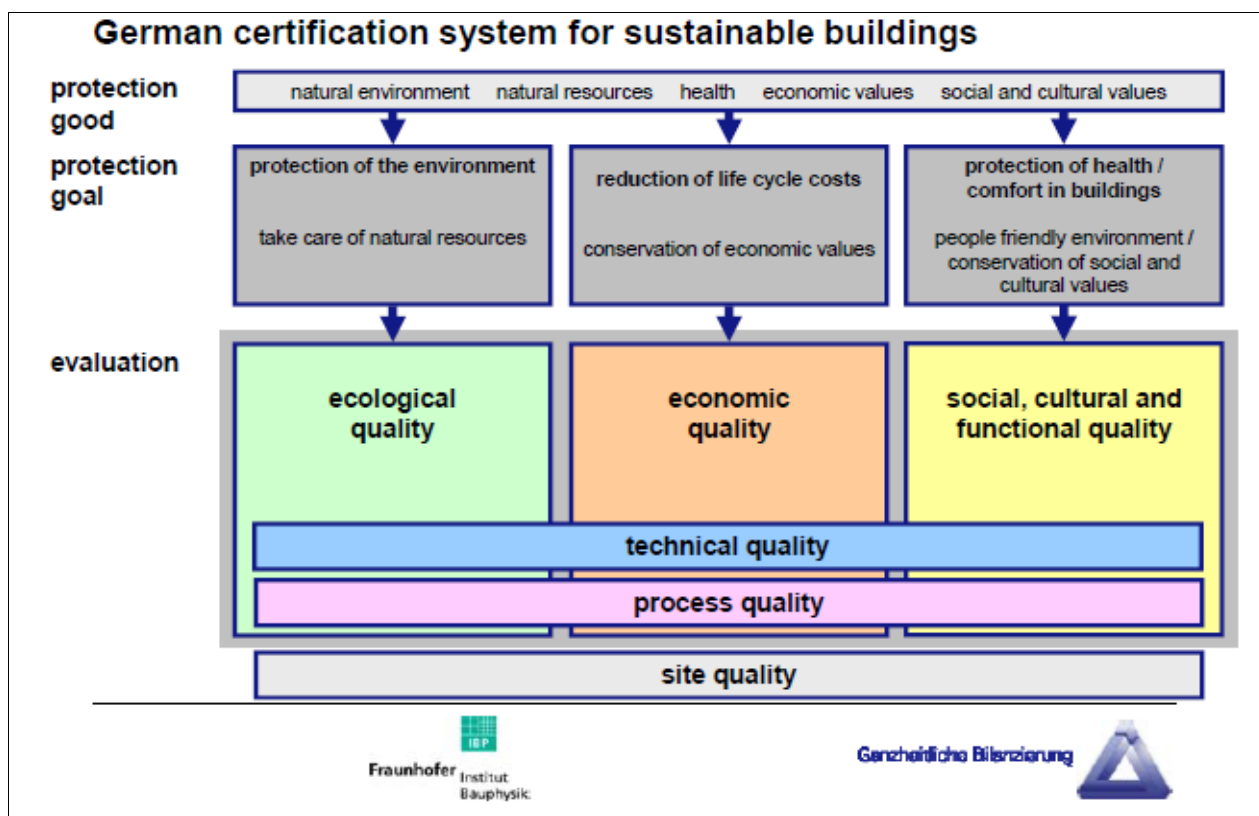


Fig. 2.114 - Aspetti sui quali si basa il metodo di valutazione di sostenibilità degli edifici del DGNB (Sedlbauer K., Fischer M., 2008)

La metodologia LCA pone in relazione causa ed effetto, definendo ingressi, uscite e risultati. Facendo un parallelo con i processi e le metodologie tipiche dell'economia, tale approccio viene sempre più ad articolarsi nella sequenza:

1. Impostazione di obiettivi strategici
2. Individuazione di parametri strategici
3. Definizione di un benchmarking delle prestazioni
4. Misurazione e monitoraggio delle prestazioni.

L'impostazione dei parametri di riferimento utilizzati, basati su banche dati LCA, beneficia dell'esperienza di valutazione, secondo il metodo DGNB, ad oggi di più di 150 edifici attraverso il processo di certificazione. Lo sviluppo di metodologie basate sul Life Cycle Assessment (LCA) è in realtà oggetto di studi da alcuni decenni, ma solo negli ultimi anni è diventato uno strumento importante per l'identificazione delle prestazioni ambientali e il miglioramento della sostenibilità



nelle costruzioni. Soprattutto in Germania, il motivo principale del suo sviluppo è la disponibilità ad oggi di consistenti banche dati LCA, che ha permesso la diffusione della Dichiarazione tedesca Ambientale di Prodotto (EPD) dei prodotti da costruzione gestita dall'Istituto per l'ambiente (IBU), su iniziativa del Ministero tedesco dell'Edilizia e Trasporti, che ha supportato lo sviluppo di un database denominato "Oekobau.dat". (Fig. 2.115)

Il database è disponibile al pubblico e contiene oggi più di 850 set di dati LCA relativi alla maggior parte dei prodotti da costruzione comunemente usati ed è in costante ampliamento.

In una prospettiva europea, in linea con le attività di normazione CEN e ISO nel contesto dell'edilizia sostenibile (CEN TC 350) e lo sviluppo della EN 15804 e la EN 15978, il Sustainable Building Council tedesco (DGNB) ha avviato lo sviluppo di una corrispondente banca dati europea. Il database "ESUCO" (European Database per l'edilizia sostenibile) è accessibile a tutti gli auditor internazionali DGNB.

In particolare, i profili ambientali dei prodotti considerati contengono i seguenti indicatori:

- ⤴ Potenziale di riscaldamento globale (GWP) in kg equivalenti di CO<sub>2</sub>
- ⤴ Potenziale di riduzione dello strato di ozono stratosferico (ODP) in kg CFC 11
- ⤴ Potenziale di acidificazione equivalente di terra e di acqua (AP) in kg equivalenti di SO<sub>2</sub>
- ⤴ Eutrofizzazione potenziale (EP) in kg (PO<sub>4</sub>)<sup>3</sup>
- ⤴ Potenziale di formazione di ossidanti fotochimici di ozono troposferico (POCP) in ingresso kg di Eteno equivalente
- ⤴ Input di energia primaria non rinnovabile in MJ, valore calorifico netto
- ⤴ Input di energia primaria rinnovabile in MJ, valore calorifico netto

Questa serie di indicatori è completata nel database Oekobau.dat o ESUCO e nelle dichiarazioni IBU da indicatori aggiuntivi, dal potenziale di riduzione abiotico per risorse fossili e non, da indicatori dei rifiuti, del consumo totale di acqua, ecc.

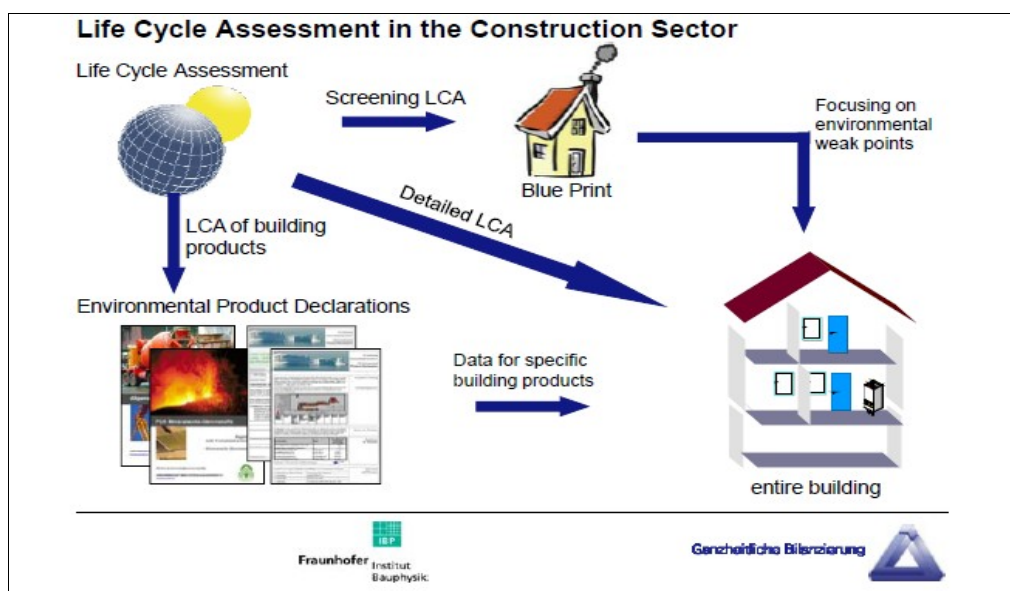


Fig. 2.115 - Integrazione delle dichiarazioni ambientali di prodotto nella valutazione basata sul ciclo di vita (Sedlbauer K., Fischer M., 2008)

### 2.3.4.1.2 Benchmarking e LCA

Anche per quanto riguarda l'introduzione nella valutazione di sostenibilità degli edifici del concetto e delle tecniche di benchmarking, il DGNB tedesco è stato il primo in Europa a sperimentarla.

L'obiettivo della valutazione DGNB è infatti proprio quello di quantificare e documentare le prestazioni ambientali dell'edificio in esame e confrontare i risultati con parametri di riferimento per ogni indicatore ambientale. Se la valutazione è usata durante la progettazione, serve per supportare il processo decisionale, confrontando la prestazione ambientale tra diverse opzioni di design o identificando potenziali miglioramenti ambientali e confrontando alternative tra differenti fasi del ciclo di vita (Daniotti B., 2012).

Per gli edifici per uffici il periodo di riferimento è fissato a 50 anni, per quelli industriali a 20 anni.

Se il profilo ambientale dell'edificio è uguale a quello dell'edificio di riferimento, sono assegnati 5 punti di un massimo di 10.

Se il valore di un edificio progettato è più basso di quello di riferimento, guadagnerà più punti (eccetto che per l'indicatore dell'energia primaria rinnovabile). Per un minimo di 1 punto, i requisiti minimi devono essere rispettati in ogni caso come prerequisiti.

Il profilo ambientale è dato come indicatore di risultato LCA (ciclo di vita totale) per area e anno, ad es. in kg di CO<sub>2</sub> equivalenti / m<sup>2</sup> di superficie netta calpestabile \* anno.

Solo per gli edifici industriali il valore è dato per volume dell'edificio in m<sup>3</sup>, riflettendo le tipiche metriche di questa tipologia di edifici.

DGNB prevede 3 tipi di benchmarks: "valore di riferimento" R, "valore limite" L e "valore target" T per ognuno degli indicatori LCA. I valori di L e T sono definiti come segue:  $L = 1.4 * R$  e  $T = 0.7 * R$ .

### 2.3.4.1.3 Metodologie di definizione di benchmarks LCA e loro implicazioni

E' possibile individuare diversi metodi di definizione di benchmarks. Solitamente, possono dividersi in 3 categorie: *tecnicamente definiti*, *definiti statisticamente* e *motivati esternamente*.

I primi sono derivati da aspetti tecnici dell'intero ciclo di vita degli edifici. Si tratta di requisiti minimi in materia di sicurezza strutturale, di protezione dal rumore o fuoco, o altre funzioni che devono essere soddisfatte, o anche livelli di efficienza di apparecchiature: la fattibilità tecnica implica minimi impatti ambientali.

Esempi su come ricavare benchmarks di prestazioni tecniche includono la *riduzione percentuale rispetto allo stato dell'arte della performance*, tendenti a livelli migliorativi.

A causa di incertezze dovute ai possibili salti tecnologici, questi tipi di punti di riferimento hanno una prospettiva a piuttosto breve termine e il loro uso strategico è limitato, anche perché comporta il rischio di indirizzare il settore verso soluzioni troppo strette invece di supportare l'innovazione. Tra i benchmarks derivati da analisi statistiche più comunemente utilizzati sono ad esempio le medie per le diverse tipologie di edifici. Partendo da queste, possono essere impostati obiettivi di riduzione, come è pratica comune, ad esempio, per i sistemi di gestione ambientale che fissano un 5% in meno di impatti in ogni periodo di misurazione. La cosiddetta "yardstick competition" è anche un metodo statistico, che utilizza ad esempio i migliori 10% degli edifici più performanti come benchmarks. In ogni caso occorre impostare i benchmarks come obiettivi "realistici" raggiungibili.

I benchmarks motivati esternamente derivano da driver esterni di natura sociale, politica o altro.

Possono essere individuati ad esempio applicando un "equal share" derivato da un massimo definito di impatti totali. Un esempio è il movimento "2000 W Society" che mira a non superare il massimo dei 2 gradi centigradi per contrastare il cambiamento climatico. I benchmarks "efficient share" sono

un ulteriore modo di derivare benchmarks, come nel caso della quota fissata in un settore di un totale di emissioni "autorizzate", assegnati a specifici tipi di edifici ad alta efficienza. Un terzo modo di impostare benchmarks esterni è collegato agli sviluppi politici-culturali, ad esempio la tendenza agli impatti zero o alla massimizzazione dell'uso dei materiali rinnovabili.

I benchmarks esterni ben si adattano a supportare obiettivi strategici a lungo termine senza predefiniti mezzi tecnici per raggiungere gli obiettivi o tener conto di "ostacoli tecnici" in sede di fissazione degli obiettivi.

#### **2.3.4.1.4 Conclusioni sulla LCA**

La metodologia LCA per gli edifici è adatta a valutare gli aspetti rilevanti delle prestazioni ambientali degli edifici. Non solo per supportare progettisti e architetti, ma anche per dare un orientamento ai produttori e altre parti interessate in tutta la catena del valore del ciclo di vita (Lavagna M., 2008) di un edificio.

La disponibilità dei dati, parte essenziale del sistema di certificazione DGNB e l'utilizzo di benchmarks, ha dato un impulso sostanziale all'applicazione di questa metodologia in Germania. *Lo sviluppo futuro dei benchmarks è in grado di influire in modo sostanziale sul percorso di sviluppo ambientale della Germania attraverso l'intelligente combinazione di riferimenti a breve (derivati da valutazioni tecniche e statistiche) e lungo termine (derivati da obiettivi esterni).*

#### **2.3.4.2 Valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici (CEN / TC 350)**

##### **2.3.4.2.1 Il quadro di riferimento**

Come descritto nell'introduzione alla norma UNI EN 15978, "la norma specifica il *metodo di calcolo*, basato sulla *valutazione del ciclo di vita*, per valutare la *prestazione ambientale* di un edificio e fornisce indicazioni su come comunicare i risultati della valutazione (Lavagna M., 2008). La norma si applica a *edifici nuovi ed esistenti nonché a progetti di ristrutturazione*. La presente norma costituisce il recepimento, in lingua inglese, della norma europea EN 15978 (edizione novembre 2011 con correzioni del 23 novembre 2011), che assume così lo status di norma nazionale italiana. La presente norma è stata elaborata sotto la competenza della Commissione Tecnica UNI Prodotti, processi e sistemi per l'organismo edilizio. La presente norma è stata ratificata dal Presidente dell'UNI ed è entrata a far parte del corpo normativo nazionale il 13 dicembre 2011".

Il quadro di riferimento generale è descritto nella norma UNI EN 15643- 1 e 2.

In particolare, la parte 1 "fa parte di una serie di norme e fornisce i principi e i requisiti specifici per la *valutazione della prestazione ambientale* degli edifici tenuto conto delle *caratteristiche tecniche e funzionali* di un edificio. La valutazione della prestazione ambientale è *uno degli aspetti di sostenibilità* degli edifici in conformità al quadro di riferimento della UNI EN 15643-1. Il quadro di riferimento si applica a tutti i tipi di edifici ed è pertinente alla valutazione della prestazione ambientale dei *nuovi edifici* durante il loro intero ciclo di vita, e degli *edifici esistenti* durante la loro vita utile (Daniotti B., 2012) e la dismissione (Antonini E. et al., 2010)".

La norma è inoltre relazionata alla UNI EN 15804:2012 "Sostenibilità delle costruzioni - Dichiarazioni ambientali di prodotto - Regole chiave di sviluppo per categoria di prodotto".

La suddetta norma fornisce regole chiave per categoria di prodotto (PCR) per lo sviluppo di dichiarazioni ambientali di tipo III relative a prodotti e servizi nel settore delle costruzioni e in

particolare:

- ^ definisce i parametri da dichiarare e i modi in cui sono raccolti e comunicati
- ^ descrive quali fasi del ciclo di vita sono considerate nella dichiarazione ambientale di prodotto (EPD) e quali processi sono da includere
- ^ definisce le regole per lo sviluppo di scenari
- ^ include le regole per il calcolo d'inventario e la valutazione di impatto nell'analisi del ciclo di vita, alla base della EPD, comprese le specifiche da applicare sulla qualità dei dati
- ^ definisce le condizioni per le quali i prodotti da costruzione possono essere confrontati sulla base delle informazioni fornite nella EPD. Per quanto riguarda le EPD relative ad attività di servizio nel settore delle costruzioni, si applicano regole e requisiti identici a quelli dei prodotti.

#### **2.3.4.2.2 I contenuti della Norma**

La metodologia di calcolo delle performances ambientali, basata sull'*approccio LCA*, è valida sia per gli edifici nuovi sia quelli esistenti.

I concetti chiave sono:

- ^ Metodologia
- ^ Oggetto della valutazione
- ^ Livelli e benchmark
- ^ Modularità
- ^ Confronto delle valutazioni
- ^ Uso di scenari
- ^ Indicatori

I confini sono quelli dell'edificio, compreso lo spazio esterno nel perimetro ad esso funzionale, nel suo ciclo di vita (Daniotti B., 2012). (Fig. 2.116)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

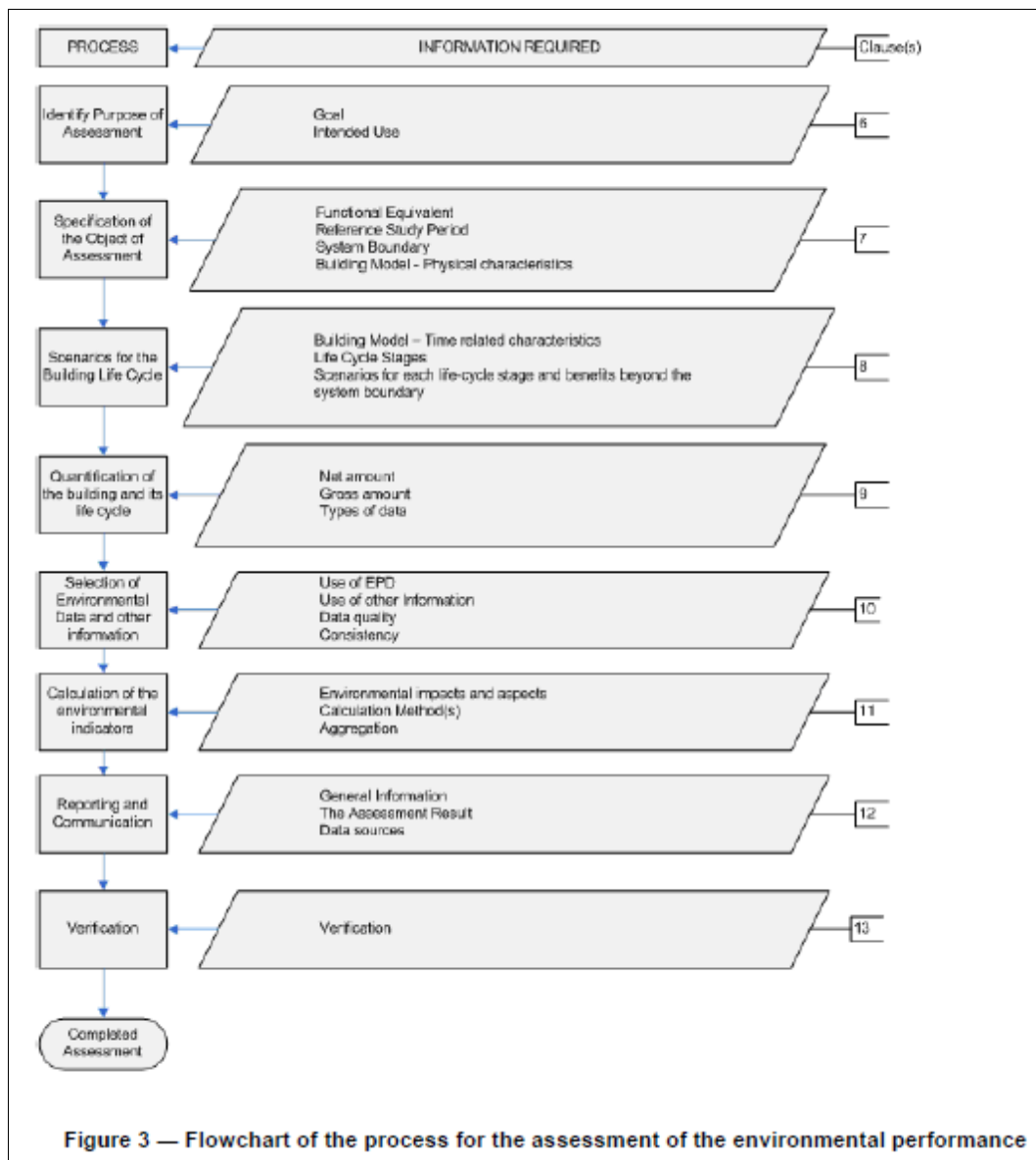


Fig. 2.116 - Integrazione della EPD nella valutazione di sostenibilità ambientale dell'edificio

Tutte le comparazioni dei risultati nella valutazione dell'edificio e di parti di esso sono fatte in base all'unità *funzionale equivalente*.

Anche in caso si vogliono combinare i risultati di valutazioni ambientale, sociale ed economica, la combinazione dovrà essere fatta relativamente ad una stessa unità funzionale equivalente.

Quando non vi è un obbligo di rispettare una *service life*, occorre considerare la *design life*, che può estendersi anche oltre la *service life*, determinata su basi empiriche, probabilistiche o statistiche. (Fig. 2.117)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

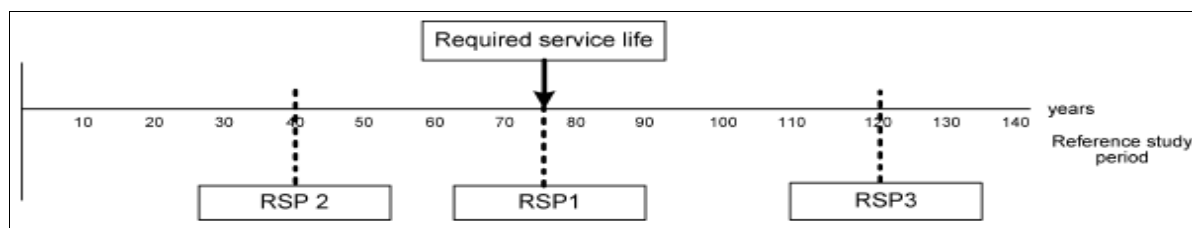


Fig. 2.117 - RSL e periodo di riferimento

Si vengono così a determinare diversi *scenari*, anche sovrapposti, che costituiscono il *periodo di riferimento*.

I *confini del sistema* determinano i processi che sono considerati per la valutazione. Per un *nuovo edificio* questi includeranno tutto il *ciclo di vita* (Daniotti B., 2012) sotto riportato (Fig. 2.118).

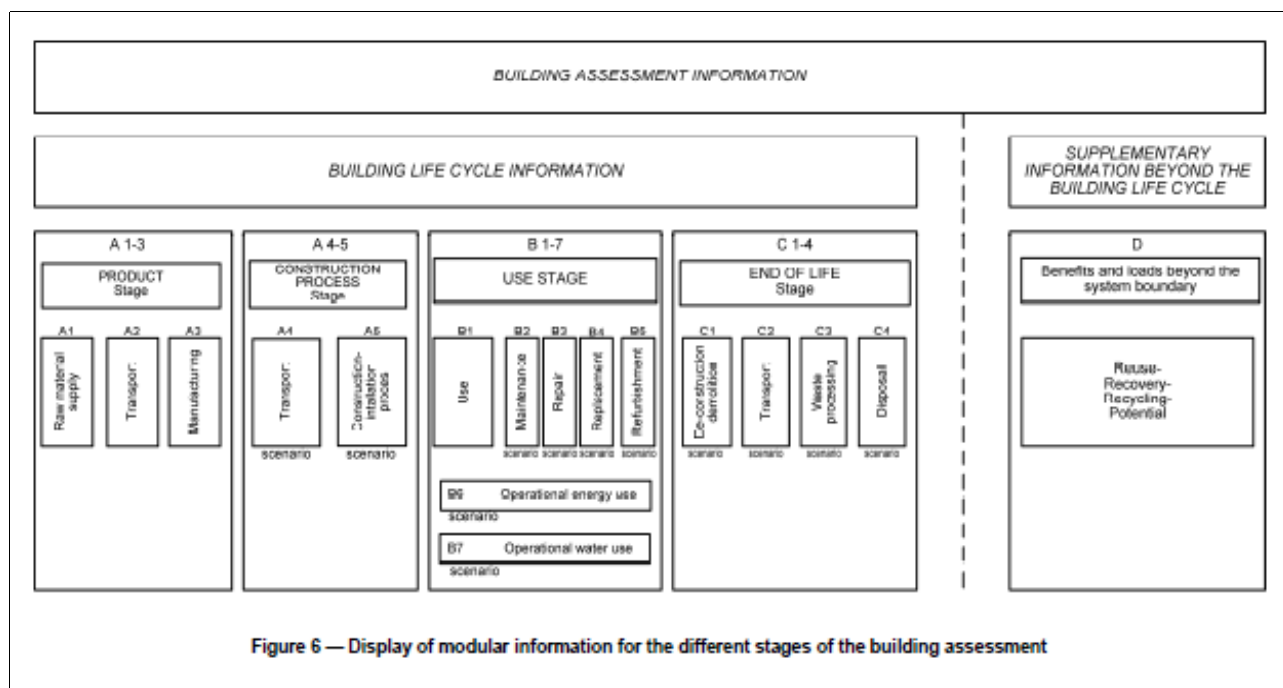


Figure 6 — Display of modular information for the different stages of the building assessment

Fig. 2.118 - Descrizione e suddivisione in moduli del ciclo di vita dell'edificio, su cui si basano le norme europee

L'oggetto della valutazione viene così ad essere l'edificio insieme al suo sito. Così come lo sono anche tutti i *flussi in entrata e in uscita* necessari per stabilire e mantenere le funzioni dell'edificio, dall'acquisizione dei materiali da costruzione alla fine del ciclo di vita (Daniotti B., 2012).

### 2.3.4.2.3 Fasi del Life Cycle: Moduli A1-A3 (produzione)

La fase di produzione comprende tutti i processi esterni al sito, in cui vengono predisposti tutti i materiali e componenti che entrano a far parte dell'edificio.

Essa include la fornitura di materie prime, i trasporti e i processi di produzione industriale veri e propri.

#### **2.3.4.2.4 Fasi del Life Cycle: Moduli A4-A5 (costruzione)**

La fase del processo di costruzione copre i *processi* “dal *cancello*” della fabbrica dei differenti prodotti da costruzione, inclusi trasporto e distribuzione, all'*ultimazione* dei lavori.

Non sono trattati gli impatti delle macchine da cantiere.

I confini di sistema includono i seguenti processi: sbancamenti e sistemazioni esterne; stoccaggi; trasporto dei materiali, prodotti, rifiuti da cantiere; lavori temporanei inclusi quelli che avvengono esternamente al cantiere finalizzati alla costruzione; produzione e trasformazione di prodotti in cantiere; forniture per il riscaldamento, raffrescamento, controllo dell'umidità durante il processo di costruzione; uso dell'acqua per il raffreddamento delle macchine da costruzione; processi di gestione rifiuti generati dal cantiere e la fase di installazione.

#### **2.3.4.2.5 Fasi del Life Cycle: Moduli B1-B7 (uso)**

La *fase d'uso* copre il periodo dall'*ultimazione* dei lavori di costruzione alla demolizione-decostruzione.

I confini del sistema comprendono l'uso dei prodotti da costruzione e dei servizi come riscaldamento, raffrescamento, illuminazione, l'accessibilità interna (ascensori).

I confini del sistema relativi alla *manutenzione* includono: la produzione e il trasporto dei prodotti e componenti, tutti i processi per la pulizia degli interni ed esterni dell'edificio, tutti i processi per il mantenimento delle prestazioni funzionali, tecniche ed anche estetiche, ma anche la gestione dei rifiuti delle rimozioni di parti. Lo stesso vale per la sostituzione di parti e per la ristrutturazione.

I confini per il calcolo degli impatti legati ai *consumi energetici* in fase d'uso includono l'energia usata durante la costruzione (Grosso M., 2008). La normativa applicata è la EPBD e sua implementazione nazionale.

L'energia esportata non viene dedotta dall'energia richiesta. (Fig. 2.119)

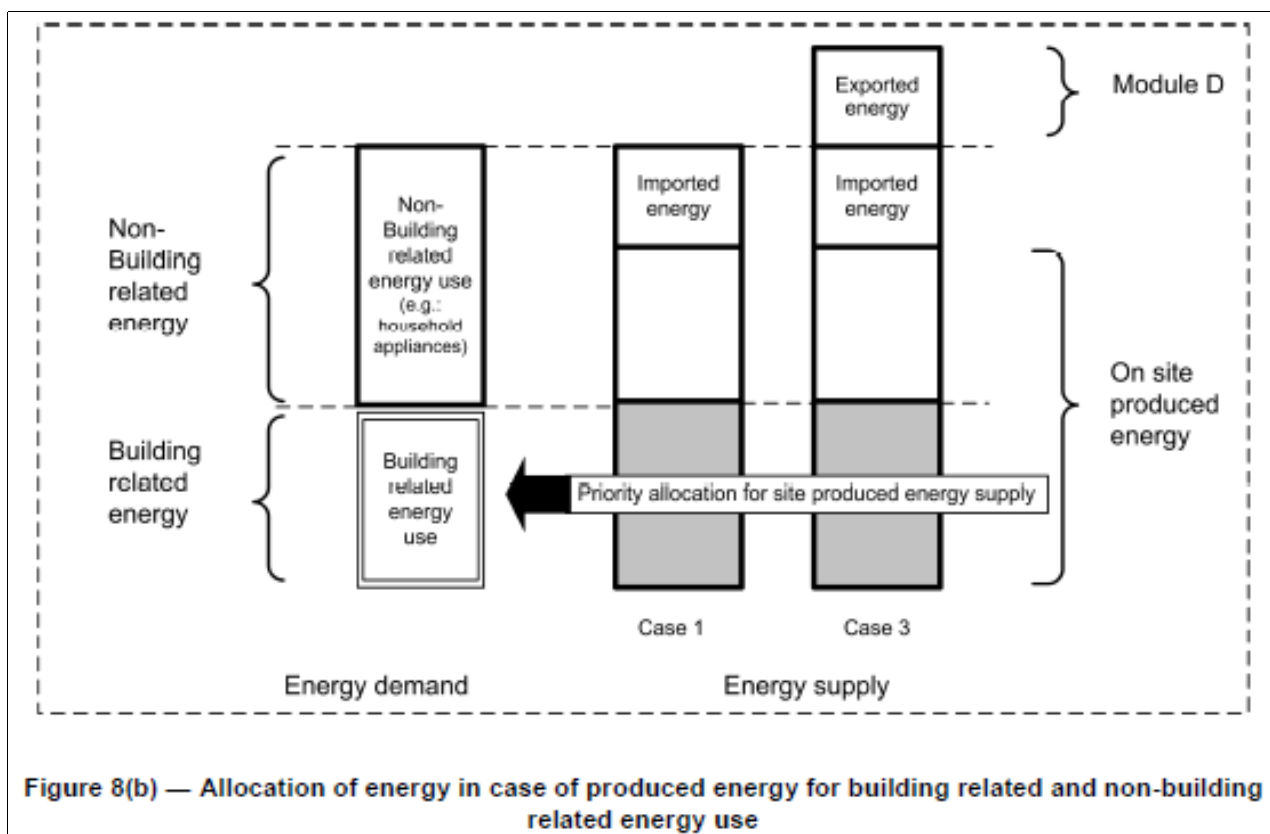


Figure 8(b) — Allocation of energy in case of produced energy for building related and non-building related energy use

Fig. 2.119 - Flussi di energia rispetto ai moduli che compongono la fase d'uso

I confini dell'uso dell'*acqua in fase operativa* includono tutta l'acqua usata e il suo trattamento pre e post uso, escludendo le manutenzioni e ristrutturazioni e comprendono gli aspetti e impatti derivanti da: uso potabile, per la pulizia, per il lavaggio, per l'irrigazione, per il funzionamento degli impianti di riscaldamento, raffrescamento, ventilazione e umidificazione, eventuali sistemi integrati come fontane, piscine, saune.

#### 2.3.4.2.6 Fasi del Life Cycle: Moduli C1-C4 (fine vita)

Questa fase inizia quando l'edificio è dismesso e non si intende che abbia un uso ulteriore.

La demolizione/decostruzione può essere considerato un processo con molti output, comprendenti processi di riciclo di materiali e prodotti. Gli scenari comprenderanno processi provati come economicamente e tecnicamente percorribili.

Il fine vita (Antonini E. et al., 2010) termina quando tutti i componenti e materiali sono stati rimossi e il sito è pronto per il futuro riuso.

Comprende i seguenti moduli: C1 decostruzione, C2 trasporto in discarica, C3 recupero e riciclo, C4 trattamento e smaltimento dei rifiuti.

#### 2.3.4.2.7 Fasi del Life Cycle: Modulo C1 (decostruzione)

I confini includono le operazioni sul cantiere e quelle temporanee fuori cantiere necessarie per la dismissione/demolizione.



#### **2.3.4.2.8 Fasi del Life Cycle: Modulo C2 (trasporto)**

Sono compresi tutti gli impatti fino allo smaltimento dei rifiuti.

#### **2.3.4.2.9 Fasi del Life Cycle: Modulo C3 (processo per il riuso, il recupero o il riciclo)**

Arrivano alla produzione dei nuovi outputs (materiali, prodotti o componenti).

Perché vengano recuperati quelli che altrimenti finirebbero come rifiuti, occorre considerare una serie di condizioni necessarie:

- ♣ che il materiale, prodotto o elemento costruttivo recuperato sia comunemente utilizzato per specifici scopi, anche in altri processi o produzioni di energia (con un recupero energetico di almeno il 60%);
- ♣ che esiste un mercato o domanda, identificato per un valore economico positivo, per quel materiale, prodotto o elemento;
- ♣ che esso risponda ai requisiti tecnici per lo scopo cui è destinato e alla legislazione ed agli standard;
- ♣ il suo uso non comporterà controindicazioni o impatti negativi sull'ambiente e la salute umana.

Le materie prime secondarie, quando hanno raggiunto l'equivalenza funzionale, possono entrare nella produzione in sostituzione delle materie prime (modulo D).

I carichi ambientali (es. le emissioni) dello smaltimento del rifiuto derivanti dal modulo C4 sono considerati parte integrante del ciclo di vita dell'edificio, in accordo con il principio "chi inquina paga". Se questo processo genera energia, come nel caso della termovalorizzazione, i potenziali benefici sono assegnati al modulo D e calcolati considerando la media dei processi sostituiti.

#### **2.3.4.2.10 Fasi del Life Cycle: Modulo C4 (smaltimento)**

Quantifica tutti i carichi ambientali derivanti dalla messa in discarica dei materiali (inertizzazione, incinerimento con o senza impiego di energia, copertura con o senza impiego di gas, ecc). Tutti i benefici dall'energia esportata saranno riportati nel modulo D.

Per alcuni processi le emissioni possono essere prodotte dopo il periodo dell'analisi. In tal caso, come regola, un arco di tempo di 100 anni è considerato appropriato per processi a lungo termine.

#### **2.3.4.2.11 Fasi del Life Cycle: Modulo D (oltre i confini del sistema)**

I componenti per il riuso e i materiali per il riciclo e il recupero di energia (Masera G., 2004) sono considerati potenziali risorse per il futuro.

Il Modulo D deriva dal concetto di "design per il riuso e il riciclo" e quantifica i benefici ambientali o i carichi risultanti dal riuso, il riciclo e il recupero energetico derivanti dai flussi di materiali e l'energia esportata in uscita dai confini del sistema.

Il modulo D può contenere informazioni tecniche così come valori per indicatori predeterminati come quelli elencati nella Clause 11.

Quando un flusso di materiale esce dai confini del sistema ed ha valore economico o ha raggiunto lo smaltimento e sostituisce un altro prodotto, allora gli impatti possono essere calcolati sulla base di:

- ♣ la corrente tecnologia;
- ♣ la corrente pratica;
- ♣ gli impatti netti (per differenza tra quelli connessi al processo di riciclo e quelli prodotti dal prodotto primario sostituiti).

#### **2.3.4.2.12 Il modello dell'edificio**

Per contabilizzare tutti i flussi di massa ed energia (Masera G., 2004), l'edificio viene suddiviso in:

- ⤴ parti costituenti;
- ⤴ processi relativi (trasporto, costruzione, manutenzione, fine-vita).
- ⤴ Fase operativa (energia, acqua).

La scelta del livello di dettaglio dipende dallo *scopo* della valutazione e dalla disponibilità di dati al tempo in cui si è (prima o durante la progettazione, appalto e consegna).

In base a ciò, l'informazione può essere dettagliata o aggregata. I requisiti per il tipo di dati da usare sono descritti nella ISO 14025:2006, Clause 8.

#### **2.3.4.2.13 Descrizione delle caratteristiche fisiche dell'edificio**

La descrizione delle caratteristiche fisiche dell'edificio include, ma non si limita a quanto necessario (dal punto di vista tecnico e dei servizi) alla costruzione (Annex A, sopra riportato):

- ⤴ la forma e dimensioni dell'edificio
- ⤴ la superficie occupata
- ⤴ la struttura portante e le fondazioni
- ⤴ gli elementi non portanti
- ⤴ le pareti esterne
- ⤴ i serramenti
- ⤴ la copertura
- ⤴ i divisori interni
- ⤴ i pavimenti
- ⤴ i soffitti
- ⤴ i sistemi tecnici
- ⤴ gli impianti sanitari
- ⤴ i sistemi di rilevazione fumi e spegnimento
- ⤴ gli impianti di riscaldamento e produzione acqua calda
- ⤴ gli impianti di ventilazione meccanica e condizionamento
- ⤴ gli impianti di illuminazione
- ⤴ i sistemi di comunicazione e sicurezza
- ⤴ gli impianti per il trasporto (ascensori, scale mobili)
- ⤴ il sistema di smaltimento acque meteoriche
- ⤴ la preparazione del cantiere
- ⤴ la sistemazione del paesaggio
- ⤴ l'illuminazione esternamente
- ⤴ i parcheggi
- ⤴ i sistemi di trattamento degli scarichi

Il modello di edificio può essere considerato con diverse modalità di aggregazione degli elementi che lo compongono.

#### 2.3.4.2.14 Scenari per la definizione del ciclo di vita

Per la completa descrizione dell'oggetto della valutazione, occorre definire le caratteristiche legate al tempo: periodo di riferimento, service life, durata dell'edificio, ore di lavoro, modello d'uso.

Questo richiede l'uso di scenari appropriati che rappresentino le assunzioni o, quando conosciute, le informazioni reali, applicate ai modelli delle fasi di costruzione, d'uso e fine vita (moduli A4 a C4) e ciò anche nel caso in cui siano note le informazioni per il modulo D.

In altre parole, gli scenari per i moduli A4 a C4 includono informazioni sulle fasi di costruzione, d'uso e fine vita (Antonini E. et al., 2010). Gli scenari per il modulo D includono informazioni per il riuso, il riciclo e il recupero energetico.

Lo scenario per la fase di riuso includerà informazioni sulla service life dell'edificio (Daniotti B., 2012) e informazioni sulla manutenzione, riparazione, sostituzione, uso di acqua ed energia e tutte le attività con impatto ambientale e aspetti derivanti dall'uso dell'edificio.

E' indispensabile che gli scenari siano relazionati alle specifiche funzioni dell'edificio (ad es. per quanto riguarda il consumo di energia (Masera G., 2004) per l'illuminazione di un teatro, o di energia ed acqua associati agli usi di un ristorante).

#### 2.3.4.2.15 Caratteristiche relazionate al tempo e scenari associati

Gli scenari terranno in conto:

- ⤴ requisiti del cliente
- ⤴ progettazione della service life nel rispetto dei principi definiti nella norma ISO 15686-1, -2, -7 e -8
- ⤴ requisiti stabiliti dalla EN 15804:2012 (dichiarazioni ambientali di prodotto). Quando non disponibili, gli scenari per i prodotti saranno definiti dai moduli dalla culla al cancello nel rispetto della EN 15804 (scenari dei moduli da A1 a A3).
- ⤴ informazioni dei produttori
- ⤴ modello funzionale.

Le condizioni climatiche devono essere anche considerate.

Inoltre, la descrizione del ciclo di vita (Daniotti B., 2012) dell'oggetto della valutazione può includere *indicatori di prestazione* definiti dai regolamenti locali o indicazioni del committente, ad es. dell'efficienza energetica, della sicurezza al fuoco, adattabilità o sismicità. Tali requisiti influenzano la progettazione, la scelta dei processi di costruzione (scenari dei moduli A4 e A5) e dei *prodotti*.

Gli scenari relativi al *processo di costruzione* comprendono ogni operazione elementare, dalla preparazione del sito, compresi trasporti di prodotti e materiali, servizi all'ultimazione dei lavori.

Gli scenari (B1 a B7) relativi alla *fase d'uso* comprendono le attività di gestione ma anche quelle di manutenzione e tengono conto delle condizioni climatiche e del programma di manutenzione.

Per quanto concerne la manutenzione, si possono definire scenari differenti basati su valori predefiniti o standard o analisi statistiche comparative sulla vita e l'intervento su elementi e sistemi.

In caso di previsto cambio d'uso contestuale ad una ristrutturazione, gli impatti ed aspetti relativi al nuovo funzionale equivalente saranno tenuti in considerazione per la required service life (Daniotti B., 2012) e la fine vita (Antonini E. et al., 2010).

#### 2.3.4.2.16 Quantificazione dell'edificio e del suo ciclo di vita

La quantificazione di tutti i materiali e prodotti è determinata a partire dalla descrizione di progetto,

aggiornata all'attualità e in base agli scenari di ogni modulo.

La valutazione terrà conto delle *quantità lorde* di materiali e prodotti impiegati per dare forma all'oggetto della valutazione. Occorrerà pertanto conteggiare le *perdite* che si determinano a seguito di una serie di fattori, compresi:

- ⤴ perdite/danni dovuti al trasporto
- ⤴ perdite/danni sul cantiere
- ⤴ perdite nei processi correnti per la produzione in cantiere
- ⤴ perdite dimensionali originate dal passaggio dalla progettazione alla produzione
- ⤴ vincoli per gli ordinativi di minime quantità.

Non sono richieste sostituzioni quando la ESL dei prodotti installati, degli elementi strutturali o dei componenti converge o supera la ReqSL dell'edificio.

Per tutti i componenti o elementi da riparare o sostituire, occorrerà conoscere la ESL e le informazioni sui processi per la riparazione, sostituzione e smaltimento, nel rispetto della ISO 15686-1 e -8.

L'equazione seguente fornisce il numero delle sostituzioni per prodotti, componenti o elementi  $j$  in funzione della ReqSL dell'edificio.

$$NR(j) = E [ReqSL / ESL(j) - 1]$$

where

$E[ReqSL/(ESL(j))]$  is the function that rounds up function ReqSL / (ES value);

$ESL(j)$  is the estimated service life for product  $j$ ;

#### 2.3.4.2.17 Tipo di dati per la valutazione

I risultati della valutazione dipenderanno dal livello di precisione dei dati (Fig. 2.120) e il dettaglio nell'informazione impiegati per rappresentare l'oggetto della valutazione stessa.

La scelta dei dati dipende da:

- ⤴ lo scopo della valutazione
- ⤴ la fase del *processo decisionale* (schizzo, progettazione esecutiva, costruzione...) nel quale ci si trova
- ⤴ la disponibilità delle informazioni.

Le informazioni possono essere date sotto differenti forme:

- ⤴ *dati aggregati*, sia per l'intero oggetto (es. volume, altezza, superficie, consumi energetici e idrici) o per i principali componenti (es. muri, solai, coperture)
- ⤴ *dati specifici* di prodotto o dei materiali per i componenti (es. mattoni, intonaco, rivestimenti, finestre, finiture).

Nel secondo caso, i dati possono essere:

- ⤴ generici, tipici delle strutture o materiali usati
- ⤴ dati medi derivanti da quelli di differenti produttori dello stesso prodotto

- ⤴ dati determinati nel rispetto dei requisiti della EN 15804 per una EPD
- ⤴ informazioni specifiche fornite dai produttori
- ⤴ informazioni ricavate da misurazioni reali o da bollette dei consumi.

Preferred data	Point of the time of the assessment				
	Inception/ Concept design	Detailed design	Construction	Use stage	End of life of the building
Generic data	X	X	X	X	X
Aggregated data	X	X			
Average data	X	X	X	X	X
Product collective data	0	x	x	X	x
Product average data	0	X	X	X	X
Product specific data	0	X	X	X	X
Model scenarios for use stage	X	X	X	X	
Measured data			X	X	X
Other data	0	0	0	0	0

NOTE Cross represent the preferred use of data - Circle represents alternative sources if available.

Fig. 2.120 - Tipo di dati necessari per la valutazione in base alle fasi

#### 2.3.4.2.18 Selezione dei dati ambientali – uso delle EPD

La EPD fornisce dati numerici sugli impatti ambientali dei prodotti e servizi.

A livello di edificio, i dati devono riferirsi a tutto il ciclo di vita del prodotto nel contesto dell'edificio. In ogni caso, l'informazione sulla LCA (Lavagna M., 2008) reperibile nella EPD, può rappresentare una delle seguenti:

- ⤴ *la fase di produzione*: dalla fornitura delle materie prime, ai trasporti, ai processi di realizzazione, “dalla culla al cancello”. E' obbligatoria in base alla EN 15804.
- ⤴ *la fase di produzione e determinate fasi successive*: detta “dalla culla alla tomba con opzioni” comprende informazioni riferite ai moduli da A1 a A3 o con aggiunte.
- ⤴ *il ciclo di vita di un prodotto*: in questo caso la EPD copre la fase di produzione, installazione, uso e manutenzione, sostituzione, demolizione, trattamento e smaltimento del rifiuto, ed è basta su informazioni LCA che coprono informazioni richieste per i moduli A1 a C4 (basati su scenari specifici)
- ⤴ *il modulo D*: fornisce informazioni sui carichi e benefici da riuso, riciclo e recupero oltre i confini del sistema.

Secondo i requisiti della EN 15804 la EPD deve fornire:

- ⤴ il nome del prodotto, la descrizione e l'applicazione
- ⤴ determinati valori numerici d'impatto, gli indicatori di input e output elencati nella Clause 11 (Calcolo degli indicatori ambientali) almeno per i moduli A1-A3
- ⤴ informazioni tecniche aggiuntive per meglio chiarire la funzione di un prodotto in un

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

edificio.

Le informazioni di prodotto usate per la valutazione dovrebbero anche identificare:

- ⤴ le informazioni necessarie per definire la ESL del prodotto nel contesto dell'edificio
- ⤴ informazioni tecniche aggiuntive per la valutazione a livello di edificio.

Quando dati importanti per la valutazione dell'edificio mancassero nella EPD, possono essere tratti da altre fonti, nel qual caso ne verranno spiegate e documentate le ragioni. I dati saranno in linea con i principi generali espressi nella EN 15804.

Se l'informazione manca o è inappropriata (es. per gli scenari), il valutatore completerà l'informazione (v. la guida CEN / TR 15941).

Ove disponibile, si avvrà delle informazioni tecniche fornite dal produttore come base per completare la valutazione.

Il seguente quadro (Fig. 2.121) illustra il rapporto tra la norma riguardante l'edificio e quella di prodotto (EPD).

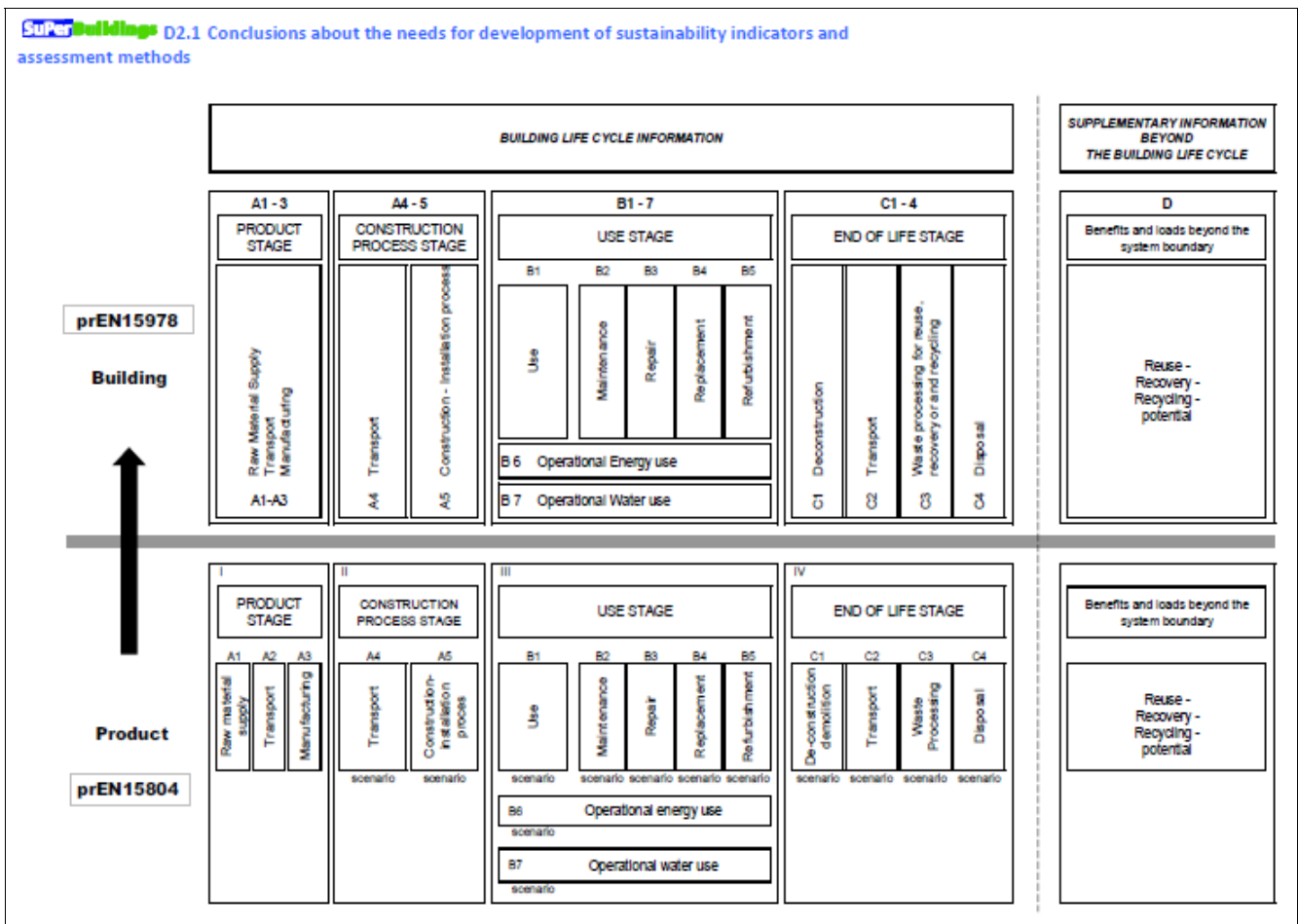


Fig. 2.121 - Rapporto tra la norma riguardante l'edificio e quella di prodotto (EPD) (SuPerBuildings)

### 2.3.4.2.19 Sostituzione dei componenti e numero

Per tutti i componenti ed elementi tecnici che possono essere riparati o sostituiti la ESL (Estimated Service Life) sarà calcolata in base agli standard ISO 15686-1 e 8.

Non sono consentite sostituzioni parziali, nel qual caso il numero viene arrotondato. La seguente equazione fornisce il numero delle sostituzioni  $N_R(j)$  dei prodotti, componenti o elementi  $j$  come funzione della RSL dell'edificio  $ReqSL$ :

$$N_R(j) = E [ReqSL / (ESL(j)) - 1]$$

where

$E[ReqSL/(ESL(j))]$	is the function that rounds up function $ReqSL / (ESL(j))$ to the higher integer value;
$ESL(j)$	is the estimated service life for product $j$ ;
$N_R(j)$	is the number of replacements for product $j$ ;
$ReqSL$	is the required service life of the building.

### 2.3.4.2.20 Calcolo degli indicatori ambientali

*Impatti ambientali ed aspetti e relativi indicatori:*

Gli indicatori (Fig. 2.123 a Fig. 2.129) rappresentano gli impatti ambientali quantificati e gli aspetti causati dall'oggetto della valutazione durante l'intero ciclo di vita (Daniotti B., 2012). Lo standard non indica alcuna metodologia per l'aggregazione degli indicatori singoli sotto presentati.

**cen** European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation  
Europäisches Komitee für Normung

## Environmental indicators in CEN/TC350

**1) Output indicators for environmental impacts:**

- Climate change
- Destruction of the stratospheric ozone layer
- Acidification of land and water resources
- Eutrophication
- Formation of ground level ozone

---

**2) Input indicators for material and energy flows:**

- Use of non-renewable materials
- Use of renewable materials
- Use of non-renewable primary energy
- Use of renewable primary energy
- Use of freshwater resources

---

**3) Output indicators for material and energy flows:**

- Materials for recycling
- Materials for energy recovery
- Non-hazardous waste to disposal
- Hazardous waste to disposal
- Radioactive waste to disposal

9.12.2008 Ari Ilomäki, chairman, CEN/TC 350

Fig. 2.122 - Indicatori per i flussi in input e output dal sistema edificio (Ilomäki A., 2008)

Gli indicatori ambientali seguenti (Fig. 2.123) sono stati scelti in quanto legati a metodi di calcolo nell'ambito del contesto della LCA sui quali c'è accordo da parte della comunità scientifica. Altri indicatori, come ad es. la tossicità umana, l'eco-tossicità, la biodiversità, il consumo di suolo, non sono ad oggi inclusi, ma è iniziato il processo di introduzione degli standard.

<b>Table 1 — Indicators describing environmental impacts</b>	
<b>Indicator</b>	<b>Unit</b>
Global warming potential, GWP	kg CO <sub>2</sub> equiv
Depletion potential of the stratospheric ozone layer, ODP;	kg CFC 11 equiv
Acidification potential of land and water; AP;	kg SO <sub>2</sub> <sup>2</sup> equiv
Eutrophication potential, EP;	kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3</sup> equiv
Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants, POCP;	kg Ethene equiv
Abiotic Resource Depletion Potential for elements; ADP_elements	kg Sb equiv
Abiotic Resource Depletion Potential of fossil fuels ADP_fossil fuels	MJ

<b>Table 2 — Indicators describing resource use</b>	
<b>Indicator</b>	<b>Unit</b>
Use of renewable primary energy excluding energy resources used as raw material	MJ, net calorific value
Use of renewable primary energy resources used as raw material	MJ, net calorific value
Use of non-renewable primary energy excluding primary energy resources used as raw material	MJ, net calorific value
Use of non-renewable primary energy resources used as raw material	MJ, net calorific value
Use of secondary material	kg
Use of renewable secondary fuels	MJ
Use of non-renewable secondary fuels	MJ
Use of net fresh water	m <sup>3</sup>

<b>Table 3 — Indicators describing waste categories</b>	
<b>Indicator</b>	<b>Unit</b>
Hazardous waste disposed	kg
Non-hazardous waste disposed	kg
Radioactive waste disposed	kg

<b>Table 4 — Indicators describing the output flows leaving the system</b>	
<b>Indicator</b>	<b>Unit</b>
Components for re-use	kg
Materials for recycling	kg
Materials for energy recovery (not being waste incineration)	kg
Exported energy	MJ for each energy carrier

Fig. 2.123 - Indicatori e unità di misura ambientali armonizzati



Informazioni aggiuntive relative al *trasporto*:

Parameter	Parameter unit expressed per functional/declared unit
Fuel type consumption of vehicle or vehicle type used for transport e.g. long distance truck, boat etc.	Litre of fuel/km
Capacity utilisation (including empty returns)	%
Bulk density of transported products	kg/m <sup>3</sup>
Volume capacity utilisation factor (factor: =1 or <1 or ≥ 1 for compressed or nested packaged products)	without unit

Fig. 2.124 - Indicatori e unità di misura relativi al trasporto dei prodotti

Informazioni aggiuntive relative all'*installazione*:

Parameter	Parameter unit expressed per functional/declared unit
Ancillary materials for installation;	e.g. kg, or number of pieces etc.
Other resource consumption	kg
Quantitative description of energy type (regional mix) and consumption during the installation process	kWh or MJ
Waste on the building site, generated by the product's installation,	kg
output materials as result of waste management processes at the building site e.g. of collection for recycling, for energy recovery, final disposal	kg materials for recycling or energy recover kg waste for final disposal
Emissions to ambient air, soil and water	kg

Fig. 2.125 - Indicatori e unità di misura relativi all'installazione dei prodotti

Informazioni aggiuntive relative ad impiego di *energia ed acqua*:

Parameter	Parameter unit expressed per functional/declared unit
Type of energy carrier, e.g. electricity, natural gas, district heating	kWh
Output	kW

Fig. 2.126 - Indicatori e unità di misura relativi all'impiego di energia

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Net fresh water consumption	m <sup>3</sup>
Characteristic performance (energy efficiency, emissions etc.)	Variation of performance with capacity utilisation
Reference Service Life (RSL)	Years

Fig. 2.127 - Indicatori e unità di misura relativi all'impiego di acqua

Informazioni aggiuntive relative a *manutenzione e riparazione*:

Parameter	Parameter unit expressed per functional/declared unit
Maintenance, e.g. cleaning agent, Type of surfactant	kg / cycle
maintenance cycle	X cycles / time
energy input for cleaning maintenance process, e.g. vacuum cleaning	kWh /RSL
Net fresh water consumption during maintenance or repair	m <sup>3</sup>
Inspection, maintenance or repair process	Description or source where description can be found
Inspection, maintenance or repair cycle	x cycles /year
ancillary materials, e.g. lubricant,	kg
exchange of worn parts during the product's life cycle, e.g. zinc galvanised steel sheet	kg (specify materials)
energy input during maintenance, energy carrier type e.g. electricity, and amount	MJ
energy input during repair processes, refurbishment, replacement if applicable and relevant	MJ
lost material during maintenance or repair	kg
RSL of product to be included as the basis for the calculation of number of replacements on building level	years

Fig. 2.128 - Indicatori e unità di misura relativi a manutenzione e riparazione

Informazioni aggiuntive relative al *fine vita*:

Processes	Parameter unit expressed per functional/declared unit of components, products or materials
Collection process	kg collected separately kg collected with mixed construction waste
Recycling system	kg re-used kg recycled for material recovery kg recycled for energy recovery
Final deposition	kg Product or material for final deposition including lost material

Fig. 2.129 - Indicatori e unità di misura relativi al fine vita

### 2.3.4.2.21 Metodo di calcolo

I valori per ognuno degli indicatori sopra elencati sono calcolati per ogni modulo nelle fasi del ciclo di vita (Daniotti B., 2012) sulla base della matrice di calcolo (Fig. 2.130) sotto riprodotta:

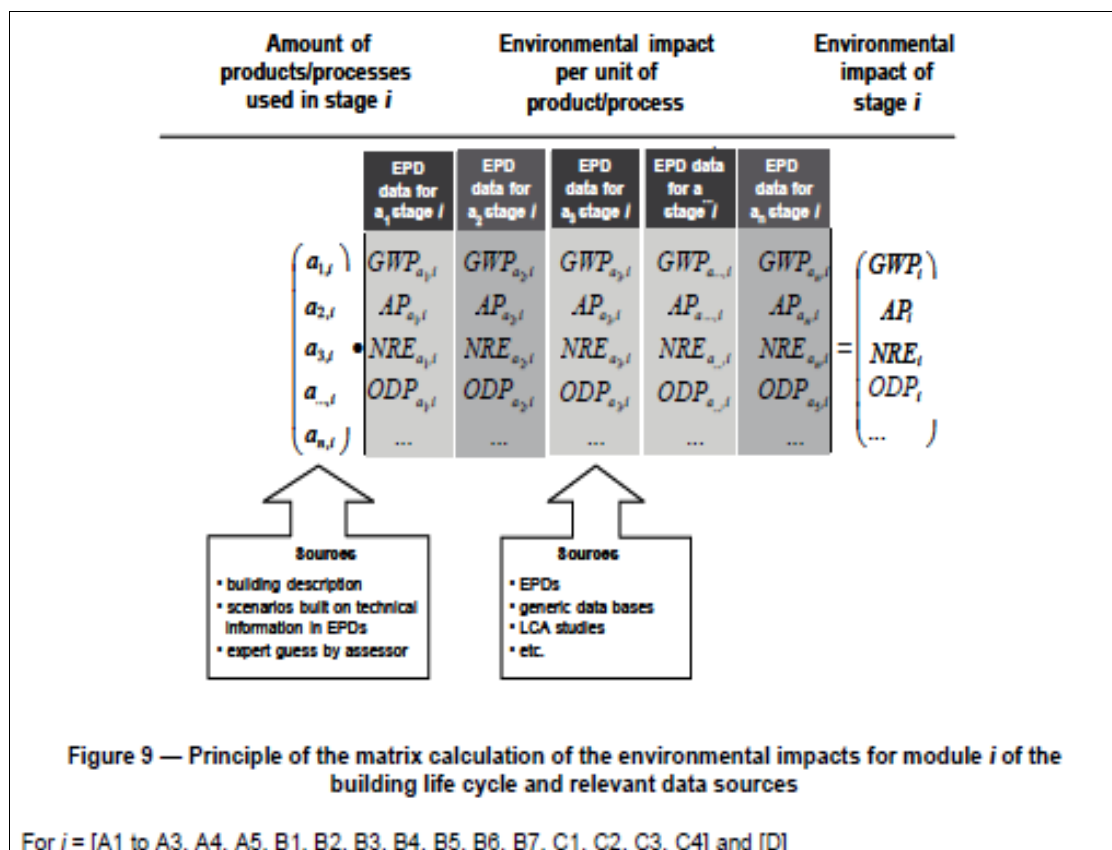


Fig. 2.130 - Schema per il calcolo degli indicatori ambientali

Il principio di calcolo consiste nel moltiplicare ogni prodotto e servizio quantificato in un modulo del ciclo di vita con il suo valore rispettivo per ogni indicatore ambientale, dove:

$EP_i$  is the indicator value of the module  $i$  of the building;

$\vec{a}_j$  is the vector containing the gross amounts of all products and services used in the module  $j$  of the building;

$M$  is the matrix containing in its columns the environmental indicator values per unit of all products and services used in the module  $i$  of the building.

L'equazione esemplifica il calcolo per lo stage  $i$ :

$$GWP_i = a_{1j} \times GWP_{a_{1j}} + a_{2j} \times GWP_{a_{2j}} + a_{3j} \times GWP_{a_{3j}} + \dots + a_{Nj} \times GWP_{a_{Nj}}$$

dove:

$GWP_i$  is the global warming potential quantified for the module  $i$  of the building;

$a_{n,j}$  is the gross amount of product or service  $n$  used in the module  $i$  of the building ( $n = 1, 2, 3, \dots, N$ );

$GWP_{a_{n,j}}$  is the global warming potential of product or service  $n$  used in the module  $i$  of the building ( $n = 1, 2, 3, \dots, N$ ).

### 2.3.4.2.2 Comunicazione dei risultati dell'assessment

Sostanzialmente la comunicazione dovrà rispettare il seguente schema logico:

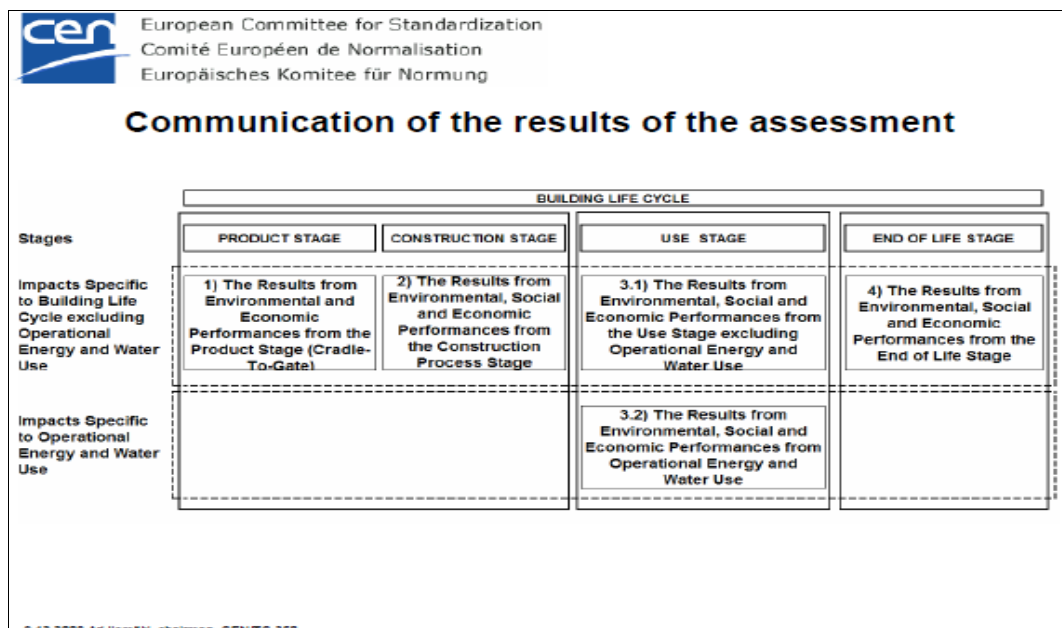


Fig. 2.130 - Schema per la comunicazione dei risultati della valutazione (Ilomäki A., 2008)

Il valutatore dovrà presentare i risultati del calcolo utilizzando i seguenti schemi (Fig. 2.131, Fig. 2.132, Fig. 2.133, Fig. 2.134):

*Impatti ambientali:*

**Table 7 — Table of results - environmental impacts**

Indicators for environmental impacts	Unit Indicator	Stage I Product	Stage II Construction process		Stage III Use						Stage IV End of life		Module D Benefits and loads beyond the system boundary						
			Transportation	Construction	Building in use					Energy use	Water use	Deconstruction/ demolition		Transportation	Waste processing disposal				
Use of products	maintenance	refurbishment			repair	refurbishment													
Global warming potential, GWP *	kg CO <sub>2</sub> equiv																		
Depletion potential of the stratospheric ozone layer, ODP	kg CFC 11 equiv																		
Acidification potential of land and water, AP	kg SO <sub>2</sub> equiv																		
Eutrophication potential, EP	kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> equiv																		
Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants, POCP	kg Ethene equiv																		
Abiotic Resource Depletion Potential, ADP elements	kg Sb equiv																		
Abiotic Resource Depletion Potential, ADP fossil fuels	MJ																		

Fig. 2.131 - Tabella di presentazione dei risultati degli impatti ambientali



*Rifiuti prodotti:*

Indicators for other environmental information	Unit indicator	Stage I Product	Stage II Construction process		Stage III Use					Stage IV End of life		Module D Benefits and loads beyond the system boundary
			Transportation	Construction	Building in use	Energy use	Water use	Deconstruction/ demolition	Transportation	Waste processing	disposal	
Use of products	maintenance	refurbishment										repair
Non hazardous waste to disposal	kg											
Hazardous waste to disposal	kg											
Radioactive waste	kg											

Fig. 2.133 - Tabella di presentazione dei risultati relativi ai rifiuti prodotti

*Flussi di materiali ed energia:*

**Table 10 — Table of results – output flows**

Indicators for other environmental information	Unit indicator	Stage I Product	Stage II Construction process		Stage III Use						Stage IV End of life		Module D Benefits and loads beyond the system boundary					
			Transportation	Construction	Building in use				Energy use	Water use	Deconstruction/ demolition	Transportation		Waste processing	disposal			
Use of products	maintenance	refurbishment			repair	refurbishment												
Components for reuse	kg																	
Material for recycling	kg																	
Material for energy recovery	kg																	
Exported energy	MJ																	

Fig. 2.134 - Tabella di presentazione dei risultati relativi ai flussi energetici

**2.3.4.3 Environmental Product Declaration (EPD)**

**2.3.4.3.1 Principi della EPD**

Due sono gli standard che fissano le regole per la dichiarazione ambientale di prodotto dei componenti l'edificio: Sustainability of construction works Environmental product declarations: EN15804 Core rules for the product category of construction products e EN 15942 Communication format business.

L'informazione contenuta nella dichiarazione è basata su un approccio LCA e copre la fornitura di materie prime, il trasporto, la produzione e processi associati. E' detta: "cradle to gate", ovvero dalla culla al cancello.

Lo schema seguente (Fig. 2.135) illustra il supporto della EPD ad una valutazione ambientale degli edifici.



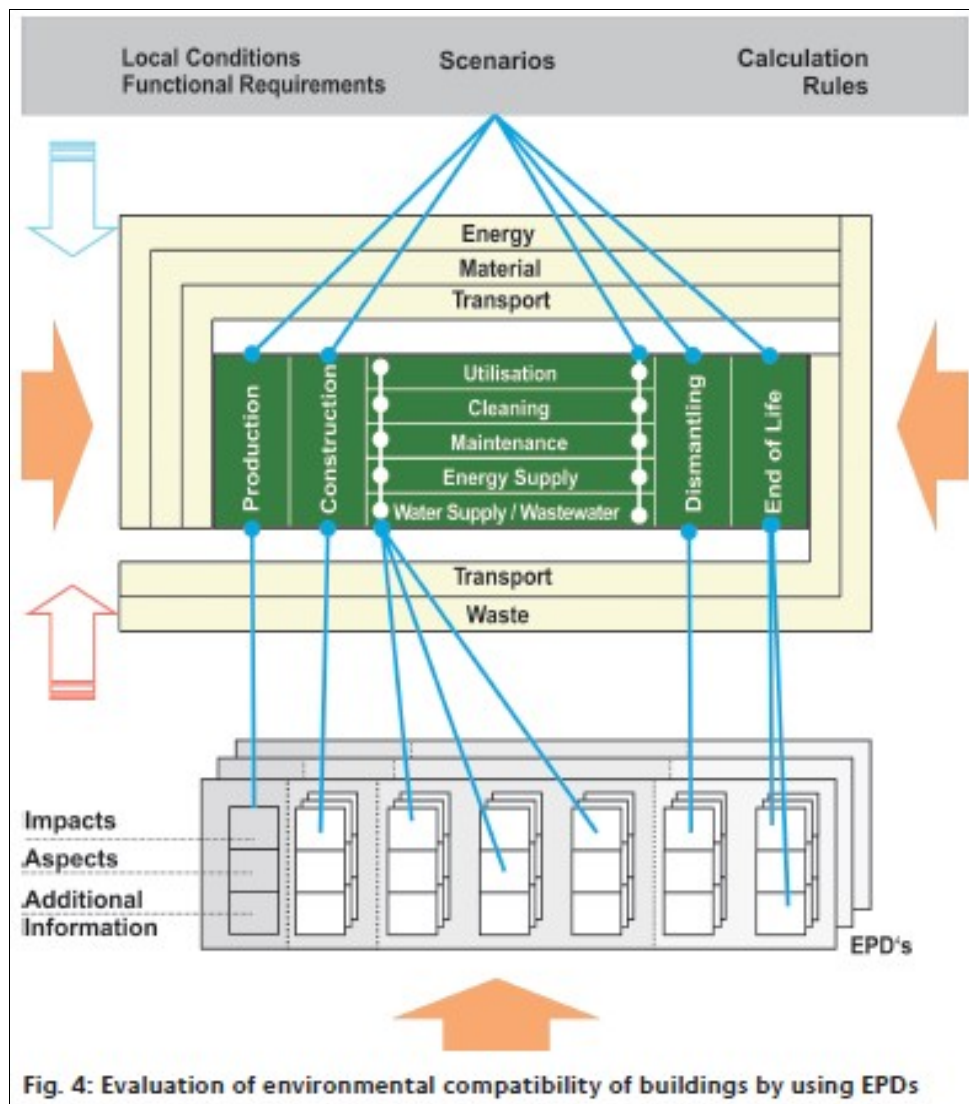


Fig. 2.135 - Schema di supporto ad una valutazione ambientale degli edifici che usa le EPD (German Federal Ministry of Transport, Building and Urban Affairs, 2009)

Si può avere una EPD per una sostanza o preparato (es. cemento), per un prodotto (es. finestra), per un servizio (es. servizio di pulizia come parte della manutenzione) o per un assemblato di prodotti o elementi (es. muro) o per un componente tecnico (es. ascensore).

Ma si possono avere EPD (Fig. 2.136) relative alle diverse fasi del ciclo di vita.

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

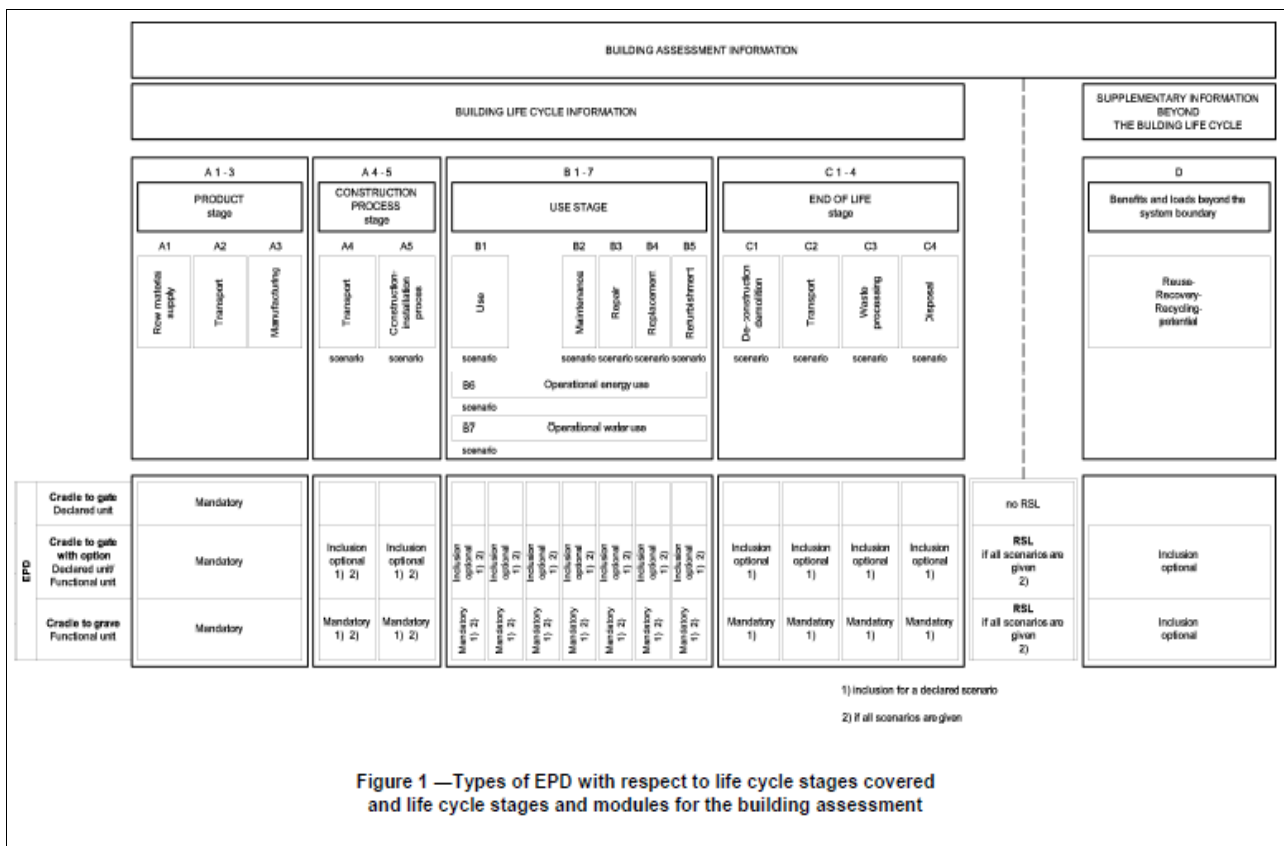


Figure 1 —Types of EPD with respect to life cycle stages covered and life cycle stages and modules for the building assessment

Fig. 2.136 - Tipi di EPD in funzione dei prodotti impiegati nelle fasi del ciclo di vita

### 2.3.4.3.2 Unità funzionale

L'unità funzionale definisce il modo in cui le funzioni identificate o le caratteristiche prestazionali del prodotto sono quantificate. Lo scopo principale è di fornire un'informazione normalizzata sulla base dei flussi di materiali (dati input e output). L'unità funzionale è riferita al prodotto da costruzione quando integrato nell'edificio. Inoltre è basata sulla RSL (Reference Service Life) o required service life dell'edificio (EN 15978) sotto condizioni d'uso definite.

L'unità dichiarata è usata invece dell'unità funzionale quando la precisa funzione del prodotto o gli scenari a livello di edificio non sono stabiliti o non sono noti.

L'unità dichiarata è una delle unità tipo sotto elencate:

- ♣ un elemento o un assemblato di elementi, ad es. 1 mattone, 1 finestra (di dimensioni da specificare)
- ♣ massa (kg), ad es. 1 kg di cemento
- ♣ lunghezza (m), ad es. 1 metro di tubo (di dimensioni da specificare)
- ♣ area (mq), ad es. 1 mq di muro, i mq di tetto (di dimensioni degli elementi da specificare)
- ♣ volume (mc), ad es. 1 mc di legno.

### 2.3.4.3.3 Reference Service Life (RSL)

La RSL sarà fornita dal produttore. La RSL sarà riferita alla prestazione funzionale e tecnica dichiarata del prodotto nell'edificio. Sarà stabilita nel rispetto di regole fissate dagli standard europei, tenendo conto delle ISO 15686-1, -2, -7 e -8.

Le proprietà del prodotto e le condizioni di riferimento saranno dichiarate insieme con la RSL, stabilendo che la RSL vale solo per quelle condizioni di riferimento.

#### 2.3.4.3.4 I confini del sistema

L'organizzazione dei confini del sistema segue due principi:

- ⤴ il “principio di modularità”: quando i processi influenzano la prestazione ambientale del prodotto durante il ciclo di vita, essi saranno assegnati al modulo del ciclo di vita dove sono inseriti e tutti gli aspetti ed impatti ambientali sono dichiarati nella fase dove si verificano
- ⤴ il “principio di chi inquina paga”: i processi del trattamento dei rifiuti saranno assegnati al sistema-prodotto che genera il rifiuto fino a che è stato raggiunto lo stato di fine-rifiuto.

La schematizzazione della modularità è la seguente (Fig. 2.137):

MODULES	Module A1-A3		A4 and A5	B1-B7	C1-C4
	Production of commodities, raw materials	Product manufacture	Installation processes	Use processes	End-of-life processes
Process type	Upstream processes	Processes the manufacturer has influence over	Downstream processes		
Data type	Generic data	Manufacturer's average or specific data	Generic data		

Fig. 2.137 - Tipo di dati (generici, specifici) da usare per le EPD in funzione dei moduli

#### 2.3.4.3.5 Valutazione degli impatti

La valutazione degli impatti è effettuata per le seguenti categorie, usando fattori di caratterizzazione applicati nel database europeo ELCD (European Reference Life Cycle Database) fornito dalla Commissione Europea (DG Joint Research Centre – Istituto per l'Ambiente e la Sostenibilità):

- ⤴ global warming
- ⤴ ozone depletion
- ⤴ acidification of land and water
- ⤴ eutrophication
- ⤴ photochemical ozone creation
- ⤴ depletion of abiotic resources (elements)
- ⤴ depletion of abiotic resources (fossil)

#### 2.3.4.3.6 Contenuti della EPD

Saranno dichiarati:

- ⤴ nome ed indirizzo del produttore
- ⤴ descrizione dell'uso del prodotto e unità funzionale o unità dichiarata del prodotto da costruzione cui i dati si riferiscono
- ⤴ identificazione del prodotto da costruzione per nome (incluso il codice di prodotto) e

- rappresentazione visuale semplice del prodotto cui i dati si riferiscono
- ⤴ descrizione dei principali componenti o materiali del prodotto
  - ⤴ nome del programma usato e nome dell'operatore ed indirizzo, se rilevante logo e website
  - ⤴ data della dichiarazione (gli anni di validità sono 5)
  - ⤴ informazione su quali fasi non sono considerate, se la dichiarazione non è basata su una LCA che copre tutte le fasi del ciclo di vita
  - ⤴ una attestazione che EPD di prodotti da costruzione non possono essere confrontate al di fuori dello standard
  - ⤴ nel caso che una EPD dichiari una media delle prestazioni ambientali per un numero di prodotti un'attestazione che tale effetto sarà incluso nella dichiarazione insieme ad una descrizione dell'intervallo / variabilità dei risultati LCIA se significanti
  - ⤴ il luogo (i luoghi), il produttore o gruppo di produttori per i quali la EPD è rappresentativa
  - ⤴ la dichiarazione del contenuto di materiali del prodotto elencherà un numero minimo di sostanze contenute in una lista quando il loro contenuto eccede i limiti per la registrazione con la "European Chemicals Agency"
  - ⤴ informazione su dove può essere ottenuto del materiale esplicativo.

Di seguito è riportato lo schema di dichiarazione (Fig. 2.138).

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

<b>Declaration of general information</b>		
a	The name and address of the manufacturer(s)	
b	The description of the construction product's use	
	The functional unit	
	The declared unit	
c	Construction product identification by name (including any. product code)	
	A simple visual representation of the construction product to which the data relates	
d	A description of the main product components and or material NOTE This description is intended to enable the user of the EPD to understand the composition of the product in delivery condition and also support a safe and effective installation, use and disposal of the product.	
e	Name of the programme used and the programme operator's name and address and, if relevant the logo and website	
f	The date the declaration was issued	
	The end of the 5 year period of validity	
g	Information on which stages are not considered, if the declaration is not based on an LCA covering all life cycle stages	
h	A statement that EPDs of construction products may not be comparable if they do not comply with this European Standard	
i	In the case where an EPD is declared as an average environmental performance for a number of products a statement to that effect shall be included in the declaration:	
	range/ variability of the LCIA results if significant	
j	For whom the EPD is representative: The site(s)	
	The manufacturer	
	The group of manufacturers or those representing them	
k	The declaration of material content of the product shall list as a minimum substances contained in the product that are listed in the "Candidate List of Substances of Very High Concern for authorisation" when their content exceeds the limits for registration with the European Chemicals Agency NOTE The source location of any safety data sheet can be provided.	
l	Information on where explanatory material may be obtained NOTE Guidance on safe and effective installation, use and disposal of the product is supplied by the manufacture.	
	http://: or contact for product safety sheet	
	http://: or contact for product related substances considered under REACH	
	Linked scenarios	
	FprEN 15804:2011, Figure 3 shall be completed and reproduced	

Fig. 2.138 - Schema di dichiarazione ambientale di prodotto secondo la normativa CEN / TC 350

In aggiunta alle informazioni sopra riportate (Fig. 2.138), sarà compilata la seguente tabella (Fig. 2.139) e riprodotta nella EPD:

Table 2 — Demonstration of verification	
CEN standard FprEN 15804 serves as the core PCR <sup>a</sup>	
Independent verification of the declaration, according to EN ISO 14025:2010	
<input type="checkbox"/> internal	<input type="checkbox"/> external
(Where appropriate <sup>b</sup> ) Third party verifier:	
<Name of the third party verifier>	
<sup>a</sup>	Product category rules
<sup>b</sup>	Optional for business-to-business communication; mandatory for business-to-consumer communication (see EN ISO 14025:2010, 9.4).

Fig. 2.139 - Tabella di accompagnamento alla EPD

### 2.3.4.3.7 Parametri che descrivono gli impatti ambientali

L'informazione sugli impatti ambientali è espressa attraverso predeterminati parametri (Fig. 2.140), che saranno utilizzati nella EPD:

Table 3 — Parameters describing environmental impacts		
Impact Category	Parameter	Parameter unit expressed per functional/declared unit
Global Warming	Global warming potential, GWP;	kg CO <sub>2</sub> equiv
Ozone Depletion	Depletion potential of the stratospheric ozone layer, ODP;	kg CFC 11 equiv
Acidification for soil and water	Acidification potential of soil and water, AP;	kg SO <sub>2</sub> equiv
Eutrophication	Eutrophication potential, EP;	kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> equiv
Photochemical ozone creation	Formation potential of tropospheric ozone,, POCP;	kg Ethene equiv
Depletion of abiotic resources-elements	Abiotic depletion potential (ADP-elements) for non fossil resources <sup>a</sup>	kg Sb equiv
Depletion of abiotic resources-fossil fuels	Abiotic depletion potential (ADP-fossil fuels) for fossil resources <sup>a</sup>	MJ, net calorific value
<sup>a</sup> The abiotic depletion potential is calculated and declared in two different indicators: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ADP-elements: include all non renewable, abiotic material resources (i.e. excepting fossil resources);</li> <li>• ADP -fossil fuels include all fossil resources.</li> </ul>		

Fig. 2.140 - Indicatori di impatto ambientale nella EPD

L'indicatore che descrive l'esaurimento di risorse abiotiche è oggetto di futuro sviluppo scientifico. Pertanto nella revisione dello standard è inteso che sarà rivisto.

Lo stesso dicasi per i parametri che descrivono le emissioni di radiazioni ionizzanti e il loro impatto sulla salute umana e / o gli ecosistemi.

Di seguito sono descritti i parametri relativi agli impatti ambientali (Scudo G., 2008) nelle diverse fasi del ciclo di vita.

#### 2.3.4.3.8 Parametri che descrivono l'uso delle risorse

I parametri (Fig. 2.141) sotto riportati descrivono l'uso delle risorse (materiali, energia ed acqua) rinnovabili e non rinnovabili. L'energia impiegata considerata comprende sia quella rinnovabile sia non rinnovabile.

<b>Parameter</b>	<b>Parameter unit expressed per functional/declared unit</b>
Use of renewable primary energy excluding renewable primary energy resources used as raw materials	MJ, net calorific value
Use of renewable primary energy resources used as raw materials	MJ, net calorific value
Total use of renewable primary energy resources (primary energy and primary energy resources used as raw materials)	MJ, net calorific value
Use of non renewable primary energy excluding non renewable primary energy resources used as raw materials	MJ, net calorific value
Use of non renewable primary energy resources used as raw materials	MJ, net calorific value
Total use of non renewable primary energy resources (primary energy and primary energy resources used as raw materials)	MJ, net calorific value
Use of secondary material	kg
Use of renewable secondary fuels	MJ, net calorific value
Use of non renewable secondary fuels	MJ, net calorific value
Use of net fresh water	m <sup>3</sup>

Fig. 2.141 - Indicatori di uso delle risorse nella EPD

Di seguito i parametri relativi all'uso delle risorse nelle diverse fasi del ciclo di vita:

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Table A.3 — Parameters describing resource use, primary energy								
Declaration of environmental parameters derived from LCA								
Parameters describing resource use, primary energy								
			Use of renewable primary energy excluding renewable primary energy resources used as raw materials	Use of renewable primary energy resources used as raw materials	Total use of renewable primary energy resources (primary energy and primary energy resources used as raw materials)	Use of non renewable primary energy excluding non renewable primary energy resources used as raw materials	Use of non renewable primary energy resources used as raw materials	Total use of non renewable primary energy resources (primary energy and primary energy resources used as raw materials)
			MJ Net calorific value	MJ Net calorific value	MJ Net calorific value	MJ Net calorific value	MJ Net calorific value	MJ Net calorific value
Product stage	Raw material supply	A1						
	Transport	A2						
	Manufacturing	A3						
	Total (of product stage)	Total						
Construction process stage	Transport	A4						
	Construction installation process	A5						
Use stage	Use	B1						
	Maintenance	B2						
	Repair	B3						
	Replacement	B4						
	Refurbishment	B5						
	Operational energy use	B6						
	Operational water use	B7						
End of life	De-construction, demolition	C1						
	Transport	C2						
	Waste processing	C3						
	Disposal	C4						
Potential benefits and loads beyond the system boundaries	Re-use, recovery, recycling potential	D						

Fig. 2.142 - Indicatori di uso delle risorse nella EPD, in relazione alle fasi del ciclo di vita

### 2.3.4.3.9 Altre informazioni ambientali che descrivono le diverse categorie di rifiuti e flussi in uscita

I parametri che descrivono le diverse categorie di rifiuti e flussi in uscita (Fig. 2.143) sono i seguenti:

Table 5 — Other environmental information describing waste categories	
Parameter	Parameter unit expressed per functional/declared unit
Hazardous waste disposed	kg
Non hazardous waste disposed	kg
Radioactive waste disposed	kg

Table 6 — Other environmental information describing output flows	
Parameter	Parameter unit expressed per functional/declared unit
Components for re-use	kg
Materials for recycling	kg
Materials for energy recovery	kg
Exported energy	MJ per energy carrier

Fig. 2.143 - Altre informazioni per i rifiuti e flussi in uscita nella EPD



Di seguito sono riportati (Fig. 2.144) i parametri relativi alla gestione dei rifiuti nelle diverse fasi del ciclo di vita. Come si può facilmente notare, ogni fase è interessata dalla produzione di rifiuti.

<b>Declaration of environmental parameters derived from LCA</b>					
<b>Other environmental information describing waste categories</b>					
			Hazardous waste disposed	Non hazardous waste disposed	Radioactive waste disposed
			kg	kg	kg
Product stage	Raw material supply	A1			
	Transport	A2			
	Manufacturing	A3			
	Total of product stage	Total			
Construction process stage	Transport	A4			
	Construction installation process	A5			
Use stage	Use	B1			
	Maintenance	B2			
	Repair	B3			
	Replacement	B4			
	Refurbishment	B5			
	Operational energy use	B6			
End of life	Operational water use	B7			
	De-construction /demolition	C1			
	Transport	C2			
	Waste processing	C3			
Benefits and loads beyond the system boundaries	Disposal	C4			
	Reuse, recovery, recycling potential	D			

Fig. 2.144 - Altre informazioni sulle categorie di rifiuti nella EPD

Di seguito (Fig. 2.145) sono riportati i parametri relativi ai flussi in uscita nelle diverse fasi del ciclo di vita (Daniotti B., 2012):

<b>Other environmental information describing output flows</b>	
Components for re-use	kg
Materials for recycling	kg
Materials for energy recovery	kg
Exported energy	MJ per energy carrier

Fig. 2.145 - Altre informazioni sui flussi nella EPD

### 2.3.4.3.10 Informazioni tecniche relative agli scenari

Di seguito (Fig. 2.146, Fig. 2.147, Fig. 2.148) si riportano le tabelle, pubblicate nella norma europea, che indicano gli schemi da seguire per riportare le informazioni aggiuntive rispetto a quelle fondamentali, a completamento di una dichiarazione ambientale di prodotto. Ciò al fine di consentire al valutatore e comunque all'utilizzatore del prodotto di disporre di un'informazione più esaustiva possibile, in attuazione del principio di trasparenza che è alla base del sistema di norme volute dalla Commissione Europea per la valutazione della sostenibilità degli edifici e che richiama quelli di riferimento essenziale delle politiche a tutela del consumatore e del funzionamento del libero mercato interno ai confini della UE.

Table A.7 — Scenarios and technical information			
Additional technical information (FprEN 15804:2011, Table 5-10)			
Scenario title	Parameter	Units	Results
Use stage related to the building fabric (FprEN 15804:2011, Table 5) A4 Transport to the building site	Fuel type and consumption of vehicle or vehicle type used for transport e.g. long distance truck, boat	Litre of fuel type per distance or vehicle type, Commission Directive 2007/37/EC (European Emission Standard)	
	Distance	km	
	Capacity utilisation (including empty returns)	%	
	Bulk density of transported products	kg/m <sup>3</sup>	
	Volume capacity utilisation factor (factor: = 1 or < 1 or ≥ 1 for compressed or nested packaged products)	Not applicable	
	Description of scenario 1	Text	
	Description of scenario n	Text	
Use stage related to the building fabric (FprEN 15804:2011, Table 6) A5 Installation in the building	Ancillary materials for installation (specified by material);	kg or other units as appropriate	
	Water use	m <sup>3</sup>	
	Other resource use	kg	
	Quantitative description of energy type (regional mix) and consumption during the installation process	kWh or MJ	
	Wastage of materials on the building site before waste processing, generated by the product's installation (specified by type)	kg	
	Output materials (specified by type) as result of waste processing at the building site e.g. of collection for recycling, for energy recovery, disposal (specified by route)	kg	
	Direct emissions to ambient air, soil and water	kg	
	Description of scenario 1	Text	
Use stage related to the building fabric (FprEN 15804:2011, Table 7) B2 Maintenance	Maintenance process	Description or source where description can be found	
	Maintenance cycle	Number per RSL or year*	
	Ancillary materials for maintenance (e.g. cleaning agent, specify materials)	kg / cycle	
	Wastage material during maintenance (specify materials)	kg	
	Net fresh water consumption	m <sup>3</sup>	
	Energy input during maintenance (e.g. vacuum cleaning), energy carrier type e.g. electricity, and amount, if applicable and relevant	kWh	
	Description of scenario 1	Text	
Description of scenario n	Text		

Fig. 2.146 - Informazioni tecniche aggiuntive nella EPD, relative agli scenari

Use stage related to the building fabric (FprEN 15804:2011, Table 7) <b>B3 Repair</b>	Repair process	Description or source where description can be found	
	Inspection process	Description or source where description can be found	
	Repair cycle	Number per RSL or year	
	Ancillary materials, (e.g. lubricant, specify materials)	kg or kg / cycle	
	Wastage material during repair, (specify materials)	kg	
	Net fresh water consumption	m <sup>3</sup>	
	Energy input during repair (e.g. crane activity), energy carrier type e.g. electricity, and amount	kWh / RSL, kWh / cycle	
	<i>Description of scenario 1</i>	Text	
	<i>Description of scenario n</i>	Text	
Use stage related to the building fabric (FprEN 15804:2011, Table 7) <b>B4 Replacement</b>	Replacement cycle	Number per RSL or year	
	Energy input during replacement (e.g. crane activity), energy carrier type, (e.g. electricity) and amount if applicable and relevant	kWh	
	Exchange of worn parts during the product's life cycle, (e.g. zinc galvanised steel sheet), specify materials	kg	
	<i>Description of scenario 1</i>	Text	
	<i>Description of scenario n</i>	Text	
Use stage related to the building fabric (FprEN 15804:2011, Table 7) <b>B5 Refurbishment</b>	Refurbishment process	Description or source where description can be found	
	Refurbishment cycle	Number per RSL or year	
	Energy input during refurbishment (e.g. crane activity), energy carrier type e.g. electricity, and amount if applicable and relevant	kWh	
	Material input for refurbishment (e.g. bricks), including ancillary materials for the refurbishment process (e.g. lubricant, specify materials)	kg or kg / cycle	
	Wastage material during refurbishment, (specify materials)	kg	
	Further assumptions for scenario development (e.g. frequency and time period of use, number of occupants)	units as appropriate	
	<i>Description of scenario 1</i>	Text	
	<i>Description of scenario n</i>	Text	

Fig. 2.147 - Informazioni tecniche aggiuntive nella EPD, correlate agli scenari

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Reference service life(FprEN 15804:2011, Table 8)	Reference service life	Years	
	Declared product properties (at the gate) and finishes, etc.	Units as appropriate	
	Design application parameters (if instructed by the manufacturer), including the references to the appropriate practices	Units as appropriate	
	An assumed quality of work, when installed in accordance with the manufacturer's instructions	Units as appropriate	
	Outdoor environment, (for outdoor applications), e.g. weathering, pollutants, UV and wind exposure, building orientation, shading, temperature	Units as appropriate	
	Indoor environment (for indoor applications), e.g. temperature, moisture, chemical exposure	Units as appropriate	
	Usage conditions, e.g. frequency of use, mechanical exposure	Units as appropriate	
	Maintenance e.g. required frequency, type and quality and replacement of replaceable components	Units as appropriate	
	<i>Description of scenario 1</i>	Text	
	<i>Description of scenario n</i>	Text	
Use stage related to the operation of the building (FprEN 15804:2011, Table 9) B6 and B7 use of energy and use of water	Ancillary materials specified by material	kg or units as appropriate	
	Net fresh water consumption	m <sup>3</sup>	
	Type of energy carrier (e.g. electricity, natural gas, district heating)	kWh	
	Power output of equipment	kW	
	Characteristic performance (e.g. energy efficiency, emissions, variation of performance with capacity utilisation)	units as appropriate	
	Further assumptions for scenario development, (e.g. frequency and time period of use, number of occupants)	units as appropriate	
	<i>Description of scenario 1</i>	Text	
	<i>Description of scenario n</i>	Text	
End of life of the product C1-C4 (FprEN 15804:2011, Table 10)	Collection process specified by type	kg collected separately	
		kg collected with mixed construction waste	
	Recovery system specified by type	kg for re-use	
		kg for recycling	
		kg for energy recovery	
	Disposal specified by type	kg product or material for final deposition	
	Assumptions for scenario development (e.g. transportation)	units as appropriate	
<i>Description of scenario 1</i>	Text		
<i>Description of scenario n</i>	Text		

Fig. 2.148 - Informazioni tecniche aggiuntive nella EPD, correlate agli scenari

### 2.3.4.3.11 Informazioni tecniche aggiuntive relative al rilascio di sostanze pericolose negli ambienti interni, nel suolo, nell'acqua durante la fase operativa

La norma europea comprende anche le indicazioni nella EPD riguardo alla comunicazione delle informazioni tecniche sulle sostanze pericolose per l'aria interna, il suolo e l'acqua che possono essere rilasciate dal prodotto in fase d'uso (Fig. 2.149).

**Table A.8 — Additional information on release of dangerous substances to indoor air, soil and water during the use stage**

Additional information on release of dangerous substances to indoor air, soil and water during the use stage			
Scenario title	Parameter	Units	Results
Release scenario Indoor air	Test results according to CEN/TC 351	*	
	<i>Description of scenario 1</i>	Text	
	<i>Description of scenario n</i>	Text	
Release scenario Soil	Test results according to CEN/TC 351	*	
	<i>Description of scenario 1</i>	Text	
	<i>Description of scenario n</i>	Text	
Release scenario Water	Test results according to CEN/TC 351	*	
	<i>Description of scenario 1</i>	Text	
	<i>Description of scenario n</i>	Text	
* Emissions to indoor air and releases to soil and water according to the horizontal standards on measurement of release of regulated dangerous substances from construction products using harmonised testing methods according to the provisions of the respective Technical Committees for European product standards, when available.			

Fig. 2.149 - Schema per la comunicazione delle informazioni tecniche sulle sostanze pericolose per l'aria interna, il suolo e l'acqua che possono essere rilasciate dal prodotto in fase d'uso

### 2.3.4.3.12 Verifica e validità di una EPD

Una EPD è valida per 5 anni dalla data dell'emissione, dopo la quale sarà revisionata e verificata. Sarà rivista anche, se necessario, in caso di cambiamenti della tecnologia o altre circostanze che potrebbero alterare i contenuti e l'accuratezza della dichiarazione. Viceversa, una EPD non deve essere rivista se i dati non sono cambiati significativamente (oltre il + - 20 %). Il processo di verifica della validità è gestito nel rispetto della EN ISO 14025 e ISO 21930.

## Simboli e abbreviazioni

La norma precisa la corrispondenza dei simboli ed abbreviazioni (Fig. 2.150), prevenendo possibili equivoci sull'applicazione.

<b>B2B</b>	<b>Business-to-business</b>
<b>EPD</b>	<b>Environmental Product Declaration</b>
<b>ITM</b>	<b>Information Transfer Matrix</b>
<b>LCA</b>	<b>Life Cycle Assessment</b>
<b>LCIA</b>	<b>Life Cycle Impact Assessment</b>
<b>PCR</b>	<b>Product Category Rules</b>

Fig. 2.150 - Simboli e abbreviazioni

### 2.3.4.3.13 Norme relazionate agli standard europei sulla EPD

Una serie di norme relazionate agli standard per la EPD sono oggetto di attività in corso da parte del CEN. Si tratta al momento di norme per la determinazione delle sostanze pericolose rilasciate dai materiali. Questo mostra ancora una volta l'importanza strategica della EPD nel quadro della produzione del settore delle costruzioni europeo. La figura successiva (Fig. 2.151) le raggruppa:

<b>CEN/TC 351 - Standards under development</b>					
	<b>Project reference</b>	<b>Title</b>	<b>Candidate citation in OJEU*</b>	<b>Current status</b>	<b>DAV</b>
00351001	CEN/TR 15858:2009	Construction products - Assessment of the release of regulated dangerous substances from construction products based on the WT, WFT/FT procedures	No (89/106/EEC)	Approved	0001-01
00351006	TC 351 WI 00351006	Construction products - Assessment of emissions of regulated dangerous substances from construction products - Determination of emissions into indoor air	No (89/106/EEC)	Under Drafting	2012-07
00351008	CEN/TC 351/AG 1 N 177	Guidance standard for CEN Product TCs for selection of leaching tests appropriate for their product(s) - General principles	No (89/106/EEC)	Under Drafting	2012-07
00351009	CEN/TC 351/AG 1 N 178	Generic horizontal dynamic surface leaching test (DSLTL) for determination of surface dependent release of substances from monolithic or plate-like or sheet-like construction products	No (89/106/EEC)	Under Drafting	2012-07
00351010	CEN/TC 351/AG 1 N 162	Generic horizontal up-flow percolation test for determination of the release of substances from granular construction products	No (89/106/EEC)	Under Drafting	2012-07

Fig. 2.151 - Quadro delle norme CEN relazionate a quelle sulla EPD (Fonte: www.cen.eu)

#### **2.3.4.3.14 Recepimento a livello nazionale della normativa sulla dichiarazione ambientale di prodotto**

In Germania le dichiarazioni ambientali di prodotto sono il risultato di un processo (Fig. 2.152) che si articola in 3 stadi, ad ognuno dei quali sono coinvolti un certo numero e tipo di stakeholders, compresi autorità pubbliche ed enti indipendenti, per assicurare trasparenza e terzietà. Sin dall'inizio è aperta anche una consultazione pubblica. Nella prima fase è prodotto un documento (PCR - Product Category Rules) sugli effetti ambientali, da un gruppo di esperti e produttori, che si riunisce in forum ed è moderato dall'IBU. IBU – Institute Construction and Environment e.V. è un'iniziativa dei produttori tedeschi che hanno deciso di supportare la domanda di sostenibilità proveniente dal settore delle costruzioni.

Il documento è poi verificato da un altro gruppo di esperti e successivamente da un altro comitato, composto da progettisti, costruttori, autorità pubbliche ed altre parti interessate. Nella seconda fase viene messa a punto la dichiarazione, sulla base degli effetti stimati attraverso test di prova. Nella terza e ultima fase un altro comitato di esperti verifica la EPD.

A differenza di altri paesi come quelli nordici e quelli anglosassoni, dove la ricerca sul ciclo di vita dei prodotti è avanzata, l'Italia non ha purtroppo ancora avviato un vero sistema di etichettatura ecologica. In riferimento all'attività di standardizzazione del CEN / TC 350 e alla situazione dell'Italia in merito al recepimento degli standard sulla dichiarazione ambientale di prodotto, il Prof. Mario Grosso del Politecnico di Torino, coordinatore del Mirror group italiano del CEN / TC350, UNI GL4 "Sostenibilità in edilizia", ha infatti recentemente commentato: "Sul fronte dei prodotti, il problema principale è quello della mancanza di un sistema nazionale di PCR (Product Category Rule), per le principali categorie di prodotti da costruzione, al fine di sviluppare un sistema fondato su dati di riferimento credibili e legati al territorio, per lo sviluppo di EPD. Tale sistema è essenziale, e lo sarà in modo crescente nei prossimi anni, per garantire competitività ai prodotti italiani nel mercato europeo e mondiale" (Grosso M., "Le normative europee per la verifica della sostenibilità ambientale degli edifici e dei materiali da costruzione", Bioedilizia Italia 2012 - Quarta edizione, Torino Lingotto, 24-25 maggio 2012).

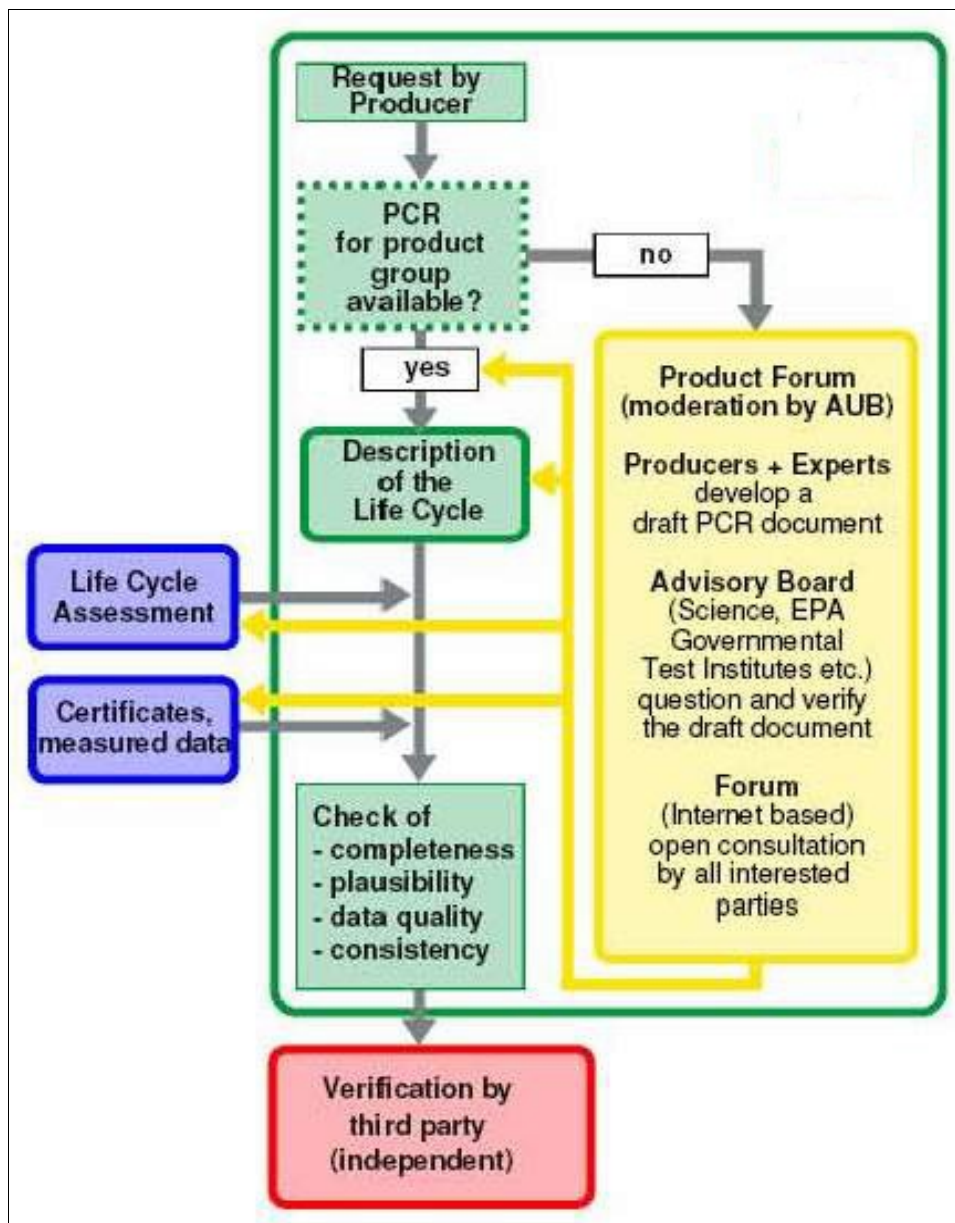


Fig. 2.152 - Schema di processo per la produzione di una EPD in Germania, coordinato dall'IBU (Institute Construction and Environment e.V.)



### 2.3.4.4 Construction Products Regulation (CPR)

#### 2.3.4.4.1 Obiettivi del Regolamento

Il Regolamento (UE) N. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011, pubblicato il 4 aprile 2011 sulla gazzetta ufficiale dell'Unione Europea ed entrato in vigore 20 giorni dopo, fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione, abrogando la Direttiva 89/106/CEE del Consiglio, dopo oltre vent'anni di difficoltosa applicazione.

Il Regolamento dei prodotti da costruzione, detto in breve CPR, acronimo di Construction Products Regulation, ha ad oggi completato il periodo di transizione, essendo entrato in vigore completamente dal primo luglio 2013.

Attraverso il nuovo Regolamento, a livello di UE si era inteso innanzitutto rispondere a una forte istanza di *chiarimento* sulla marcatura CE da parte degli attori del settore delle costruzioni, dai concetti base all'uso del marchio per i prodotti. Secondariamente, si era ritenuta necessaria una *semplificazione* del sistema basato sulla Direttiva 89/106/CEE (per esempio introducendo procedure semplificate per PM/Micro Imprese) e favorire un incremento della *credibilità* dell'intero sistema (ad esempio mediante nuovi e più rigorosi requisiti per gli organismi coinvolti nella verifica della costanza della prestazione dei PdC). Infine, si era avvertita una maggiore esigenza, rispetto al passato, di *armonizzazione* nell'ambito dell'UE delle condizioni per la commercializzazione dei prodotti da costruzione.

#### 2.3.4.4.2 Novità introdotte

A differenza della precedente direttiva, il Regolamento è immediatamente efficace e rispetto ai precedenti 27 regolamenti nazionali differenti (altrettante implementazioni) assicura le stesse regole in tutti gli Stati Membri, i quali non possono più avvalersi di clausole elastiche per le proprie aziende, troppe volte messe a punto per tamponare le conseguenze del rallentamento dell'emanazione dei regolamenti attuativi.

A partire dalla definizione di un linguaggio tecnico comune, salute e sicurezza dei lavoratori e dei consumatori e tutela dell'ambiente sono gli obiettivi prioritari che il Regolamento persegue, individuando altresì, in maniera più precisa rispetto al passato, le responsabilità dei singoli attori, a tutela del mercato e della sicurezza e qualità delle opere.

Tra le novità che esso introduce rispetto alla Direttiva, vi è la definizione ed uso della dichiarazione di prestazione (che sostituisce la dichiarazione di conformità). Il cambiamento non è solo terminologico ma comporta una maggiore completezza e chiarezza di informazioni che accompagnano il prodotto. I 6 requisiti essenziali, cui se ne aggiunge un settimo legato alla sostenibilità, vengono mantenuti e chiamati "requisiti di base" (Fig. 2.153).

I prodotti da costruzione, inoltre, sono considerati come parti dell'edificio, durante il suo *ciclo di vita* (Daniotti B., 2012). E' bene precisare, comunque, che le norme europee EN di riferimento restano per il momento quelle già esistenti ed emesse a suo tempo ai fini della direttiva CPD. La Commissione darà incarico al CEN attraverso un mandato per la loro revisione ed adeguamento ai requisiti di base come riportati nell'allegato I della CPR.

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Le novità dei prodotti da costruzione <b>dossier</b>	Direttiva sui Prodotti da Costruzione 89/106/CEE (CPD)	Regolamento sui Prodotti da Costruzione No 305/2011 (CPR)
	<p style="text-align: center;">↓</p> Requisiti Essenziali (ERs)	<p style="text-align: center;">↓</p> Requisiti di base delle opere di costruzione (BWRs)
	<p><b>1 Resistenza meccanica e stabilità</b></p> <p>L'opera deve essere concepita e costruita in modo che le azioni cui può essere sottoposta durante la costruzione e l'utilizzazione non provochino:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• il crollo dell'intera opera o di una sua parte;</li> <li>• deformazioni di importanza inammissibile;</li> <li>• danni ad altre parti dell'opera o alle attrezzature principali o accessorie in seguito a una deformazione di primaria importanza degli elementi portanti;</li> <li>• danni accidentali sproporzionati alla causa che li ha provocati.</li> </ul> <p><b>2 Sicurezza in caso di incendio</b></p> <p>L'opera deve essere concepita e costruita in modo che, in caso di incendio:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• la capacità portante dell'edificio possa essere garantita per un periodo di tempo determinato;</li> <li>• la produzione e la propagazione del fuoco e del fumo all'interno delle opere siano limitate;</li> <li>• la propagazione del fuoco ad opere vicine sia limitata;</li> <li>• gli occupanti possano lasciare l'opera o essere soccorsi altrimenti;</li> <li>• sia presa in considerazione la sicurezza delle squadre di soccorso.</li> </ul> <p><b>3 Igiene, salute e ambiente</b></p> <p>L'opera deve essere concepita e costruita in modo da non compromettere l'igiene o la salute degli occupanti o dei vicini e in particolare in modo da non provocare:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sviluppo di gas tossici;</li> <li>• presenza nell'aria di particelle o di gas pericolosi;</li> <li>• emissione di radiazioni pericolose;</li> <li>• inquinamento o tossicità dell'acqua o del suolo;</li> <li>• difetti nell'eliminazione delle acque di scarico, dei fumi e dei rifiuti solidi o liquidi;</li> <li>• formazione di umidità su parti o pareti dell'opera.</li> </ul> <p><b>4 Sicurezza nell'impiego</b></p> <p>L'opera deve essere concepita e costruita in modo che la sua utilizzazione non comporti rischi di incidenti inammissibili, quali scivolate, cadute, collisioni, bruciature, folgorazioni, ferimenti a seguito di esplosioni.</p> <p><b>5 Protezione contro il rumore</b></p> <p>L'opera deve essere concepita e costruita in modo che il rumore cui sono sottoposti gli occupanti e le persone situate in prossimità si mantenga a livelli che non nuocciano alla loro salute tali da consentire soddisfacenti condizioni di sonno, di riposo e di lavoro.</p> <p><b>6 Risparmio energetico e ritenzione di calore</b></p> <p>L'opera ed i relativi impianti di riscaldamento, raffreddamento ed aerazione devono essere concepiti e costruiti in modo che il consumo di energia durante l'utilizzazione dell'opera sia moderato, tenuto conto delle condizioni climatiche del luogo, senza che ciò pregiudichi il benessere termico degli occupanti.</p>	<p style="text-align: center;"><b>I 6 REQUISITI ESSENZIALI SONO MANTENUTI E PRENDONO IL NOME DI "REQUISITI DI BASE DELLE OPERE DI COSTRUZIONE"</b></p>
	<p><b>IL NUOVO 7° REQUISITO DI BASE PREVISTO DAL CPR</b> →</p>	<p><b>7 Impiego sostenibile delle risorse naturali</b></p> <p>Tale requisito prevede che <i>un'opera debba essere progettata, costruita, gestita e demolita in modo che l'impiego delle risorse naturali sia sostenibile e al tempo stesso assicurando la riciclabilità dell'opera e dei materiali dopo la demolizione, la durabilità, nonché che le materie prime e secondarie utilizzate siano compatibili dal punto di vista ambientale</i>. Si prende pertanto in considerazione l'intero ciclo di vita dell'opera.</p>

Fig. 2.153 - Quadro legislativo di riferimento (Mira monti C., 2013)

### 2.3.4.4.3 Disposizioni rilevanti

#### **Tutela dell'ambiente**

Le opere di costruzione devono essere concepite e realizzate in modo da non esercitare un impatto eccessivo, per tutto il loro *ciclo di vita*, sulla qualità dell'ambiente o sul clima. Il requisito di base delle opere di costruzione relativo all'*uso sostenibile delle risorse naturali* dovrebbe in particolare tener conto della possibilità di *riciclo* delle opere di costruzione, dei loro materiali e delle loro parti dopo la demolizione, della durabilità delle opere e dell'uso di materie prime e secondarie ecologicamente compatibili.

#### **Dichiarazione di prestazione**

Quando un prodotto da costruzione rientra nell'ambito di applicazione di una norma armonizzata o è conforme a una valutazione tecnica europea rilasciata per il prodotto in questione, il fabbricante redige una *dichiarazione di prestazione* all'atto dell'immissione di tale prodotto sul mercato.

#### **Sostanze pericolose**

La *dichiarazione di prestazione* dovrà riportare informazioni relative al contenuto di sostanze pericolose nel prodotto da costruzione, al fine di migliorare la possibilità di realizzare costruzioni eco sostenibili e lo sviluppo di prodotti rispettosi dell'ambiente.

#### **Procedure semplificate**

Sono previste *procedure semplificate* per compilare le dichiarazioni di prestazione al fine di alleviare l'onere finanziario delle imprese, in particolare le *piccole e medie imprese* (PMI).

#### **Marcatura CE**

La marcatura CE è apposta *solo* sui prodotti da costruzione per i quali il fabbricante ha redatto una dichiarazione di prestazione.

#### **Norme armonizzate**

Dovrà essere elaborato un *metodo uniforme europeo per l'attestazione di conformità* ai requisiti fondamentali.

#### **Documento per la valutazione europea**

Viene elaborato e adottato un documento per la valutazione europea per qualsiasi prodotto da costruzione che *non rientra o non rientra interamente* nell'ambito di applicazione di una norma armonizzata, la cui prestazione in relazione alle caratteristiche essenziali non possa essere pienamente valutata in base ad una norma armonizzata esistente.

#### **Punti di contatto**

Per garantire accessibilità alle regole tecniche nazionali, soprattutto per le *PMI*, gli Stati membri dovranno designare punti di contatto di prodotti da costruzione, anche relativamente all'*incorporazione, assemblaggio o installazione*.

### 2.3.4.4.4 Dichiarazione di prestazione

A norma del Regolamento, le prestazioni del prodotto devono essere *valutate, provate, calcolate, espresse, garantite, dichiarate*. Il *Direttore dei lavori*, come anche l'*installatore*, il cosiddetto "user" (utilizzatore), dovranno leggere la *dichiarazione di prestazione* e valutare l'idoneità all'uso per l'applicazione specifica. Questi rappresenta in effetti il primo controllore nel mercato, accettando o meno il prodotto.

La dichiarazione di prestazione (artt. 4, 5,6) che, a differenza della attestazione di conformità, che nasceva come una conformità a una specifica tecnica nazionale, è tesa a fornire una garanzia armonizzata, quindi nota a tutti, basata su regole e linguaggio comuni, europei, rappresenta pertanto il documento fondamentale. Come specificato all'art. 6, la dichiarazione non può essere vuota, ma

deve contenere almeno una delle caratteristiche essenziali. In caso di caratteristiche regolate da norme armonizzate oltre che la dichiarazione di prestazione, qualsiasi documento (comprese le presentazioni tecniche-commerciali) redatto dal produttore dovrà riportare quelle prestazioni.

Le caratteristiche essenziali sono stabilite in funzione dei requisiti di base delle opere. L'art. 3.3, che scaturisce da una richiesta di chiarimento ma anche di armonizzazione, è particolarmente innovativo al riguardo: la Commissione ha facoltà di stabilire un set minimo di caratteristiche che dovranno essere dichiarate da tutti i produttori e ovunque nella UE, ma che potrà anche essere ampliato dallo Stato Membro dove si intende immettere il prodotto sul mercato.

Il Regolamento autorizza, tuttavia, deroghe all'obbligo di redigere una dichiarazione di prestazione (art. 5), ma non alle responsabilità ad essa connesse, come nel caso dei prodotti fabbricati in cantiere. Il principio fondamentale da rispettare, in ogni caso, è che le *procedure semplificate* non si applicano mai alla sicurezza delle opere. Inoltre, queste non sono pensate come "assegno in bianco" per le micro imprese, bensì ammesse per i prodotti cui siano applicabili i sistemi più bassi per la dichiarazione. Ancora una volta il Regolamento tende a non sacrificare alcuno degli obiettivi della semplificazione e al contempo della credibilità del sistema.

Sul caso in cui un prodotto da costruzione rientra nell'ambito di applicazione di una HS o è conforme a un ETA, la direttiva precedente era generica. ETA oggi non è più un benessere, ma è solo una valutazione. Ora (artt. 17 e 18) le informazioni, sotto qualsiasi forma, sulla sua prestazione in relazione alle caratteristiche essenziali, come definite nella specifica tecnica armonizzata applicabile, possono essere fornite solo se comprese e specificate nella dichiarazione di prestazione, eccetto nei casi in cui, in conformità dell'articolo 5, non è stata redatta alcuna dichiarazione di prestazione.

Per la *valutazione e controllo* degli organismi notificati, che in Italia potrà essere affidata ad Accredia, lo Stato Membro resta responsabile dell'organizzazione ed esecuzione delle procedure per la notifica dei NB.

#### **2.3.4.4.5 Ciclo di vita e requisiti essenziali: il settimo requisito di sostenibilità**

Nell'allegato 1 è introdotto il *ciclo di vita*, un riferimento che risulta diffuso in tutto il Regolamento, ribadendo che "gli standard di salute e sicurezza - anche dei lavoratori - devono essere mantenuti in tutte le fasi, dall'estrazione delle materie prime fino alla dismissione ed anche nella fase di gestione e manutenzione dell'opera".

Per quanto concerne i *requisiti essenziali*, il quarto, "accessibilità e sicurezza", si riferisce all'abbattimento delle barriere architettoniche. Il settimo ed ultimo requisito (*uso sostenibile delle risorse naturali*), invece, introdotto in recepimento delle istanze ambientaliste e relative al concetto di *sostenibilità* provenienti soprattutto dagli attori del Nord Europa, sarà meglio sviluppato dalle commissioni del CEN, indicando metodi di valutazione oggettivi. Allo stesso tempo, il CEN curerà l'implementazione anche del settimo requisito del CPR nelle norme armonizzate (Fig. 2.154, Fig. 2.155).

Infine, in riferimento alle *procedure semplificate*, il principio fondamentale da rispettare è che non si applicano mai alla sicurezza delle opere.

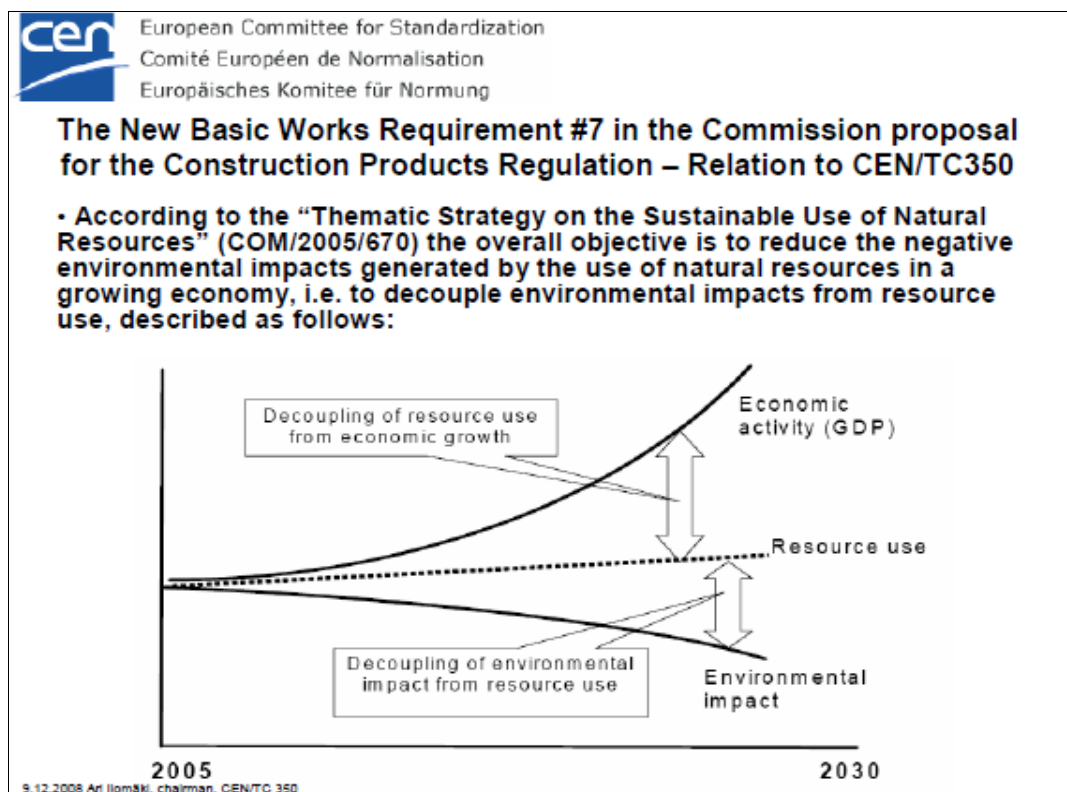


Fig. 2.154 - Relazione tra l'introduzione del settimo requisito nel CPR e gli obiettivi del mandato della Commissione Europea al CEN / TC 350 (Ilomäki A., 2008)

European Committee for Standardization Comité Européen de Normalisation Europäisches Komitee für Normung				document	priority/step	date (DAV)	WG
	Environmental	Health & Comfort	Life Cycle Cost				
Framework level	Framework for Integrated Performance of Buildings			TS EN	1	2006 2009	TC ad hoc G
	Description of Building Life Cycle			TR	1	2007	WG2
Building level	Environmental Performance	Health & Comfort Performance	Life Cycle Cost Performance	TS EN	2	2007 2009	WG1
	Use of EPDs			EN	2	2009	WG1
Product level	Communication Format			EN	2	2008	WG3
	PCR <sup>1)</sup> for EPDs			EN	1	2008	WG3
	Generic data			TR	2	2007	WG3

1) PCR: Product-Category-Rules

25.4.2005 Ari Ilomäki

Fig. 2.155 - Schema di integrazione delle disposizioni del CPR nel quadro degli standard sviluppati dal CEN / TC 350 (Ilomäki A., 2008)

## 2.3.5 Sostenibilità sociale

### 2.3.5.1 Valutazione della sostenibilità sociale degli edifici (CEN / TC 350)

#### 2.3.5.1.1 Inquadramento della Norma

La parte dello standard europeo armonizzato che definisce la metodologia di valutazione e gli indicatori di sostenibilità degli edifici relativo alle prestazioni sociali è stata solo recentemente completata ed è in attesa di pubblicazione. Per questo motivo, vengono presi in considerazione i draft disponibili.

Gli standard di riferimento sono: “Sustainability of construction works — Assessment of buildings — Part 3: Framework for the assessment of social performance” e “Sustainability of construction works — Assessment of social performance of buildings — Methods”.

Lo schema che segue (Fig. 2.156) riporta il quadro di inserimento dello sviluppo delle norme di sostenibilità sociale.

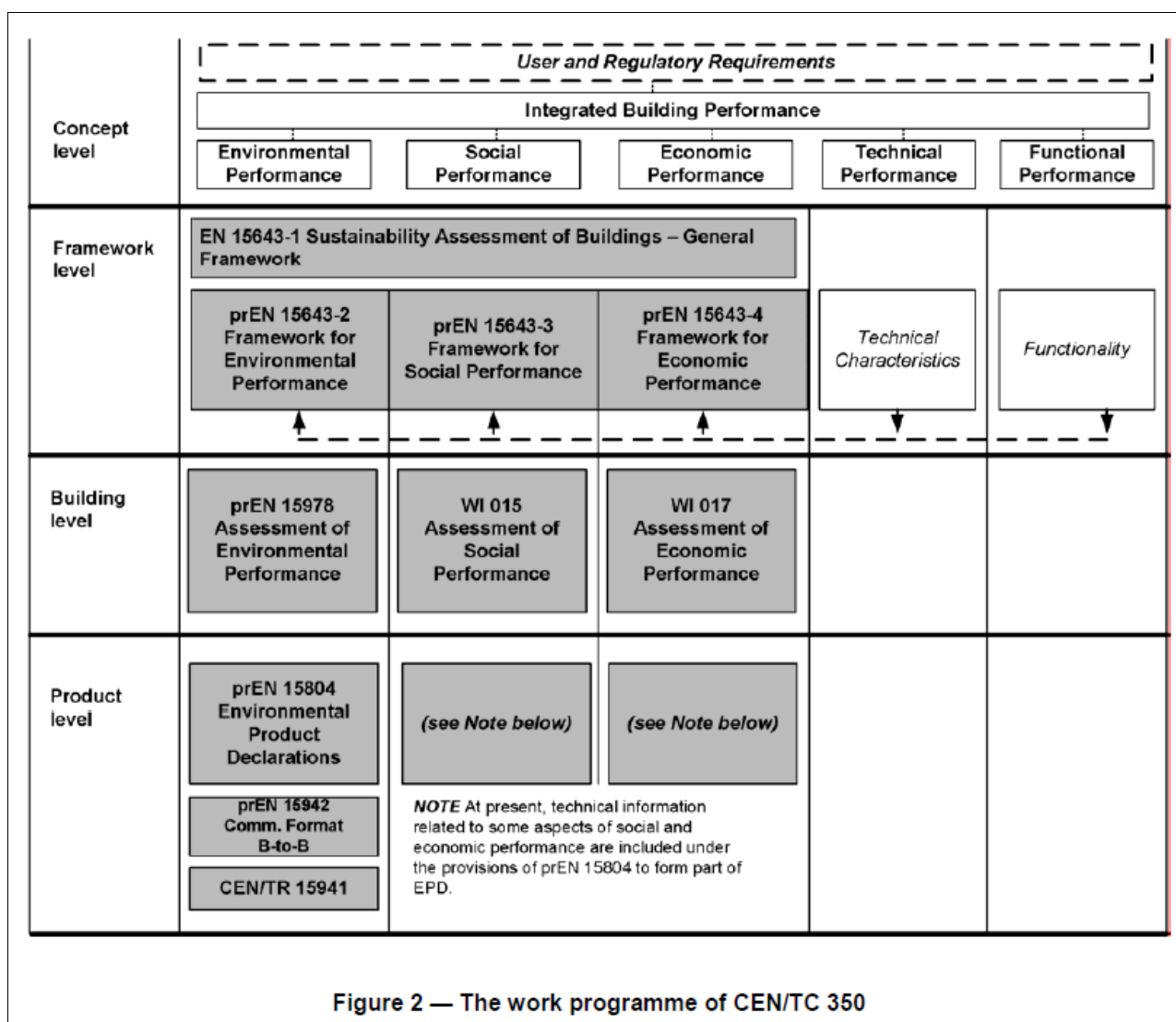


Fig. 2.156 - Quadro di sviluppo delle norme europee. Fonte: FprEN 15643-3:2010 (E)

Il primo draft, che descrive il contesto della norma, si allinea con i seguenti standards e documenti:

- ⤴ EN 15643-1, Sustainability of Construction Works — Sustainability assessment of buildings — Part 1: General Framework
- ⤴ EN 15643-2, Sustainability of Construction Works — Assessment of buildings — Part 2: Framework for the assessment of environmental performance
- ⤴ WI00350015, Sustainability of Construction Works - Assessment of social performance of buildings – Methods
- ⤴ prEN 15643-4, Sustainability of Construction Works — Assessment of buildings — Part 4: Framework for the assessment of economic performance
- ⤴ ISO 15392, Sustainability in building construction — General principles
- ⤴ ISO 15686-1, Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 1: General principles and framework
- ⤴ ISO 15686-2, Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 2: Service life prediction procedures
- ⤴ ISO 15686-7, Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 7: Performance evaluation for feedback of service life data from practice
- ⤴ ISO 15686-8, Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 8: Reference service life and service life estimation
- ⤴ ISO/TS 15686-9, Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 9: Guidance on assessment of service life data.

Già nel primo draft è previsto che verranno sviluppati gli *indicatori per le categorie di prestazione sociale* seguenti:

- ⤴ *Accessibility* (accessibilità )
- ⤴ *Health and Comfort* (salute e benessere)
- ⤴ *Loadings on the neighbourhood* (carichi sull'intorno)
- ⤴ *Maintenance* (manutenzione)
- ⤴ *Safety / Security* (sicurezza)
- ⤴ *Sourcing of Materials and Services* (dotazione di materiali e servizi)
- ⤴ *Stakeholder Involvement* (coinvolgimento degli attori).

Tra le definizioni che introducono il documento, in particolare si menzionano:

- ⤴ *Social aspect* (aspetto sociale): aspetto della costruzione, di un assemblato (parte della costruzione), processi o servizi relativi al loro ciclo di vita che *possono causare cambiamenti alla società o alla qualità della vita*
- ⤴ *Social impact* (impatto sociale): ogni cambiamento alla società o qualità della vita (degli utenti dell'edificio, ovvero il proprietario, il gestore e gli occupanti, e del vicinato), negativo o positivo, interamente o parzialmente *risultante dagli aspetti sociali*
- ⤴ *Social performance* (prestazione sociale): *prestazione relativa agli impatti sociali e agli aspetti sociali*

Il metodo di valutazione della prestazione sociale fissato terrà in conto aspetti e impatti prestazionali che possono essere espressi con *indicatori quantitativi e qualitativi, misurati senza giudizi di valore*.

### 2.3.5.1.2 Obiettivi e principi della valutazione della prestazione sociale dell'edificio

Gli obiettivi della valutazione sono:

- ⤴ determinare gli impatti ed aspetti sociali dell'edificio e del suo sito
- ⤴ mettere in condizione il cliente, l'utente e il progettista di prendere decisioni a favore della sostenibilità dell'edificio.

La valutazione si basa sul *ciclo di vita* (Daniotti B., 2012) dell'edificio e sul *funzionale equivalente*, che include ma non è limitato ad informazioni sui seguenti aspetti:

- ⤴ tipologia di edificio (es. ufficio, stabilimento, ecc)
- ⤴ uso
- ⤴ requisiti tecnici e funzionali rilevanti (es. quadro normativo-regolamentare e specifiche richieste del cliente)
- ⤴ RSL (required service life)

### 2.3.5.1.3 Tipi di dati

Sono essenzialmente due i tipi di dati richiesti per la valutazione della prestazione sociale (Fig. 2.157):

- ⤴ dati relativi all'edificio (fase di produzione, fase di costruzione incluso trasporto, fase d'uso, fine vita)
- ⤴ dati relativi all'utente e al sistema di controllo per la gestione dell'edificio e dei suoi elementi.

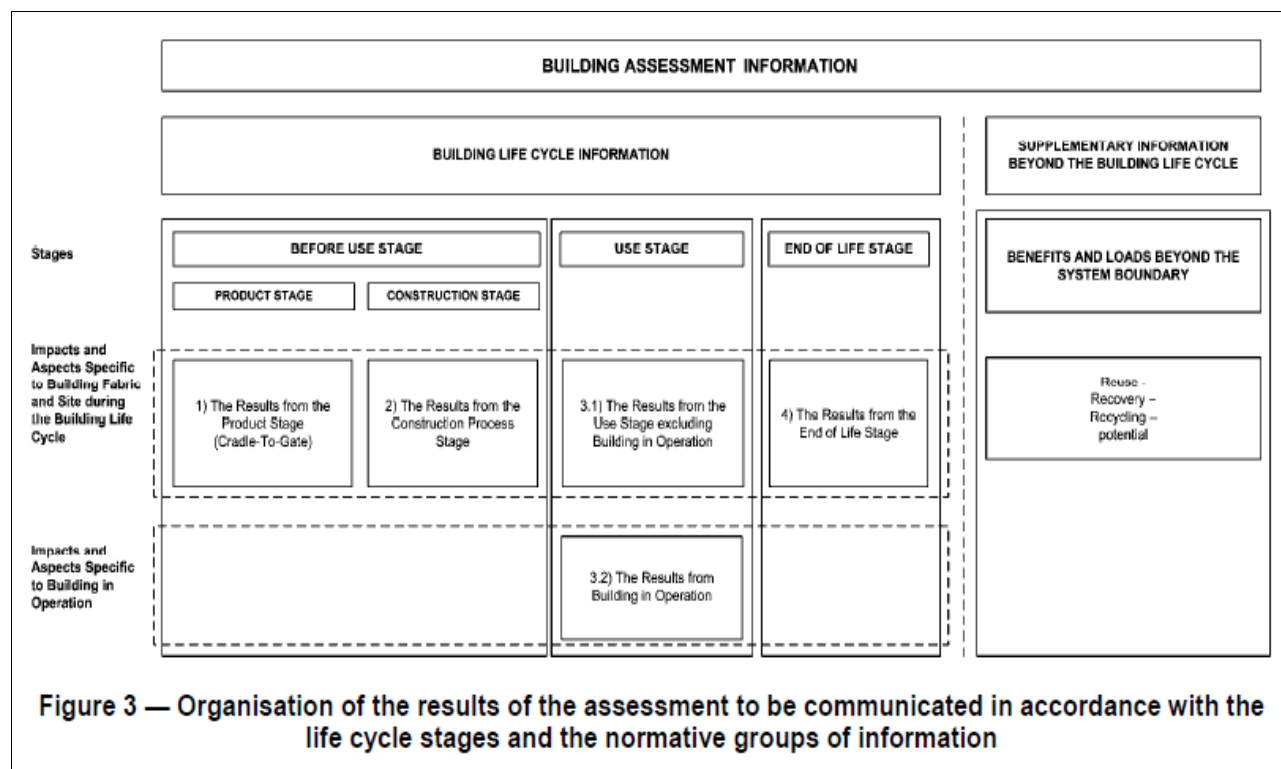


Fig. 2.157 - Organizzazione dei risultati della valutazione della sostenibilità sociale in base alle fasi del ciclo di vita. Fonte: FprEN 15643-3:2010 (E)



I risultati della valutazione saranno organizzati nei seguenti due raggruppamenti principali:

- ⤴ impatti e aspetti specifici dell'edificio (manufatto) e al suo sito
- ⤴ impatti e aspetti specifici dell'edificio in fase d'uso.

Opzionalmente, un'informazione supplementare può essere fornita in un gruppo separato:

- ⤴ benefici e carichi oltre il ciclo di vita dell'edificio.

#### **2.3.5.1.4 Impatti e aspetti specifici dell'edificio e del sito**

I risultati relativi a questi impatti ed aspetti saranno organizzati nei seguenti gruppi:

- ⤴ risultati derivanti dalla fase di progettazione e di produzione prima del processo costruttivo
- ⤴ risultati derivanti dal processo costruttivo prima dell'avvio dell'edificio
- ⤴ risultati derivanti dalla fase d'uso
- ⤴ risultati derivanti dalla fine vita dell'edificio.

#### **2.3.5.1.5 Impatti e aspetti specifici dell'edificio in uso**

Tali impatti ed aspetti si riferiscono ad *un sistema che serve agli utenti* dell'edificio.

#### **2.3.5.1.6 Benefici e carichi oltre il ciclo di vita dell'edificio**

I risultati che riguardano questi impatti ed aspetti possono essere inclusi come informazioni supplementari.

#### **2.3.5.1.7 Requisiti di prestazione sociale da disposizioni contrattuali e / o regolamenti**

Qualora vi siano requisiti specifici per prestazioni ambientali, sociali ed economiche nel contratto con il cliente che vanno oltre gli obblighi regolamentari e normativi ed influenzano la prestazione sociale dell'edificio o del sistema assemblato (parte della costruzione), essi saranno dichiarati come parte della comunicazione.

#### **2.3.5.1.8 Categorie, aspetti e indicatori di prestazione sociale**

Per garantire trasparenza ed un efficace flusso di informazioni:

- ⤴ gli indicatori degli aspetti sociali dovrebbero essere quantitativi o, se non quantitativi, saranno quantificabili, basandoli per esempio su una checklist descrittiva, e misurati senza giudizi di valore
- ⤴ gli indicatori degli impatti e degli aspetti sociali usati a livello di prodotto saranno applicabili anche per la valutazione a livello di edificio
- ⤴ gli indicatori di prestazione sociale per prodotti singoli saranno applicati solo per la valutazione di prestazione sociale nel contesto dell'uso di un prodotto come parte di un elemento dell'edificio o nell'edificio come sistema completo.

### 2.3.5.1.9 Categorie per gli aspetti e impatti sociali

Sono identificate una serie di categorie per gli aspetti e impatti sociali, che comprendono una vasta gamma di categorie, dalla fruibilità dell'utenza, alla versatilità dell'edificio, al comfort, ai rapporti con l'esterno, alla sicurezza e manutenibilità (Fig. 2.158). Le categorie sono declinate in indicatori d'impatto ed aspetti.

Building life cycle – Use Stage	
Building-related aspects for the fabric	User- and control system-related aspects relevant for the operation of the building
<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Accessibility, see 7.2                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Accessibility for people with specific needs (see 7.2.2)</li> <li>2) Access to building services (see 7.2.3)</li> </ul> </li> <li>b) Adaptability, see 7.3</li> <li>c) Health and comfort, see 7.4                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Thermal characteristics, see 7.4.2</li> <li>2) Characteristics of indoor air quality, see 7.4.3</li> <li>3) Acoustic characteristics, see 7.4.4</li> <li>4) Characteristics of visual comfort, see 7.4.5</li> <li>5) Spatial characteristics, see 7.4.6</li> </ul> </li> <li>d) Loadings on neighbourhood, see 7.5                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Noise, see 7.5.2</li> <li>2) Emissions, see 7.5.3</li> <li>3) Glare/ Overshadowing, see 7.5.4</li> <li>4) Shocks/vibrations, see 7.5.5</li> </ul> </li> <li>e) Maintenance, see 7.6                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Maintenance Operations, 7.6.1</li> </ul> </li> <li>f) Safety and security , see 7.7                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Resistance to climate change, see 7.7.2</li> <li>2) Accidental actions (earthquake, explosions, fire and traffic impacts), see 7.7.3</li> <li>3) Personal safety and security against intruders and vandalism, see 7.7.4</li> <li>4) Security against interruptions of utility supply, see 7.7.5</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Health and comfort                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Thermal comfort, see 7.4.2.2</li> <li>2) Indoor air quality, see 7.4.3.2</li> <li>3) Visual comfort, see 7.4.5.2</li> </ul> </li> <li>b) Loadings on neighbourhood                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Emissions, see 7.5.3.1</li> </ul> </li> <li>c) Safety and security                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Security against intruders and vandalism, see 7.7.4.1</li> </ul> </li> </ul>

**Table 1 —Building fabric related aspects, user- and control system-related aspects**

Fig. 2.158 - Categorie per gli aspetti e impatti sociali (Fonte: CEN/TC 350 prEN 16309 : Draft sent to CCMC for CEN Enquiry)

### 2.3.5.1.10 Accessibilità

L'accessibilità è *l'abilità di uno spazio perché si entri con facilità* (ISO/FDIS 21929-1).

Questo può riguardare l'edificio in sé o parte dell'edificio come ad es. gli spazi predisposti per l'accesso ai servizi.

La valutazione dell'Accessibilità includerà i seguenti aspetti:

- ⤴ *Accessibilità a persone con esigenze specifiche* (approccio all'edificio, entrata nell'edificio e movimenti all'interno). Misure esemplificative da adottare per il miglioramento dell'accessibilità includono piazzole vicine ai parcheggi per l'attesa delle persone con speciali esigenze ad es. famiglie o disabili, rampe di accesso, dispositivi di guida per i percorsi tattili, visivi e audio, dispositivi elettronici o meccanici. I seguenti esempi costituiscono possibili soluzioni per la movimentazione interna: minima larghezza di porte e mezzi di apertura (manuali, automatici), corrimani, alzate e pedate delle scale calibrate, minima larghezza di corridoi, atri e camere, dimensioni e operabilità degli ascensori.
- ⤴ *Accesso ai servizi dell'edificio*. A titolo esemplificativo, possono essere adottate le seguenti misure: minime dimensioni di passaggi, di spazi di manovra, di azionamento di sistemi di controllo come per impianti di riscaldamento, illuminazione, aperture esterne, dotazione di sistemi di comunicazione interni come telefoni, sistemi informatizzati.

### 2.3.5.1.11 Adattabilità

L'adattabilità è *l'abilità dell'oggetto della valutazione o di parte di esso ad essere cambiato o modificato per adattarsi ad un uso particolare*.

*L'adattabilità degli edifici è il prerequisito per un lungo utilizzo e vita utile e contribuisce a rallentare l'obsolescenza tecnica e funzionale*. L'adattabilità può anche offrire vantaggi alle prestazioni ambientale ed economica, da valutarsi prima possibile nella gestione del processo edilizio (EN 15978).

La valutazione dell'adattabilità includerà i seguenti aspetti:

- ⤴ *l'abilità di assecondare specifici requisiti dell'utente*
- ⤴ *l'abilità di assecondare il cambiamento di requisiti dell'utente*
- ⤴ *l'abilità di assecondare cambiamenti tecnici*
- ⤴ *l'abilità di assecondare il cambio d'uso*.

I seguenti accorgimenti sono citati a titolo esemplificativo come misure in grado di aumentare l'adattabilità: minimizzazione degli elementi interni ingombranti (pilastri, muri), facilità di demolizione / smontaggio di elementi interni, accessibilità / smontabilità di tubi e cavi, dotazione di spazi per tubi e cavi aggiuntivi richiesti da un cambio d'uso, dotazione di possibili dispositivi o attrezzature future (es. ascensori).

### 2.3.5.1.12 Salute e benessere

La valutazione della salute e benessere includerà i seguenti aspetti:

- ▲ *Caratteristiche acustiche.* I rumori a bassa frequenza e le vibrazioni possono avere seri effetti sulla qualità della vita. Le fonti possono essere molte e varie ma spesso collegate all'industria. Esempi di possibili fonti sono pompe, scaldacqua, industria pesante, installazioni elettriche, musica amplificata, pale eoliche, impianti di ventilazione, strade, ferrovie, mare e traffico aereo. Ad oggi non esistono metodi europei armonizzati per calcolare nella fase di progetto la quantità di rumore a bassa frequenza. L'aspetto delle caratteristiche acustiche dipende dal livello del suono, dal periodo di riverbero, dall'attenuazione del suono dell'involucro dell'edificio (pareti, finestre) e delle partizioni interne, dal livello del suono di fondo. La prestazione acustica terrà conto delle differenti tipologie d'uso.

Per la valutazione delle caratteristiche acustiche saranno calcolati i seguenti *indicatori*:

- ▲ Livelli d'impatto e rumore aereo dell'interno dell'edificio incluse installazioni come sistemi sanitari e di ventilazione (dB(A)) nel rispetto della EN 12354
- ▲ Livelli d'impatto e rumore aereo da suoni di abitazioni adiacenti incluse installazioni (dB(A)) nel rispetto della EN 12354
- ▲ Livello di rumore aereo da suoni dell'esterno dell'edificio (es. da traffico, da trasporto aereo) nel rispetto della EN 12354
- ▲ Periodo di riverbero nel rispetto della EN 12354.

- ▲ *Caratteristiche di benessere visivo*

Gli aspetti relativi al manufatto delle caratteristiche di benessere visivo sono la quantità di luce naturale e di luce artificiale, di protezione contro la luce solare e la connessione visiva con il "mondo esterno" o con altre parti dell'edificio. Un'illuminazione sufficiente ha un'influenza positiva sulla concentrazione e la produttività degli utenti di un edificio. La luce è anche un fattore importante in relazione alla protezione e al senso di sicurezza.

Per la valutazione delle caratteristiche di benessere visivo i seguenti aspetti saranno stimati:

Luce artificiale (verificata come da EN 12464-1):

- ▲ Luminanza (lx)
- ▲ UGR (Unified Glare Rating)
- ▲ Indice di Rendering del Colore (RA)

Contributo naturale:

- ▲ fattore diurna (%)

La connessione visiva con il mondo esterno. I seguenti esempi indicano possibili misure per dimostrare la connessione visiva con il mondo esterno: se c'è connessione visiva (sì/no). Se sì: indicare la distanza e l'altezza dell'edificio contiguo, indicare l'altezza della finestra dal pavimento, l'area della finestra e l'aspetto, indicare l'inserimento della finestra nell'area del muro .

Il livello di controllabilità del benessere visivo dei singoli ambienti e dell'edificio nel suo complesso sarà stimato usando i seguenti *indicatori*:

- ▲ E' presente il controllo dell'utente della luce solare a livello dell'edificio? Sì / no
- ▲ E' presente il controllo dell'utente della luce naturale nei singoli ambienti? Sì / no
- ▲ E' presente il controllo dell'utente della luce artificiale a livello dell'edificio? Sì / no
- ▲ E' presente il controllo dell'utente della luce artificiale nei singoli ambienti? Sì / no
- ▲ E' controllabile il bagliore dal vicinato? Sì / no

⤴ *Caratteristiche di qualità dell'acqua*

⤴ *Caratteristiche elettromagnetiche*

⤴ *Caratteristiche spaziali.* Per la valutazione delle caratteristiche spaziali saranno usati i seguenti *indicatori*, che non sono esaustivi, ma possono essere sostituiti da indicatori più appropriati:

- ⤴ numero e area utile di tutti gli ambienti (con previsto numero di occupanti per ciascun ambiente)
- ⤴ altezza dei soffitti
- ⤴ numero e area utile dei servizi igienici
- ⤴ numero e area utile di bagni / docce
- ⤴ numero e volume di spazi di deposito
- ⤴ area esterna (es. balconi, terrazzi o giardini)
- ⤴ spazi comuni (tipi ed area)
- ⤴ numero e dimensioni di spazi connettivi (atrii, lavanderie, scale, corridoi, disimpegni, ecc).

Per la stima gli indicatori sopra elencati devono essere relazionati al numero di occupanti e alle funzioni d'uso.

⤴ *Caratteristiche termiche*

Tengono conto dei seguenti aspetti:

- ⤴ Temperatura operativa (temperatura radiante delle superfici, temperatura dell'aria e sua distribuzione)
- ⤴ Umidità
- ⤴ Velocità dell'aria e distribuzione
- ⤴ Tipi di attività nell'ambiente
- ⤴ Tipo di utenti (es. attività, vestiario).

Il livello di controllabilità della caratteristica termica da parte dell'utente per lo spazio sarà valutato nel rispetto delle seguenti misure: la temperatura operativa a livello di edificio può essere controllata (sì / no), la temperatura operativa nei singoli ambienti può essere controllata (se sì: manualmente o automaticamente) (sì / no), l'umidità a livello di edificio può essere controllata (sì / no), l'umidità nei singoli ambienti può essere controllata (se sì: manualmente o automaticamente) (sì / no), la velocità dell'aria e la distribuzione a livello di edificio può essere controllata (sì / no), la velocità dell'aria e la distribuzione nei singoli ambienti possono essere controllate (se sì: manualmente o automaticamente) (sì / no).

⤴ *Caratteristiche di qualità dell'aria interna.* Le caratteristiche relative al manufatto edilizio dipendono da un ampio ventaglio di fattori: dai prodotti da costruzione impiegati al comportamento dell'utente, alle condizioni dell'ambiente esterno, alle condizioni di ventilazione e all'abilità dell'utente di agire sulle condizioni dell'aria interna. La qualità dell'aria interna può anche dipendere dalla presenza di altri prodotti (finiture, rivestimenti di pavimenti e pareti, ecc) che non appartengono strettamente all'edificio. Verrà fatta distinzione tra edifici nuovi ed esistenti. Per la valutazione della qualità dell'aria interna saranno calcolati i seguenti *indicatori*:

- ⤴ Concentrazione di un set selezionato di sostanze e gas
- ⤴ Concentrazione di un set selezionato di particelle
- ⤴ Concentrazione di CO<sub>2</sub> al di sotto della concentrazione dell'ambiente esterno (ppm) nel rispetto della EN 15251

- ▲ Ricambio (es. l/s/persona o l/s/m<sup>3</sup>)
- ▲ Rischio di formazione di umidità o temperatura della superficie interna e relativa umidità nel rispetto della EN-ISO 13788.

Il livello di controllabilità della qualità dell'aria interna per un ambiente e dell'edificio sarà calcolato nel rispetto delle seguenti misure: controllo della concentrazione di inquinanti a livello dell'edificio (sì / no), controllo della concentrazione di inquinanti nei singoli ambienti (se sì: manualmente o automaticamente) (sì / no), controllo della concentrazione di CO<sub>2</sub> a livello dell'edificio (sì / no), controllo delle concentrazioni di CO<sub>2</sub> nei singoli ambienti (se sì: manualmente o automaticamente) (sì / no), controllo dell'umidità relativa a livello dell'edificio (sì / no), controllo dell'umidità relativa nei singoli ambienti (se sì: manualmente o automaticamente) (sì / no), controllo della ventilazione con controllo automatico e / o con comando manuale da parete degli utenti (sì / no).

Quando sono fissati da regolamenti nazionali livelli minimi obbligatori, la prestazione sociale determinata dalla valutazione nel rispetto dello standard può essere usata per determinare il grado in cui l'edificio supera i minimi requisiti legali regolamentari.

Se non ci sono requisiti nazionali per certi aspetti lo standard fornisce una guida per gli standard europei, internazionali o altri metodi accettati per valutare questi aspetti.

Se la valutazione a fronte di un requisito minimo non è possibile o se non esiste una misura singola quantitativa, questo standard fa uso di *checklists* per determinare l'*aspetto rilevante* della prestazione sociale.

La procedura generale per determinare gli aspetti rilevanti della prestazione sociale è di seguito schematizzata (Fig. 2.159).

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

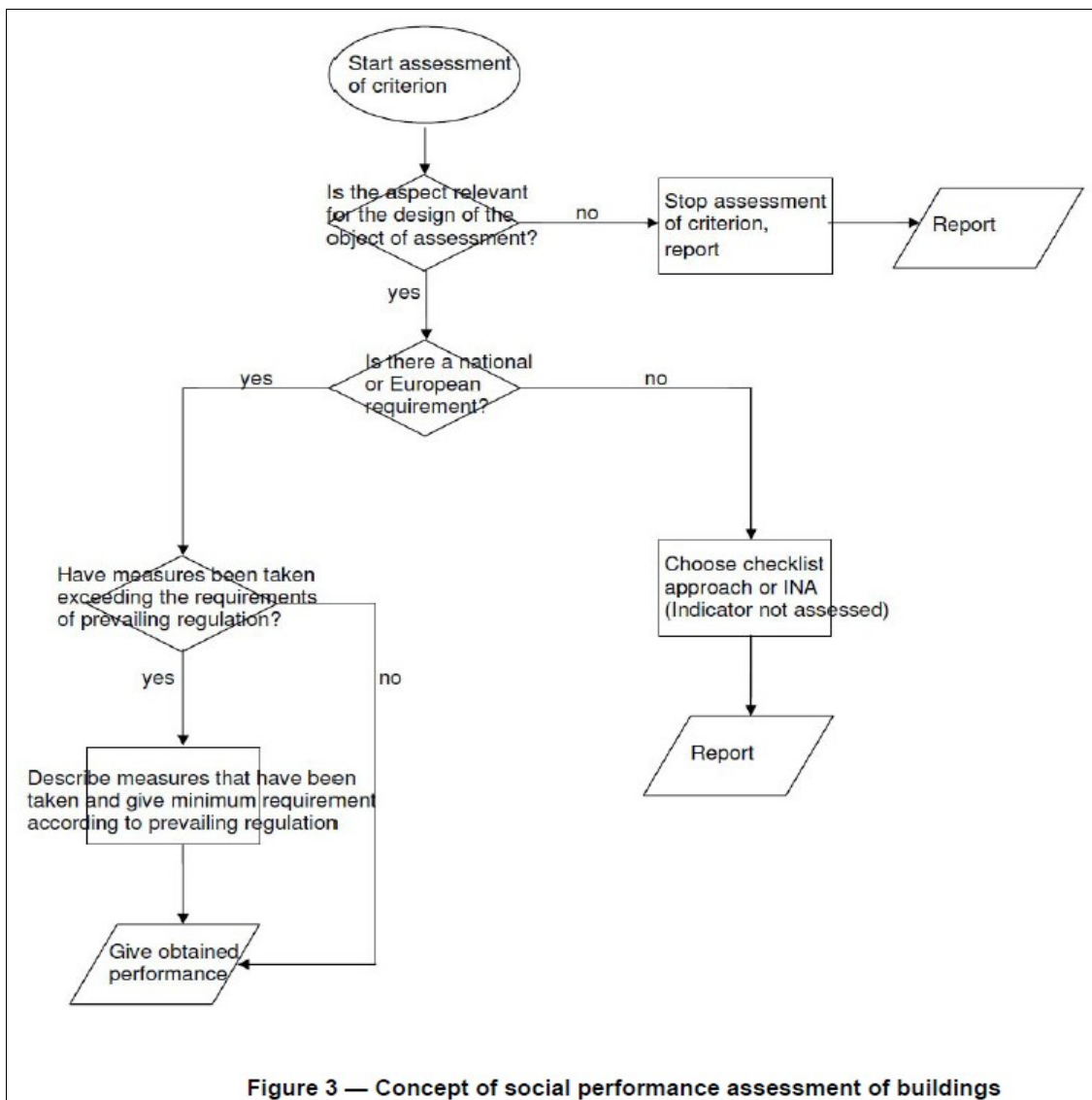


Fig. 2.159 - Procedura generale per determinare gli aspetti rilevanti della prestazione sociale (Fonte: CEN/TC 350 prEN 16309 : Draft sent to CCMC for CEN Enquiry)

Di seguito invece lo schema di checklist (Fig. 2.160) menzionata:

Clause 7.2 – 7.7	a	b	c	d	e	f
indicators for the aspect related to social performance	Is the aspect relevant for the design of the object of assessment? (yes/no)	Is there a national-regional or European requirement applicable? (yes/no)  If yes - give Reference to the relevant regulation)	Specify the minimum requirement according the prevailing regulation or if not regulated give details of any requirements made in the clients brief	Have measures been taken for exceeding the requirements given in c (yes/no)	Give value for indicator or briefly specify measures taken to achieve the stated performance?	Give Reference to relevant documentation to support e
indicator						
indicator						
...						

**Table 2 Tabulated presentation of information for the assessment of social performance.**

Fig. 2.160 - Schema di check list per la valutazione della prestazione sociale (Fonte: CEN/TC 350 prEN 16309 : Draft sent to CCMC for CEN Enquiry)

### 2.3.5.1.13 Carichi sul vicinato

La valutazione dei carichi sull'intorno (l'area deve essere definita a livello nazionale) includerà i seguenti aspetti:

▲ *Rumore*

Per la stima dell'impatto del rumore sull'intorno sarà valutata (determinata esclusivamente da misurazione diretta in fase di post costruzione):

▲ livello di pressione sonora emessa (misurata in dB(A)).

Invece nella fase di progettazione i seguenti aspetti della costruzione dovrebbero essere valutati per il loro potenziale contributo al controllo del rumore emesso dall'edificio:

▲ Isolamento acustico

▲ Barriere esterne antirumore.

Per ognuno dei citati *indicatori* l'impostazione della progettazione sarà fatta con riferimento a documenti di supporto.

▲ *Emissioni nell'aria esterna, nel suolo e nell'acqua*

Per la valutazione delle emissioni in aria esterna, suolo e acqua saranno stimati i seguenti *indicatori*:  
Emissioni di inquinanti da tubi o camini:

▲ Concentrazione di diossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)



- ⤴ Concentrazione di diossido di azoto (NO<sub>2</sub>)
- ⤴ Particolati sospesi, Pm10
- ⤴ Concentrazione di monossido di carbonio (CO)
- ⤴ Concentrazione di ozono (O<sub>3</sub>) per l'aria esterna
- ⤴ Sostanze pericolose per il suolo e l'acqua (misurate in base ai metodi di prova in corso di sviluppo da parte del CEN/TC 351).

⤴ *Bagliore e ombreggiamento*

Per la stima di bagliore e ombreggiamento saranno valutati i seguenti aspetti:

Bagliore notturno:

- ⤴ la luminanza (lux) emessa dall'oggetto della valutazione nel periodo notturno
- ⤴ divieto di luci che causano irritazione, mancanza di concentrazione, ecc (ad es. flash o colorata)

Bagliore diurno

- ⤴ Bagliore emesso dalla superficie di un edificio, ad es. scegliendo materiali esterni con una bassa riflettività

Ombreggiamento

- ⤴ progettazione e collocazione dell'oggetto di valutazione (Lavagna M., 2008) in un modo che l'ombreggiamento dell'intorno è minimizzato (da considerare: area e ore di ombra sull'intorno).

Per ognuno dei citati *indicatori* l'impostazione della progettazione sarà fatta con riferimento a documenti di supporto.

⤴ *Scosse e vibrazioni*

Per la stima di scosse e vibrazioni i seguenti *indicatori* saranno valutati:

- ⤴ Vibrazioni emesse dall'oggetto della valutazione, misurate secondo la ISO 2631 - "Valutazione dell'esposizione umana a vibrazione – vibrazione negli edifici".

⤴ *Effetti ventosi localizzati.*

L'area da considerare come vicinato deve essere definita a livello nazionale.

### 2.3.5.1.14 Manutenzione

La valutazione della manutenzione (Daniotti B., 2012) includerà il seguente aspetto:

- ⤴ *Interventi di manutenzione* (compresi aspetti di salute e benessere per gli utenti di edifici e carichi sul vicinato).

L'aspetto valuta *le conseguenze per gli utenti e il vicinato di attività di manutenzione* che necessitano per mantenere l'edificio in uno stato in cui può offrire le funzioni richieste o per rinnovare la sua prestazione tecnica. E' un'espressione della qualità progettuale dell'edificio, la sua costruzione, la manutenibilità della sua struttura, superfici e servizi, e la qualità del piano di manutenzione. Per la stima della manutenzione il seguente aspetto verrà stimato:

- ⤴ la dotazione di un manuale di intervento, manutenzione e piano di pulizia dell'edificio – sì / no
- ⤴ salute e benessere per gli utenti durante la manutenzione
- ⤴ la frequenza e il tempo necessario per la regolare manutenzione (es. rumore, magnitudine e

durata di effetti a breve, medio e lungo termine sulla qualità dell'aria interna)

- ▲ l'usabilità dell'edificio mentre vengono svolte le operazioni di manutenzione, ad es. come rapporto di giorni di durata dell'interruzione del normale uso per manutenzione e pulizia.

La valutazione sarà basata sulla vita stimata (ESL) (Daniotti B., 2012) come determinata nel rispetto di specifiche regole delle norme di prodotto europee e terrà in conto regole e indirizzi dati negli standard ISO 15686-1-2, -7 e -8 e rilevanti scenari, che comprenderanno fattori come:

- ▲ resistenza agli inquinanti, corrosione
- ▲ effetti dovuti agli agenti climatici
- ▲ necessaria pulizia
- ▲ facilità di accesso
- ▲ accessibilità senza rimozione/smontaggio di altri componenti dell'edificio.

La frequenza richiesta della manutenzione dovrebbe essere ottimizzata per tutti i componenti dell'edificio.

### 2.3.5.1.15 Sicurezza e protezione

La categoria di prestazione sociale sicurezza e protezione è una misura della capacità di un edificio di resistere al tempo corrente e futuro a carichi come pioggia, vento forte, neve, fuoco, terremoto, esplosione, smottamenti, ecc tanto quanto alla criminalità e all'interruzione dell'erogazione di servizi pubblici. Questo aspetto valuta *l'abilità dell'edificio di fornire sicurezza e protezione durante eventi eccezionali* che hanno un potenziale impatto sui suoi utenti ed occupanti, l'abilità dell'edificio di *mantenere la sua funzione e aspetto e minimizzare ogni danno* che possa derivare da questi eventi eccezionali.

La valutazione della sicurezza includerà i seguenti aspetti:

- ▲ *Resistenza al cambiamento climatico:*

Tutti i parametri rilevanti saranno stimati per la RSL dell'edificio. Dovrebbero tenere in conto cambiamenti progettati in condizioni basate su modelli di cambiamento climatico riconosciuti applicabili alla regione geografica in questione. Il modello usato sarà descritto insieme ai valori limite superiori e inferiori per i parametri come definiti dal modello.

A seconda della collocazione, del progetto e dei requisiti funzionali, non tutti i parametri possono essere rilevanti.

- ▲ resistenza alla pioggia
- ▲ resistenza al vento
- ▲ resistenza alla neve
- ▲ resistenza alle alluvioni
- ▲ radiazione solare
- ▲ resistenza alla temperatura
- ▲ *Resistenza alle azioni accidentali*

Gli aspetti relativi ad azioni accidentali relazionate alla resistenza degli edifici (protezione/resistenza/deflessione/stabilità) contro carichi accidentali derivanti da eventi occasionali, ad es. terremoti, esplosioni, incendi e impatti del traffico e loro effetti conseguenti (come proiettili, gas tossici, rotture di vetri, ecc). In generale la valutazione delle misure in questa categoria rappresenterà prestazione sopra quella richiesta dai regolamenti. L'impostazione della progettazione scelta può contenere informazioni riguardo l'adattabilità, il divieto di carichi o resistenza migliorata ai carichi.

A seconda della collocazione, del progetto e dei requisiti funzionali, non tutti i parametri possono essere rilevanti.

- ▲ terremoti
- ▲ esplosioni
- ▲ fuoco
- ▲ impatti del traffico
- ▲ *Sicurezza personale e sicurezza contro intrusioni e vandalismi*

Questo aspetto valuta la capacità dell'edificio di resistere all'ingresso forzato e al danno deliberato così come di soddisfare il bisogno degli utenti di sentirsi sicuri e protetti.

Esempi di accorgimenti per incrementare la protezione e sicurezza personale contro gli intrusori e il vandalismo possono essere:

analisi e implementazione di raccomandazioni durante la fase di progettazione, sistemi di alta sicurezza nelle chiusure, percorsi ben illuminati, involucro con resistenza al fuoco, superfici resistenti ai graffi.

- ▲ *Sicurezza contro interruzioni dei servizi d'utilità*

Questo aspetto valuta la capacità dell'edificio di mantenere le sue funzioni e servizi in caso di interruzioni di servizi di utilità.

Esempi di dotazioni per aumentare la sicurezza contro interruzioni di servizi di pubblica utilità possono essere: presenza di attrezzature di riserva per riscaldamento ed elettricità (es. generatore, fotovoltaici, e camino d'emergenza per possibili incendi), movimentazione libera e sicura all'interno dell'edificio ed evacuazione in caso di interruzione di elettricità, misure per usare i servizi manualmente in caso di interruzione dell'elettricità.

#### **2.3.5.1.16 Provenienza di Materiali e Servizi**

La valutazione della provenienza di materiali e servizi includerà i seguenti aspetti:

- ▲ *Provenienza responsabile e tracciabilità di prodotti e servizi*

#### **2.3.5.1.17 Coinvolgimento degli attori**

La valutazione del coinvolgimento degli attori (Fig. 2.161) includerà i seguenti aspetti:

- ▲ *l'opportunità per le parti interessate di partecipare al processo decisionale per la realizzazione dell'edificio.*

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Life Cycle Stages of construction works									
Building Life Cycle Stage									
Before use / Product stage				Use / Operation			After use / End of the use stage		
	Planning / Design / Commissioning	Production of building products and components	Transport (products to building site)	Construction	Building related for the fabric during use stage including maintenance, repair, refurbishment and replacement	User and control system related data for operation of the building and its elements during use stage	Disassembly	Transport of waste	Disposal
Impact on / Involvement of	User(s) of building (including janitor, etc.)	— Integrated planning procedures — User participation — Stakeholder involvement	—	—	— Accessibility — Adaptability — Health and comfort — Maintenance — Safety and security —	— Health and comfort — Safety and security — Maintenance	— Hazardous materials, accidents, noise, dust	— Noise and traffic, dust	—
	Neighbourhood	— Neighbourhood participation — Stakeholder involvement	—	— Traffic, noise	— Traffic and noise — Social standards of construction process (safety, neighbourhood protection)	— Loadings on neighbourhood —	— Hazardous materials, accidents (barriers), noise, dust	— Noise, traffic, dust	—
	Society	— Quantity of urban planning process (Stakeholder dialogues, etc.)	— Social standards / working conditions during extraction and processing of raw materials — And during manufacturing of products — Sourcing of Materials — Regional economic and employment effects	— Traffic (noise, etc.) alongside of the transport routes	— Social standards of companies involved (CSR – Corporate Social Responsibility standards and reporting) — Social facilities on construction site (toilets, kitchen, etc.) — Stakeholder involvement	— Infrastructure (public transport, etc.) — Social affordability and cost efficiency — Stakeholder involvement	—	— Hazardous materials, accidents, noise, dust, concerning construction workers — Design for easy disassembly	— Traffic alongside of the transport routes

Fig. 2.161 - Schema che relaziona il coinvolgimento degli stakeholders e l'impatto su di essi con le fasi del ciclo di vita dell'edificio, attraverso gli indicatori ed aspetti sociali Fonte: FprEN 15643-3:2010 (E)

### 2.3.5.1.18 Dati per la valutazione

Il grado di attendibilità dei risultati della valutazione (Lavagna M., 2008) dipenderà dal livello di precisione e di dettaglio fornito nei dati e nelle informazioni usate per rappresentare l'oggetto della valutazione.

La scelta del tipo di dati dipende da:

- ⤴ lo scopo e l'uso inteso della valutazione
- ⤴ quando l'oggetto della valutazione è stimato all'interno del processo decisionale (schizzo, progetto finale, costruzione, in-uso)
- ⤴ la disponibilità di informazioni
- ⤴ l'importanza dei dati in relazione all'importanza dello studio

*Le valutazioni dovrebbero essere fatte usando dati e informazioni che il più precisamente possibile rappresentano l'oggetto della valutazione e il tempo della valutazione.*

### 2.3.5.1.19 Qualità dei dati

La valutazione (Lavagna M., 2008) rappresenterà accuratamente l'edificio e gli scenari usati al tempo della valutazione (es. fase di progettazione, progetto preliminare, progetto di dettaglio, disegno costruttivo). I dati ed informazioni usate saranno completi nella loro rappresentazione dell'oggetto della valutazione in termini di quantificazione.

### **2.3.5.1.20 Caratteristiche dell'edificio usate in una valutazione**

Il seguente elenco è una lista di di esempi delle caratteristiche degli edifici necessarie per la valutazione:

- ⤴ forma e misura dell'edificio
- ⤴ numero di piani
- ⤴ altezza del piano, e dimensioni totali (area totale, ecc.)
- ⤴ cucina e sale d'attesa (uffici), spazi comuni di riunione, accessibilità delle apparecchiature tecniche
- ⤴ disposizione e misura delle finestre
- ⤴ muri interni
- ⤴ porte e scale
- ⤴ pavimento
- ⤴ soffitto
- ⤴ servizi tecnici
- ⤴ impianti sanitari (acqua, scarichi idrici, pompe, ecc)
- ⤴ sistemi fissi di estinzione incendi
- ⤴ impianti di riscaldamento e acqua calda
- ⤴ impianti di ventilazione meccanica e di condizionamento
- ⤴ sistemi fissi di illuminazione
- ⤴ sistemi di comunicazione e sicurezza
- ⤴ trasporti all'interno dell'edificio (ascensori, scale mobili) e loro dimensioni
- ⤴ illuminazione esterna, parcheggi esterni
- ⤴ sistemi di drenaggio e trattamento acque
- ⤴ uso inteso dell'edificio
- ⤴ livello di benessere dell'edificio come descritto nel contratto con il committente
- ⤴ ESL degli edifici
- ⤴ privacy
- ⤴ sicurezza.

## **2.3.6 Sostenibilità economica**

### **2.3.6.1 Valutazione della sostenibilità economica degli edifici (CEN / TC 350)**

#### **2.3.6.1.1 Scopo**

Anche per la valutazione della prestazione economica, come per quella sociale, il processo di identificazione degli elementi (indicatori e metodo) necessari per il calcolo non è formalmente concluso. La norma disponibile, la EN 15643-4, si applica a tutte le tipologie di nuovi edifici per la valutazione della prestazione economica su tutto il loro ciclo e agli edifici esistenti sulla loro restante service life e fino alla fine della fase di vita.

La valutazione della prestazione economica di un edificio riguarda i costi del ciclo di vita e altri

aspetti economici, tutti espressi attraverso *indicatori quantitativi*.

Essa esclude la valutazione del rischio economico e calcoli sul ritorno dell'investimento.

Include inoltre gli aspetti economici relativi all'ambiente costruito nell'area dell'edificio, ma non include gli aspetti economici oltre l'area dell'edificio, come ad es. certi impatti economici della costruzione di infrastrutture locali o aspetti economici risultanti dal trasporto degli utenti dell'edificio o impatti economici di un progetto di costruzione sulla comunità locale.

Le regole per la valutazione degli aspetti economici non sono comprese nello standard. Tuttavia, le conseguenze delle decisioni o azioni che influenzano la prestazione economica dell'oggetto dell'analisi sono tenute in conto.

Tra le principali definizioni la norma contiene le seguenti:

- ⤴ *Aspetto economico*: aspetto dei lavori di costruzione o parte di essi, processi o servizi legati al loro ciclo di vita che possono causare *cambiamenti alle condizioni economiche*
- ⤴ *Impatto economico*: ogni cambiamento alle condizioni economiche, avverso o favorevole, interamente o parzialmente risultante dagli aspetti economici
- ⤴ *Prestazione economica*: prestazione legata agli impatti economici e agli aspetti economici
- ⤴ *LCC Life cycle cost*: costo di dei lavori di costruzione o parte di essi attraverso il suo ciclo di vita, per il rispetto dei requisiti tecnici e funzionali
- ⤴ *Valore finanziario*: l'aggregato di costi e ritorni di aspetti economici espresso in unità monetarie

### **2.3.6.1.2 Obiettivo della valutazione della prestazione economica dell'edificio**

L'obiettivo della valutazione, secondo lo standard CEN / TC 350, è:

- ⤴ *identificare gli impatti ed aspetti economici* dell'edificio e del suo sito
- ⤴ *supportare il cliente, l'utente ed il progettista nei processi decisionali* e nelle scelte nella direzione dell'esigenza di sostenibilità (Lavagna M., 2008) degli edifici.

### **2.3.6.1.3 Approccio alla valutazione della prestazione economica**

Nel rispetto dei principi generali della sostenibilità descritti nello standard ISO 15392, tutte e tre le dimensioni della sostenibilità degli edifici (ambientale, sociale ed economica) sono elementi necessari in un approccio di sistema alla valutazione sostenibile. Comunque, la valutazione delle singole dimensioni della sostenibilità può anche essere fatta separatamente, a seconda dello scopo della valutazione, nel qual caso le dichiarazioni finali saranno rese per la valutazione / le valutazioni effettivamente svolte.

La norma comprende 2 indicatori di prestazione economica, valore di costo e finanziario.

Questi indicatori sono rappresentati in due approcci alla valutazione economica:

- ⤴ *Prestazione economica espressa in termini di costi sul ciclo di vita*.  
In questo concetto l'edificio con il "costo più basso del ciclo di vita" è il più economico. Questo implica che le varianti dell'edificio non differiscono per la loro funzionalità e nemmeno per i flussi di guadagno prodotti dall'edificio. Il concetto di prestazione economica non include sviluppi nel mercato immobiliare, ma solo il costo legato all'edificio nel suo ciclo di vita. Di contro, solo i dati sui costi devono essere reperiti per questo approccio della valutazione economica.

▲ *Prestazione economica espressa in termini di valore finanziario nel ciclo di vita.*

In questo concetto il miglior edificio è quello con il miglior valore finanziario, ovvero l'edificio con il più alto ritorno (scontato) meno il costo nel ciclo di vita. Questo concetto è vicino all'approccio della rendita nella valutazione immobiliare e include i flussi di rendita relazionati al mercato. Comunque, per questo tipo di valutazione economica anche i dati della rendita devono essere recuperati.

Per collegare tra loro i risultati delle valutazioni di prestazione ambientale, sociale ed economica, occorre che il loro funzionale equivalente sia lo stesso.

### 2.3.6.1.4 Attribuzione dei dati al ciclo di vita

Gli impatti e gli aspetti saranno attribuiti ai moduli di informazione del ciclo di vita dell'edificio in cui si verificano. La figura successiva (Fig. 2.162) illustra l'approccio modulare alla raccolta di informazioni lungo il ciclo di vita.

Per la valutazione della prestazione economica il ciclo di vita inizia con la decisione se costruire, ristrutturare, rinnovare, ampliare, conservare o demolire. Prosegue attraverso gli accordi contrattuali per la progettazione e le specifiche, la fornitura dei prodotti, i lavori di costruzione, la consegna per l'allestimento e l'uso, la messa in servizio, l'uso effettivo e alla fine la dismissione, lo smontaggio o la demolizione. Informazioni da queste decisioni ed attività sono necessarie per valutare gli aspetti ed impatti economici dell'edificio.

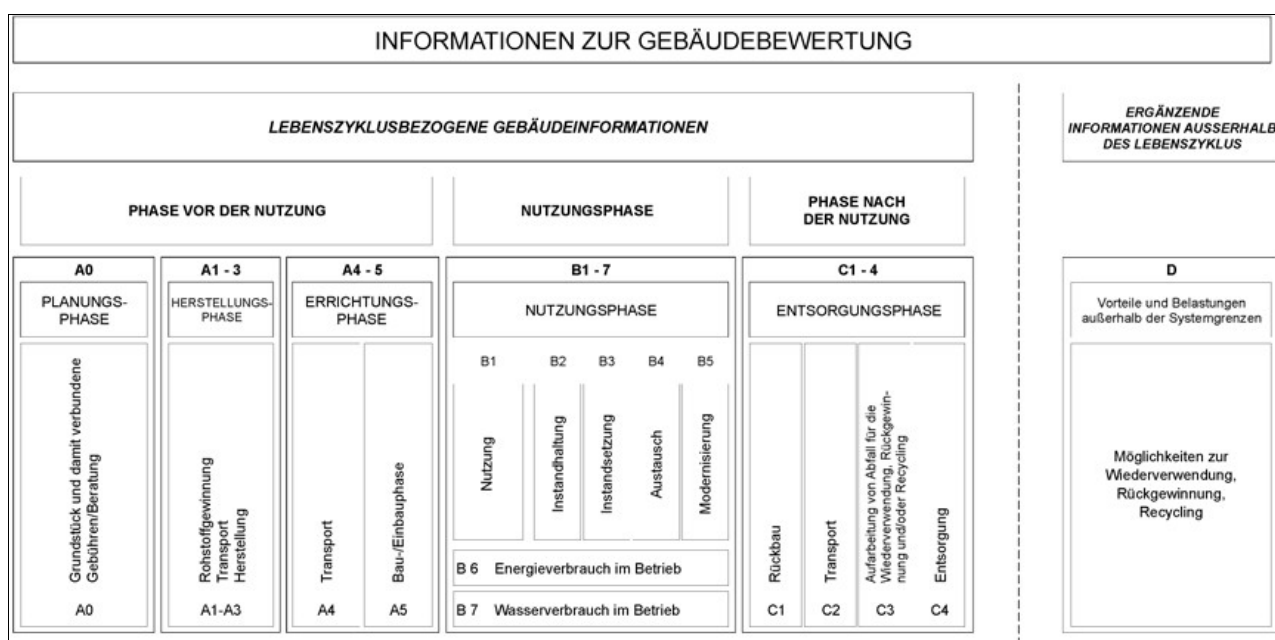


Fig. 2.162 - Fasi del ciclo di vita e organizzazione delle informazioni relative alla valutazione di prestazione economica dell'edificio (Fonte: DIN EN 15643-4)

Ai fini della valutazione economica sono richiesti i *costi antecedenti la costruzione*, come ad esempio quelli di progettazione e quelli per l'acquisizione del terreno.

La fase d'uso, inoltre, è una fase del ciclo di vita dell'edificio. Come indicato nei moduli, occorre distinguere tra gli effetti economici più strettamente legati all'*edificio dopo sua la costruzione* (B1-B5: uso, manutenzione, riparazione, sostituzione, ammodernamento) e i *consumi di energia e di acqua* dell'edificio in funzione (B6-B7), indicando separatamente le due valutazioni.

### 2.3.6.1.5 Aspetti e impatti economici

La valutazione della prestazione economica riguarda i moduli da A a D e viene così suddivisa:

- ⤴ gli aspetti economici e gli impatti delle fasi prima dell'uso (moduli A0 e A1 a A5)
- ⤴ gli aspetti economici e gli impatti riguardanti l'edificio in funzione (moduli B1 a B5)
- ⤴ gli aspetti economici e gli impatti durante l'uso (moduli B6-B7)
- ⤴ gli aspetti economici e gli impatti legati alla fase di smaltimento (moduli da C1 a C4 e D).

### 2.3.6.1.6 Aspetti e impatti economici in fase di produzione (Moduli A0 e A1-A5)

Gli aspetti e impatti economici comprendono:

- ⤴ Costi di acquisizione (acquisto o affitto) del terreno occupato dall'edificio
- ⤴ Costo aggregato dei prodotti forniti al cancello della fabbrica pronti per la costruzione
- ⤴ Costi tra la fabbrica e il cantiere
- ⤴ Onorari professionali pagati ai progettisti per la stesura del progetto, inclusi studi di fattibilità e di dettaglio
- ⤴ Lavori temporanei: attività per preparare il sito per la costruzione e dotazione di infrastrutture e servizi (gas, elettricità e acqua) nel luogo dell'edificio
- ⤴ Costruzione e sistemazioni – tutti gli aspetti del procurement e costruzione dell'edificio
- ⤴ Adattamento iniziale – allestimento o modifica del nuovo edificio
- ⤴ Sistemazione paesaggistica, lavori esterni
- ⤴ Tasse ed altri costi relativi al permesso di costruire
- ⤴ Sussidi ed incentivi.

### 2.3.6.1.7 Impatti ed aspetti economici in fase d'Uso (Moduli B1-B5)

- ⤴ Costi di assicurazione dell'edificio
- ⤴ Prestiti e affitti pagati a terzi
- ⤴ Costi periodici di legge
- ⤴ Tasse
- ⤴ Sussidi e incentivi
- ⤴ Ricavi da vendita anche di elementi dell'asset, ma non legata allo smaltimento finale
- ⤴ Adattamenti
- ⤴ Reddito di terzo durante il funzionamento
- ⤴ Riparazioni e sostituzione di componenti minori / piccole aree
- ⤴ Sostituzione di maggiori sistemi e componenti
- ⤴ Pulizia
- ⤴ Manutenzione delle aree esterne
- ⤴ Ritinteggiatura
- ⤴ ispezioni alla fine del periodo di locazione (escluso smaltimento di fine vita)
- ⤴ Fine della locazione



- ⤴ Adattamento progettato o ristrutturazione in uso
- ⤴ Costi di gestione degli impianti legati all'edificio.

Nel modulo è incluso, oltre ai costi per l'energia e l'acqua, anche l'impatto economico dello smaltimento e del trattamento dei rifiuti.

### **2.3.6.1.8 Impatti ed aspetti economici dovuti all'uso dell'edificio (Moduli B6-B7)**

Essi comprendono:

- ⤴ Costi energetici descritti nella Direttiva europea EPBD
- ⤴ Costi dei consumi idrici
- ⤴ Tasse
- ⤴ Sussidi e incentivi finanziari.

Per valutare la prestazione economica di alcuni progetti è essenziale includere redditi (o costi evitati) nella valutazione. Per esempio, un'installazione di energia rinnovabile integrata nell'edificio non può essere giustificata nella prestazione economic senza tener conto del reddito generato e dei costi energetici evitati derivanti dalla fonte di energia rinnovabile.

Questi saranno valutati nel rispetto della procedura fissata nello standard di valutazione. L'informazione inserita nei moduli dovrebbe essere basata su fonti appropriate, ad es. seguendo le *procedure della norma ISO 15686-5:2008* o i *dati storici*.

Si prevede sin d'ora che un futuro standard CEN / TC 350 per la valutazione dei costi del ciclo di vita descriverà i metodi di calcolo dettagliati e fonti di dati appropriate per gli indicatori economici.

L'informazione sui costi riferiti all'uso di energia in fase operativa dovrebbe essere presa dai moduli di input rilevanti per i calcoli dell'energia fornita per il riscaldamento, il raffrescamento, la ventilazione, l'acqua calda, l'illuminazione e l'automazione e controllo dell'edificio, in coerenza con il pacchetto dello standard europeo EN per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, e altre fonti appropriate. L'informazione sui costi sull'energia fornita relativa ai costi specifici all'uso dell'energia in fase operativa dovrebbe essere presa dalle fonti significative nel rispetto dei requisiti del futuro standard del CEN / TC 350 per la valutazione della prestazione economica.

Analogamente per quanto riguarda l'informazione sui costi dell'uso dell'acqua in fase operativa.

### **2.3.6.1.9 Impatti ed aspetti a fine vita (Moduli C1-C4)**

Essi comprendono:

- ⤴ Costi di smontaggio / smantellamento, demolizione
- ⤴ Tutti i costi di trasporto associati al processo di decostruzione e smaltimento dell'edificio
- ⤴ Tasse e onorari
- ⤴ Costi e/o redditi dal riuso, riciclo, e recupero di energia a fine vita
- ⤴ Reddito dalla vendita del terreno.

### 2.3.6.1.10 Requisiti per la qualità dei dati nella valutazione della prestazione economica

La qualità dei dati in termini di accuratezza, precisione, completezza e rappresentatività delle informazioni sui costi dei prodotti, processi e servizi per la valutazione della prestazione economica sarà congruente con i requisiti del futuro standard CEN TC / 350 per la valutazione della prestazione economica, ovvero il metodo di valutazione sviluppato dal CEN / TC 350 WG4 (Fig. 2.163).

<b>CEN/TC 350 - Structure</b>		
<b>Secretariat</b> AFNOR	<b>Chairperson</b> Mr A.ILomaki	<b>Secretary</b> Mr F.Boucher
SC/WG	Title	
CEN/TC 350/WG 5	Social performance assessment of building	
CEN/TC 350/WG 6	Civil Engineering works	
CEN/TC 350/WG 4	Economic performance assessment of buildings	
CEN/TC 350/WG 1	Environmental performance of buildings	
CEN/TC 350/WG 3	Products Level	

Fig. 2.163 - Collocazione del gruppo WG4 di riferimento per gli standard di valutazione della prestazione economica nella struttura dei tavoli tematici (Fonte: <http://www.cen.eu/cen>)

I risultati saranno comunicati in uno schema che li raggruppa per fase (prima, durante e dopo la fase d'uso) lungo il ciclo di vita (Fig. 2.164).

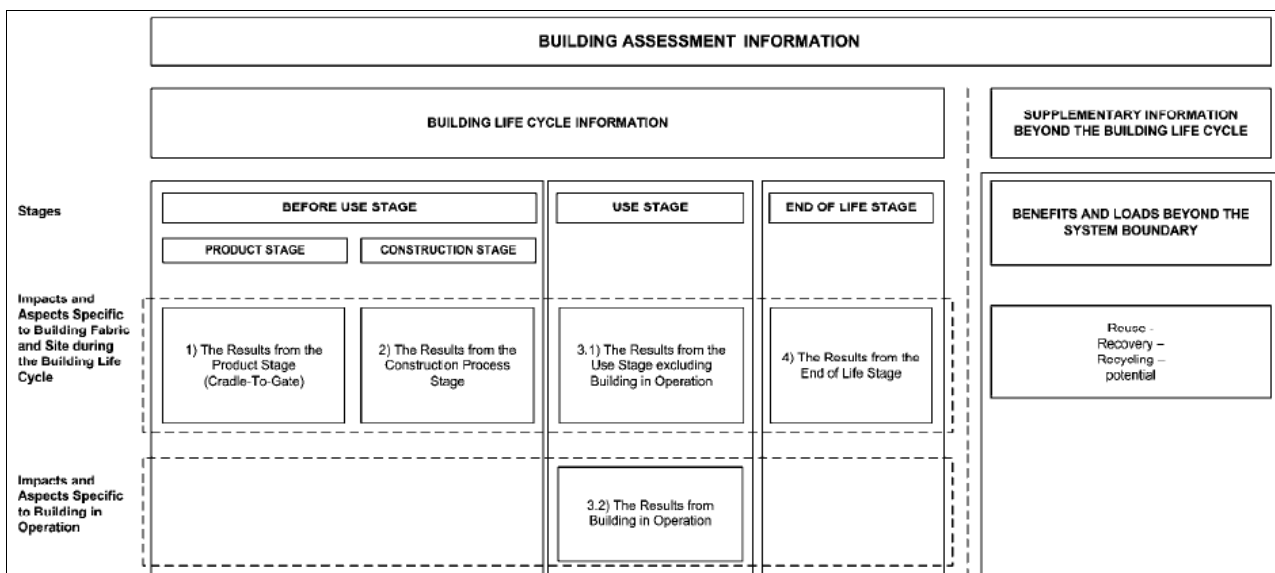


Fig. 2.164 - Organizzazione dei risultati della valutazione economica rispetto alle fasi del ciclo di vita

### **2.3.6.1.11 Requisiti per i metodi di calcolo per la valutazione della prestazione economica degli edifici**

La valutazione della prestazione economica applicherà misure degli impatti economici quantificati e degli aspetti dell'edificio lungo il ciclo di vita sulla base del *costo* e del *valore finanziario*. Al fine di supportare la valutazione della prestazione ambientale degli edifici, le serie di standards contenute in questo framework forniranno:

- ♣ la descrizione dell'oggetto da valutare (l'edificio o il sistema di prodotti)
- ♣ il confine di sistema che è applicato a livello dell'edificio
- ♣ gli *indicatori* e le procedure di calcolo usate
- ♣ i requisiti per la presentazione dei risultati nella documentazione e nella comunicazione.

Gli standards non comprenderanno l'interpretazione e la valutazione dei risultati dell'analisi, che non rientrano nello scopo di questa serie di norme. Gli indicatori dovrebbero essere basati sulla prestazione.

Lo standard di metodologia CEN / TC 350 per la valutazione dei costi del ciclo di vita descriverà i metodi di calcolo dettagliati per gli indicatori economici sopra definiti. Esso terrà in conto le norme ISO 15686-5:2008 (Buildings and constructed assets - Service-life planning - Part 5: Life-cycle costing), EN 15459 (Economic evaluation procedure for energy systems in buildings) e i risultati di uno studio EC DG ENTR sull'analisi dei costi del ciclo di vita, e fornirà requisiti specifici per i confini del sistema.

### **2.3.6.1.12 Indicatori economici**

I seguenti indicatori economici saranno usati per descrivere la prestazione economica degli edifici lungo il loro ciclo di vita:

- ♣ *Costo*
- ♣ *Valore finanziario*.

Quest'ultimo sarà rappresentato dal costo o valore finanziario (è la somma di costi e rendite). Calcolando il valore finanziario anche i costi saranno presentati.

### **2.3.6.1.13 Ulteriori indicatori usati nella pratica corrente**

L'elenco seguente comprende altri indicatori economici che sono usati nella pratica corrente. Essi non hanno ad oggi una base condivisa per la standardizzazione europea, ma sono proposti come base per lo sviluppo futuro dello standard.

L'elenco deve essere inteso come consigliato, non essendo né definitivo né completo.

*Rapporto tra Valore di Mercato e costo capitale*

calcolo del rapporto tra valore di mercato e costo capitale al momento del completamento

*Indicatori per prova futura del valore a lungo termine / stabilità del valore economico*

Alternativa 1 per la valutazione: tecniche di rating della proprietà (simile alle procedure di rating del credito applicate nel settore dei servizi finanziari): il rating influenza il valore di lungo termine

atteso.

Alternativa 2 per la valutazione: analisi dello scenario finanziario e / o cosiddette “simulazioni con il metodo Monte Carlo”; deviazione attesa, derivante dalla modellazione, dal valore corrente dell'edificio al variare delle condizioni future.

#### *Indicatori rappresentanti il rischio economico*

Valutare i rischi è essenzialmente lo stesso che valutare la stabilità del valore, solo da un altro punto di vista. E' comunque valutato con gli stessi metodi descritti nel punto seguente.

#### *Esternalità*

Alcuni paesi hanno fattori di costo che consentono di calcolare un fattore di costo relativo alla CO2 o ai costi riferiti alla salute risultanti dalla costruzione di un edificio o conseguenti impatti ambientali.

#### *Indicatori economici consequenziali*

I seguenti indicatori possono essere usati per esprimere il valore o aspetti di rischio rilevante senza misurare il valore di lungo termine o il rischio in sé:

- ⤴ *livello di efficienza energetica* (relativo al rischio di alti costi energetici)
- ⤴ dotazioni per *adattabilità futura a cambiamenti di uso* o uso da parte di altri (uso flessibile dello spazio; es. edifici commerciali costruiti su un sistema a rete, abitazioni con camere ad uso non specifico - “use-neutral”)
- ⤴ *progettazione in funzione di ristrutturazioni* (es. sovradimensionamento dei condotti)
- ⤴ rischi inerenti alla locazione
- ⤴ questioni di *accessibilità*
- ⤴ *efficienza spaziale* (rapporto tra l'area netta e quella lorda – NB sono definiti diversamente nei diversi paesi europei).

### **2.3.6.2 Analisi Life Cycle Costing (ISO)**

#### **2.3.6.2.1 Caratteristiche dell'approccio LCC**

L'approccio alla valutazione del valore di un immobile “Life Cycle Costing”, sviluppata soprattutto nei Paesi anglo-sassoni, di natura *previsionale*, ha lo scopo di supportare la pianificazione degli interventi in modo preventivo, ovvero *calcolando i costi necessari alla gestione futura*, andando a sommare tutti gli oneri che si prevede si sosterranno per il funzionamento dell'edificio (Fig. 2.165), per poter stanziare anticipatamente i fondi necessari alla copertura delle spese.

Come definito nello standard internazionale di riferimento, *ISO 15686-5:2008(E) Buildings and constructed assets — Service-life planning — Part 5: Life-cycle costing*, il life-cycle costing è una *tecnica di valutazione* usata per prevedere e valutare la prestazione di costo di un progetto.

Tra gli obiettivi principali dello standard, oltre a stabilire una chiara e comune terminologia per il life-cycle costing, è promuovere l'uso pratico del LCC per la sua ampia diffusione nell'industria delle costruzioni, in particolare nei metodi di appalto.

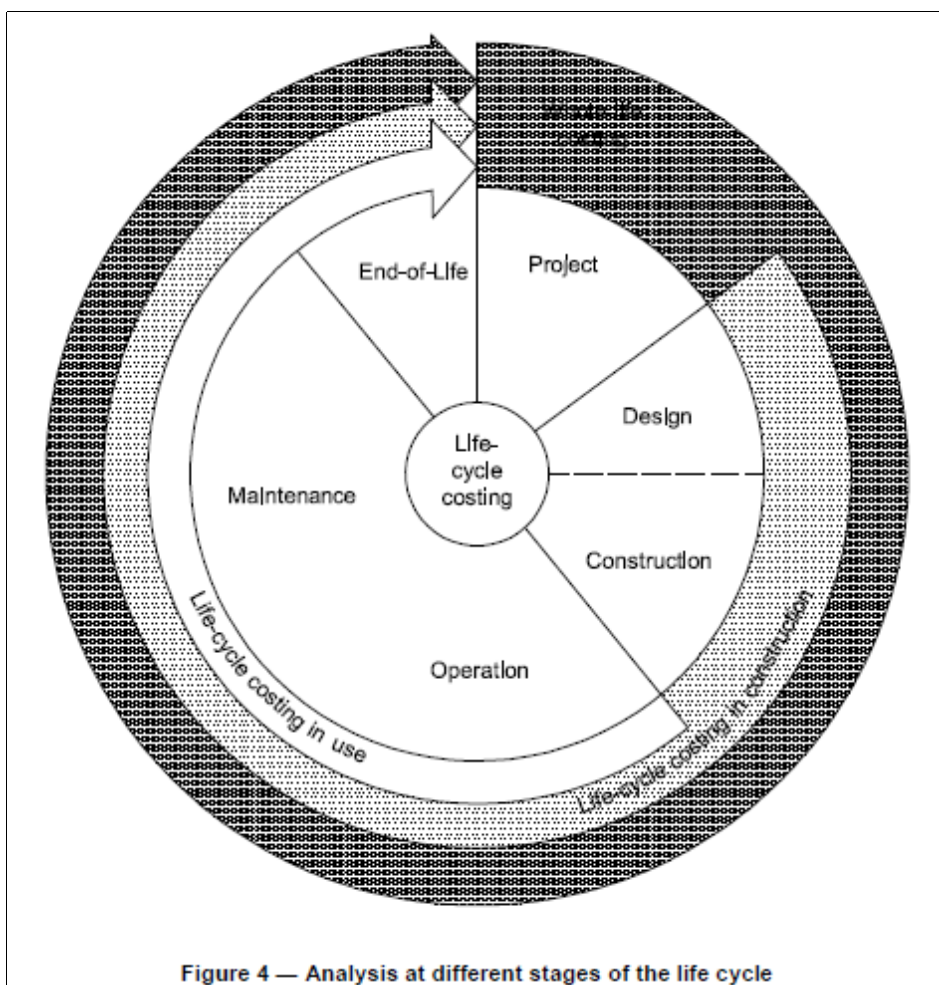


Figure 4 — Analysis at different stages of the life cycle

Fig. 2.165 - Analisi dei costi riferita alle fasi del ciclo di vita dell'edificio. Fonte: ISO 15686-5:2008(E)

“I costi del ciclo di vita di un bene sono da intendere come i costi totali di quel bene comprensivi della sua durata di funzionamento, dei costi iniziali di acquisizione e dei successivi costi di gestione, considerando tutti i costi rilevanti che influiscono sulla vita economica del bene.

Il LCC di un edificio è costituito dalla totalità dei costi che incidono sull'edificio o sulla struttura: dalla costruzione alla gestione fino all'eventuale demolizione. In aggiunta ai "costs in use", il LCC include tutti i costi associati alla costruzione iniziale, i costi iniziali, i costi di manutenzione e i costi finali per il riadattamento del sito, qualora l'edificio o la struttura non abbia più motivo di esistere” (Oppio A., 2010). I dati sui costi e sui requisiti che il progetto deve soddisfare durante il suo ciclo di vita costituiscono gli input delle tecniche di valutazione degli investimenti (Fig. 2.166).

“È detto Costo globale, o Costo del ciclo di vita (LCC: Life Cycle Cost) di un manufatto la sommatoria del costo complessivo di produzione (investimento iniziale), di gestione, e di dismissione (costi algebrici differiti). Concepire un progetto in Costo globale, o meta-progetto, significa quindi tenere presenti le conseguenze finanziarie (costi di utilizzazione, manutenzione e dismissione) delle scelte iniziali già nella fase della loro definizione. Ovviamente, nella definizione del costo globale si dovranno tenere in considerazione gli elementi che concorrono realmente alla sua definizione, non quelli trascurabili” (Salimbeni D., 2008).

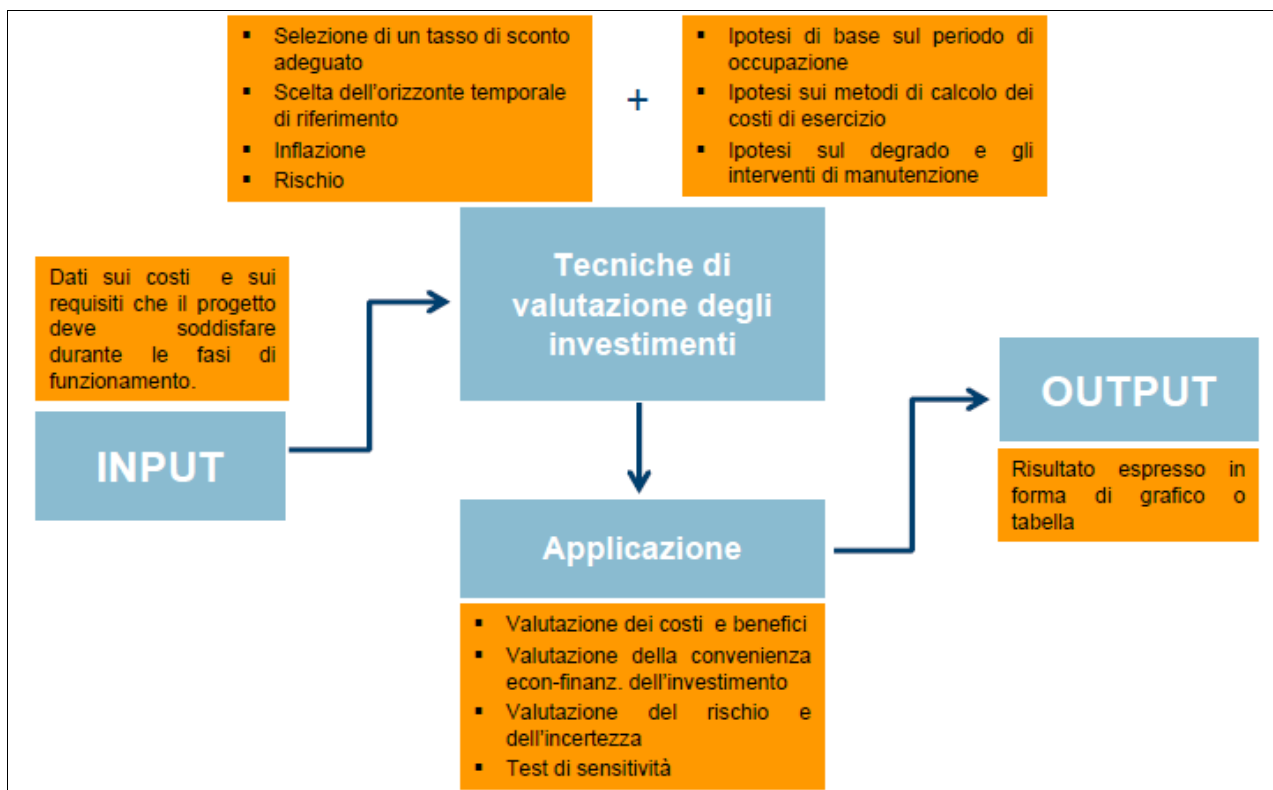


Fig. 2.166 - Schema generale di applicazione delle tecniche di valutazione degli investimenti (Oppio A., 2010)

A differenza di altri approcci, che si concentrano solo sui costi iniziali, l'approccio LCC è particolarmente utile per l'investitore per determinare *tutti i costi (presenti e futuri in termini equivalenti)* derivanti da un *investimento* in quanto:

- ⤴ identifica i *costi totali* intrapresi per acquisire il bene
- ⤴ facilita la *scelta* più efficace tra diverse *alternative* (di progetto o componenti) caratterizzate da differenti *cash-flow* e *inquadramenti temporali*
- ⤴ descrive le *spese correnti* di quei beni
- ⤴ identifica i *processi produttivi* o i *sistemi edilizi* i cui costi di gestione potrebbero essere ridotti o modificati da un cambiamento della stessa gestione.

La natura previsionale della LCC è strategica per tutto il processo edilizio, essendo, come ricorda anche la norma ISO, *l'80% dei costi derivanti dalle scelte contenute nel primo 20% del processo decisionale* (Fig. 2.167).

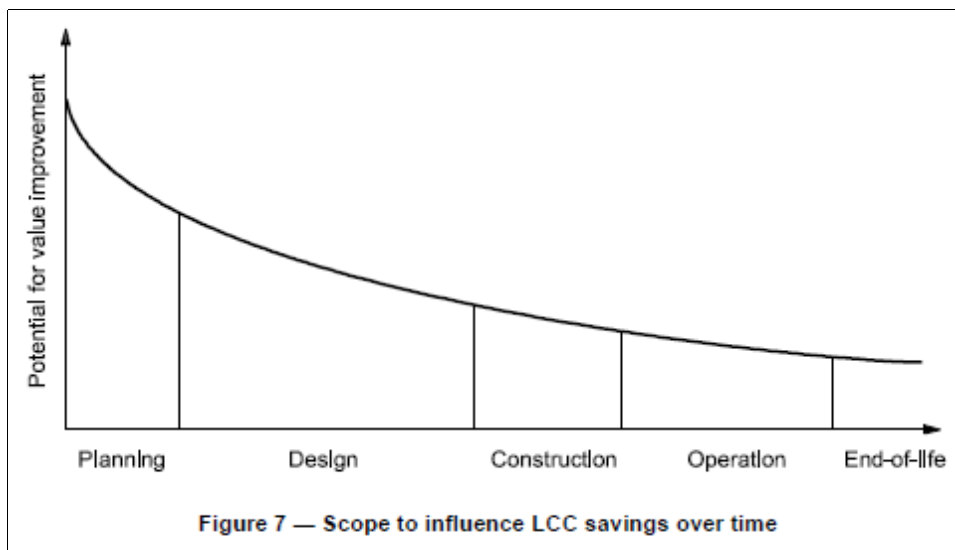


Fig. 2.167 - Potenziale di risparmio sui costi generato da una analisi LCC, in relazione alle fasi del processo edilizio. Fonte: ISO 15686-5:2008(E)

La LCC dovrebbe essere ripetuta nelle varie fasi del progetto e anche durante la costruzione e i risultati aggiornati e confrontati.

Tra gli elementi di criticità di questo approccio vi sono difficoltà di:

- ▲ reperimento dei dati sulla *durata del ciclo di vita*
- ▲ previsione dei *costi di manutenzione* (sistema edilizio e sistema impiantistico) e loro distribuzione temporale.

La raccolta di dati storici per poter ricavare le informazioni previsionali per analogia è una delle attività in corso presso alcuni istituti di ricerca nazionale ed internazionale.

### 2.3.6.2.2 Livello di standardizzazione internazionale del LCC

Se si esamina il quadro degli standard disponibili a livello internazionale per il calcolo dei costi associati al ciclo di vita degli edifici, si nota che le esperienze in questo settore sono ancora poche e che pertanto sia a livello di standard che di applicazioni si dovranno attendere sviluppi futuri perché anche la componente economica sia adeguatamente considerata nella costruzione e gestione degli edifici in chiave sostenibile.

Di seguito è riportato un elenco degli standard ad oggi esistenti (Fig. 2.168).

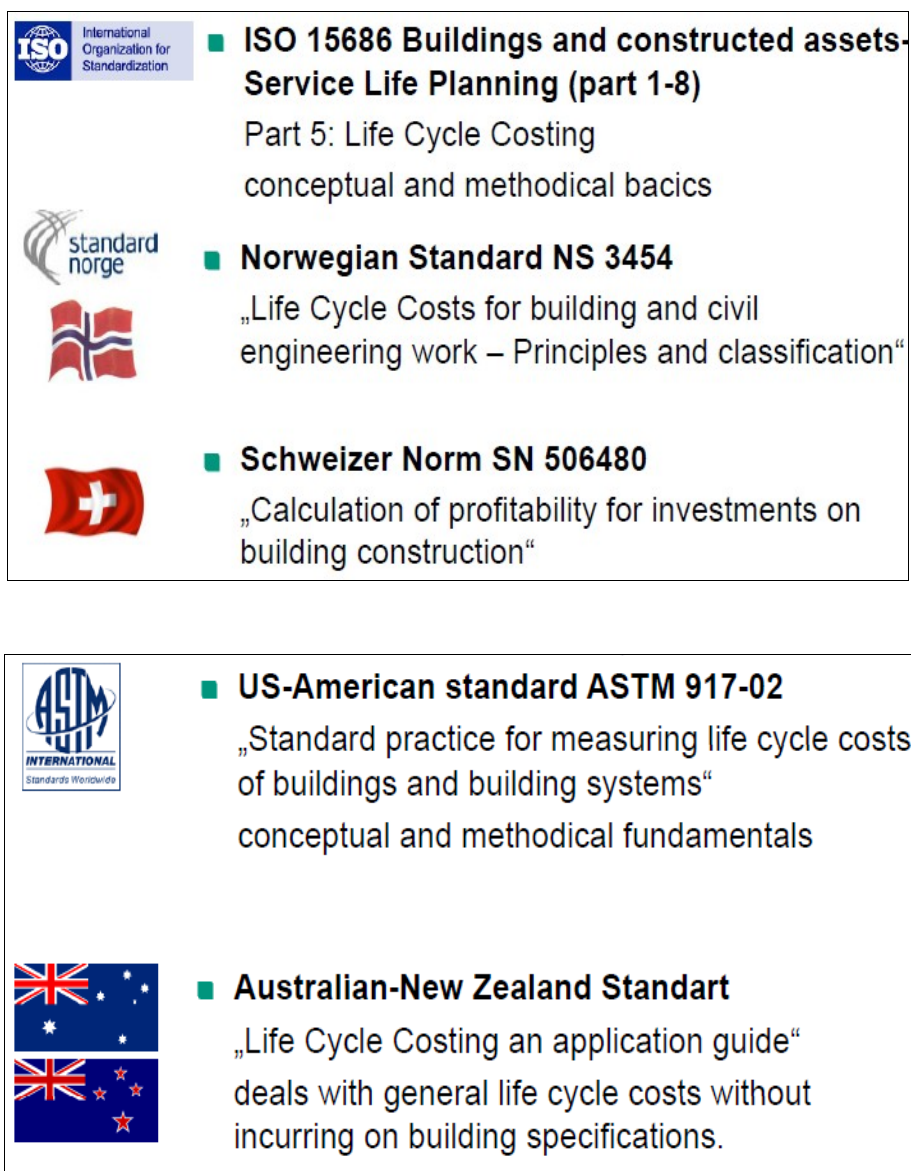


Fig. 2.168 - Quadro degli standard disponibili a livello internazionale per il calcolo dei costi associati al ciclo di vita degli edifici (Lennerts K., 2012)

### 2.3.6.2.3 Dall'approccio non deterministico a quello deterministico

Un'analisi LCC è basata su un vasto numero di parametri, la maggior parte dei quali non noti, considerando la natura previsionale dell'approccio, dipendenti da un ancor maggiore numero di variabili, legati all'andamento dell'economia locale, nazionale e internazionale, così come alle variazioni nel tempo dei costi dell'energia (Masera G., 2004) e delle altre risorse, così come legati all'attendibilità delle previsioni di vita dei prodotti impiegati in un manufatto edilizio.

Kishk e Al-Hajj nel 1999 hanno sviluppato un framework integrato per gestire l'incertezza nel calcolo LCC, basato sulla teoria delle reti neurali artificiali, applicato per migliorare la qualità di un LCC come supporto alle decisioni nel caso di un processo di fabbricazione di utensili.

Il framework (Fig. 2.169) si basa sull'idea che un problema complesso può essere de-costruito



in compiti più semplici. Vari strumenti possono essere utilizzati per gestire i sottoinsiemi di compiti.

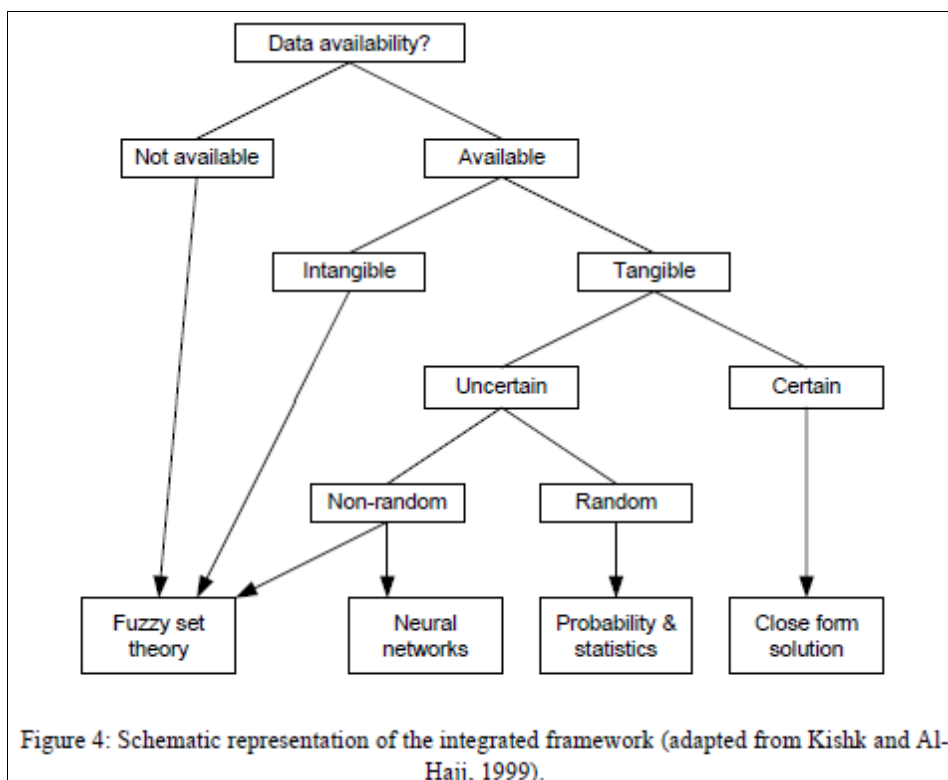


Fig. 2.169 - Rappresentazione schematica del quadro integrato dei tipi di dati in base alla loro disponibilità, per gestire l'incertezza nel calcolo LCC (Davis Langdon Management Consulting, 2007)

Su principi analoghi si basano le correnti metodologie LCC, che pur non ignorando la reale complessità degli asset, utilizzano assunzioni con parametri fissi, basati su studi su dati storici e teorie previsionali condivise.

In tal modo le metodologie LCC riescono ad essere gestite con le tecniche di un tipico *approccio deterministico* (Fig. 2.170).

deterministico	Metodo	probabilistico
Valori discreti da media	Parametri economici	Distribuzione di probabilità
Valori discreti da media	Stima dei Costi	Distribuzione di probabilità
Valori discreti	Stima tempi di intervento	Modelli di deterioramento
Normalmente esclusi	Aspetti socioambientali	Considera modelli di valutazione a punteggio
Il Calcolo restituisce un Valore puntuale	Calcolo LCC	Simulazione Montecarlo restituisce curva di probabilità

Fig. 2.170 - Esempio di analisi dei flussi di cassa per la valutazione del costo del ciclo di vita di edifici e infrastrutture (Ciccarelli G.)

#### 2.3.6.2.4 Gli attori interessati al LCC

I principali attori del processo edilizio (Fig. 2.171) cui la norma è rivolta sono i soggetti, pubblici o privati, che devono acquisire una proprietà, aventi interesse al possesso a lungo termine o destinati a detenerne la responsabilità della manutenzione e / o dei costi operativi. Secondariamente, i progettisti, i costruttori e i fornitori di materiali e componenti, le imprese di manutenzione e di servizi, i consulenti economici e gli specialisti della service life e delle prestazioni ambientali. In particolare, tra le tipologie di clienti cui la norma risulta particolarmente utile, vi sono quelli *pubblici*, che possono ottimizzare e valorizzare anche gli investimenti tipicamente tradizionali. Il periodo di interesse del cliente e le responsabilità e i vincoli legati ai costi tendono a determinare i requisiti per il LCC (Fig. 2.172, Fig. 2.173, Fig. 2.175, Fig. 2.174, Fig. 2.175, Fig. 2.176).

<b>Potenziali utilizzatori</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Client Brief</b></li> <li>■ Financing Institutions</li> <li>■ Public Administrations</li> <li>■ Real estate investors</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Identification and evaluation of the economic impact of the project during its lifespan (NPV)</li> <li>■ Assessment of the terms of reference and guidelines for implementation.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Concept Design</b></li> <li>■ Architects</li> <li>■ Consultants</li> <li>■ Researchers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Identification and evaluation of the most efficient design and construction alternative for the major costs. (Sensitivity analysis).</li> <li>■ Definition of the general and detailed technical specifications.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <b>Detailed Design</b></li> <li>■ Contractors</li> <li>■ Project Managers</li> <li>■ Utilities</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Identification of investment and operation cost components at detailed level.</li> <li>■ Deterioration Modelling</li> <li>■ Detailed evaluation of Lifecycle Replacement Costs.</li> </ul>

Fig. 2.171 - Potenziali utilizzatori del metodo LCC nelle fasi di programmazione e progettazione di un'opera (Fonte: Giovanni Ciccarelli, Il costo del ciclo di vita di edifici e infrastrutture)

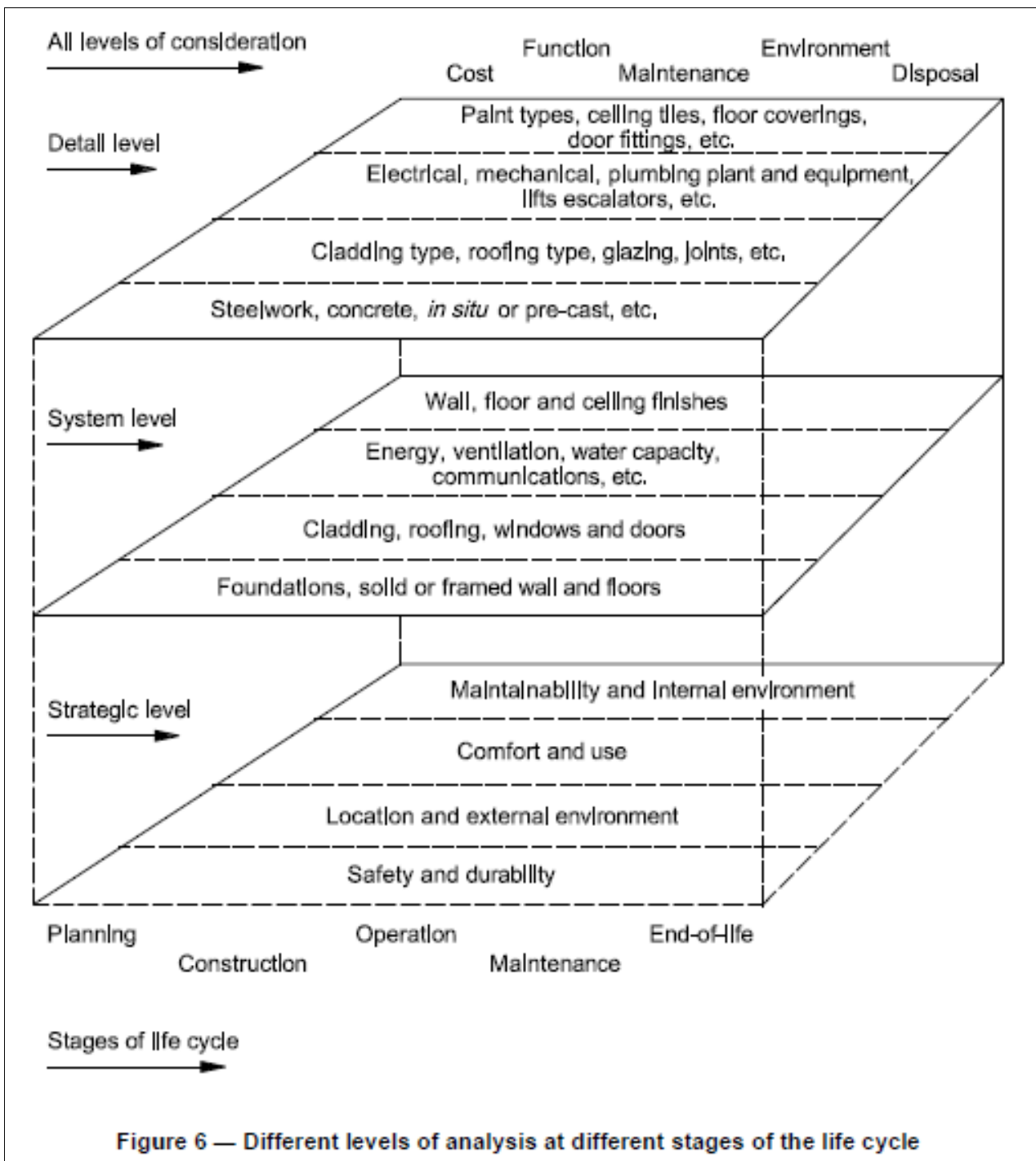


Fig. 2.172 - Relazione tra livelli di analisi dei costi e fasi del ciclo di vita dell'edificio: Fonte: ISO 15686-5:2008(E)



Fig. 2.173, Fig. 2.174 - Tipi di costi in base agli obiettivi e fasi della gestione del processo edilizio (Ciccarelli G.)

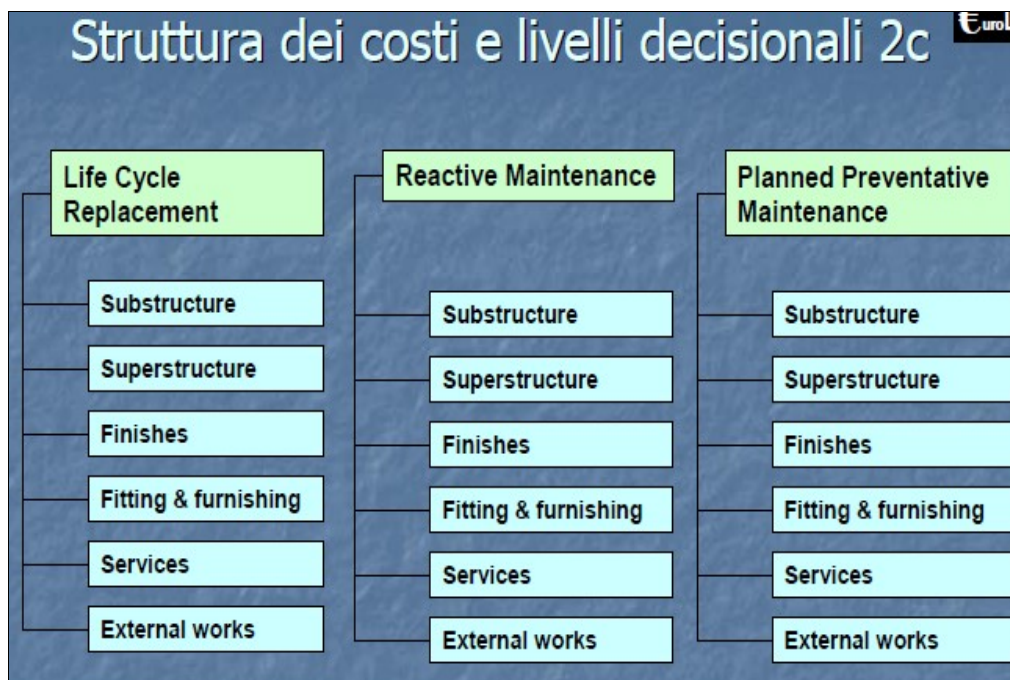
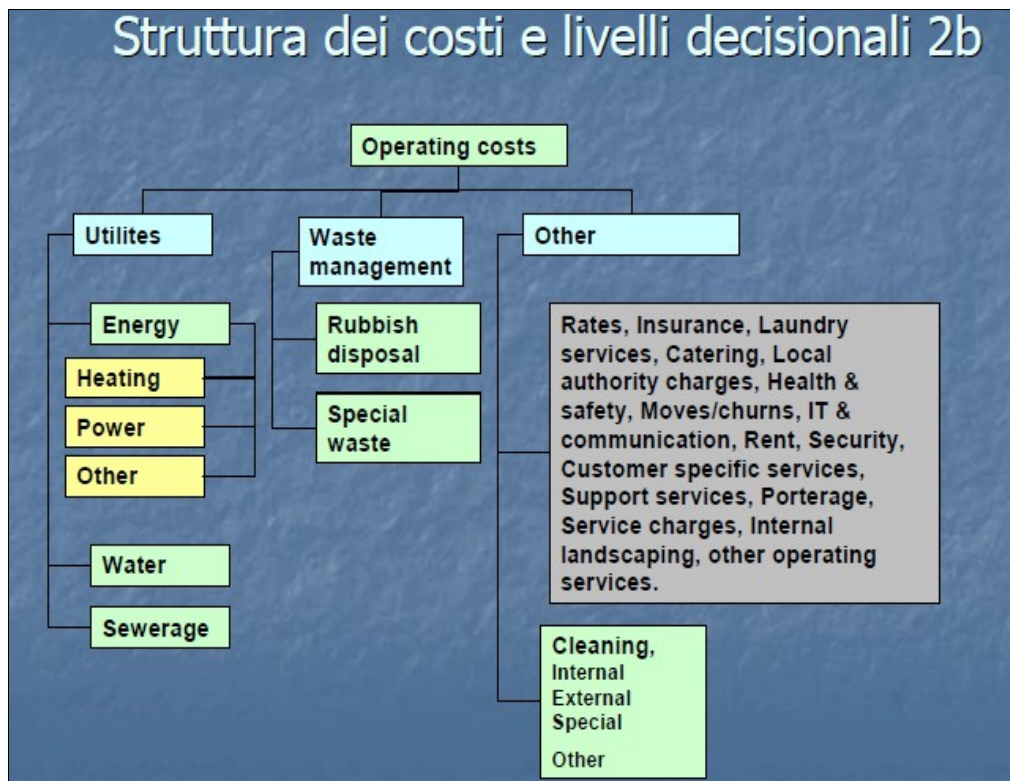


Fig. 2.175, Fig. 2.176 - Tipi di costi in base agli obiettivi e fasi della gestione del processo edilizio (Fonte: Giovanni Ciccarelli, Il costo del ciclo di vita di edifici e infrastrutture)

### 2.3.6.2.5 Il WLC (Whole Life Cost) e collegamenti con altri tipi di valutazione

La stessa norma ISO (Fig. 2.177) raccomanda di non confondere il LCC con il *WLC* (*Whole Life Cost*), l'insieme di tutti i significativi e rilevanti, iniziali e futuri, costi e benefici su un asset (valori materiali e immateriali ad utilità pluriennale facente capo ad una proprietà), attraverso il suo ciclo di vita, necessari per rispondere ai requisiti prestazionali. Il Whole-life costing è la metodologia che prende in considerazione economica sistematica i whole-life costs e i benefici (che possono includere gli external costs, es. finanziamenti, entrate da vendita di terreno, costi d'uso) lungo un periodo di analisi.

Le esternalità sono positive o negative a seconda che producano o meno benefici alle altre persone (Fig. 2.178). L'aggiunta dell'esternalità al costo / beneficio privato dà il costo o beneficio sociale totale.

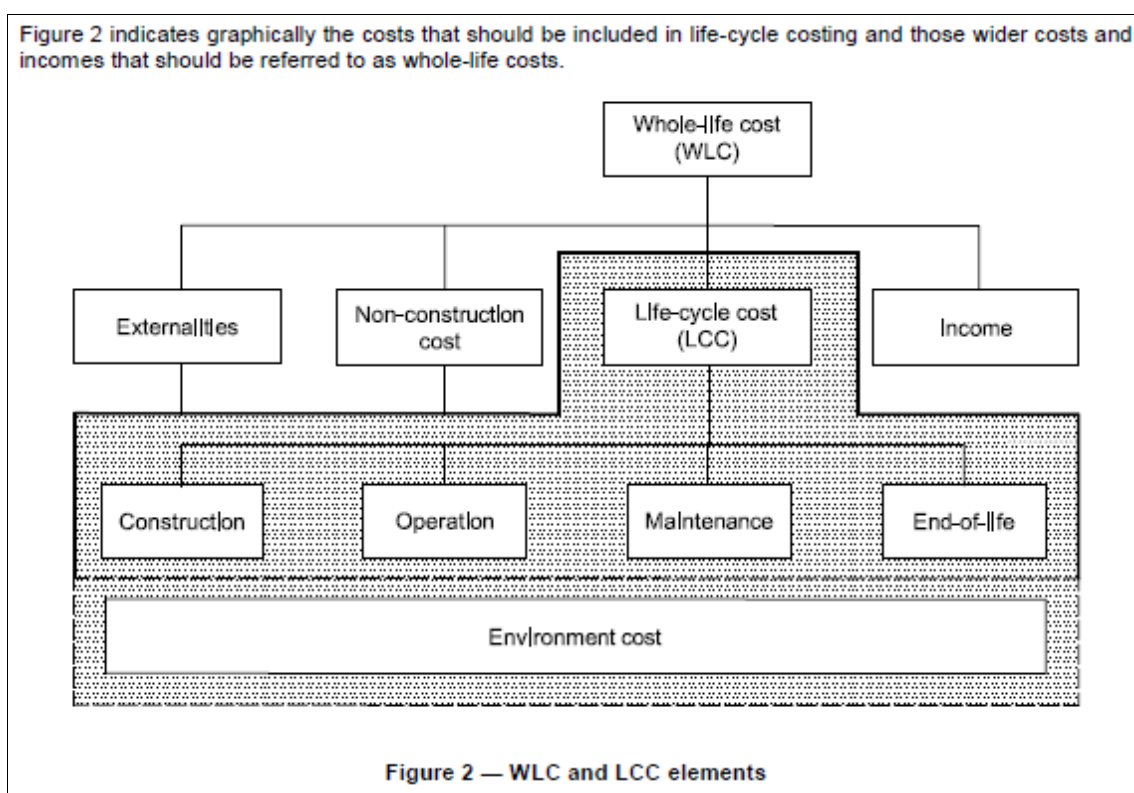


Fig. 2.177 - Elementi per la valutazione degli WLC e LCC. Fonte: ISO 15686-5:2008(E)

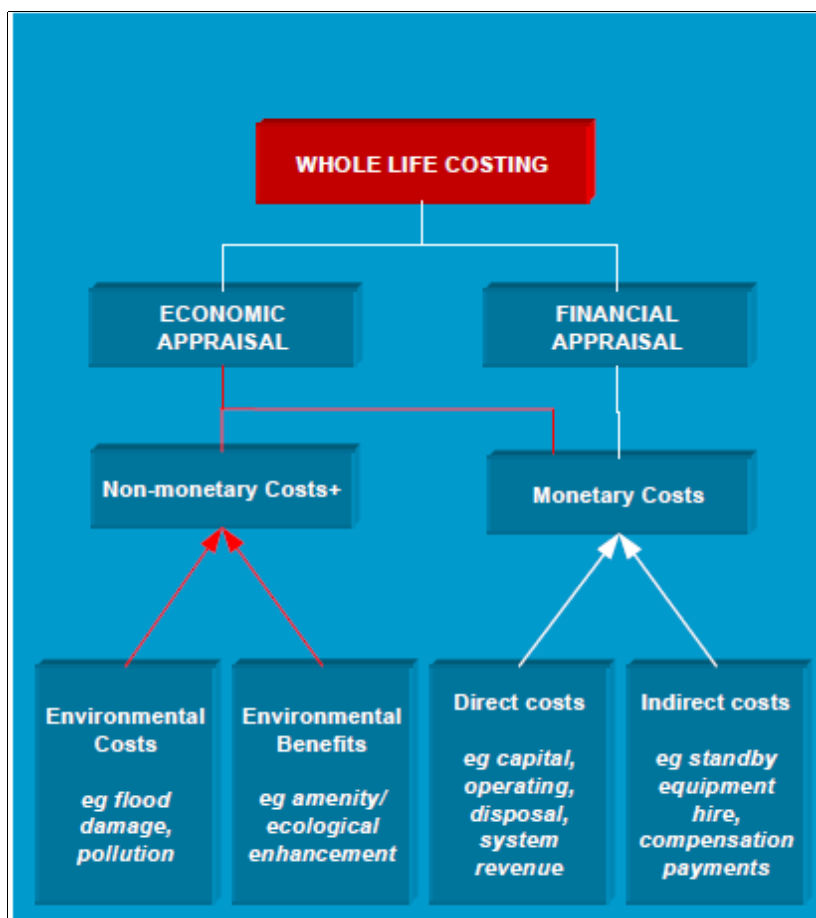


Fig. 2.178 - Composizione dei WLC (CIRIA)

L'uso del metodo LCC dovrebbe ricevere input da altre valutazioni, come la *valutazione ambientale*, quella relativa al progetto, alla sicurezza, alla funzionalità, la conformità ai regolamenti.

La quantificazione deve corrispondere al livello di dettaglio richiesto ad una certa fase di progetto.

### 2.3.6.2.6 I costi inclusi

Il piano di LCC dovrebbe includere tra la documentazione il piano di manutenzione, che descriva le riparazioni e sostituzioni previste (Fig. 2.179). Nel caso di ristrutturazioni, queste necessitano di un successivo LCC apposito.

Dovrebbe essere chiaro se i costi di demolizione e smaltimento (Fig. 2.180) sono inclusi nell'analisi. La fine vita può includere verifiche preventive allo smaltimento e può richiedere infatti la demolizione, la preparazione al riciclo e /o il riuso e/o l'avvio allo smaltimento del rifiuto. Se sono prevedibili entrate per il riuso dell'edificio o sue parti, si può provvedere ad un'analisi WLC.



**Il costo globale è esprimibile mediante la seguente relazione:**

$$LCC \equiv C_i + C_m + C_e + C_p + C_g + C_u - P_v$$

**i cui addendi, espressi in moneta costante, sono:**

- ⇒  $C_i$  : *costi iniziali*
- ⇒  $C_m$  : *costi di manutenzione*
- ⇒  $C_e$  : *costi energetici*
- ⇒  $C_p$  : *costi delle pulizie*
- ⇒  $C_g$  : *costi di gestione e generali*
- ⇒  $C_u$  : *costi di utilizzazione*
- ⇒  $P_v$  : *prezzo di vendita (+) o costi finali (-)*

Fig. 2.179 - Composizione del costo globale (Salimbeni D., 2008)

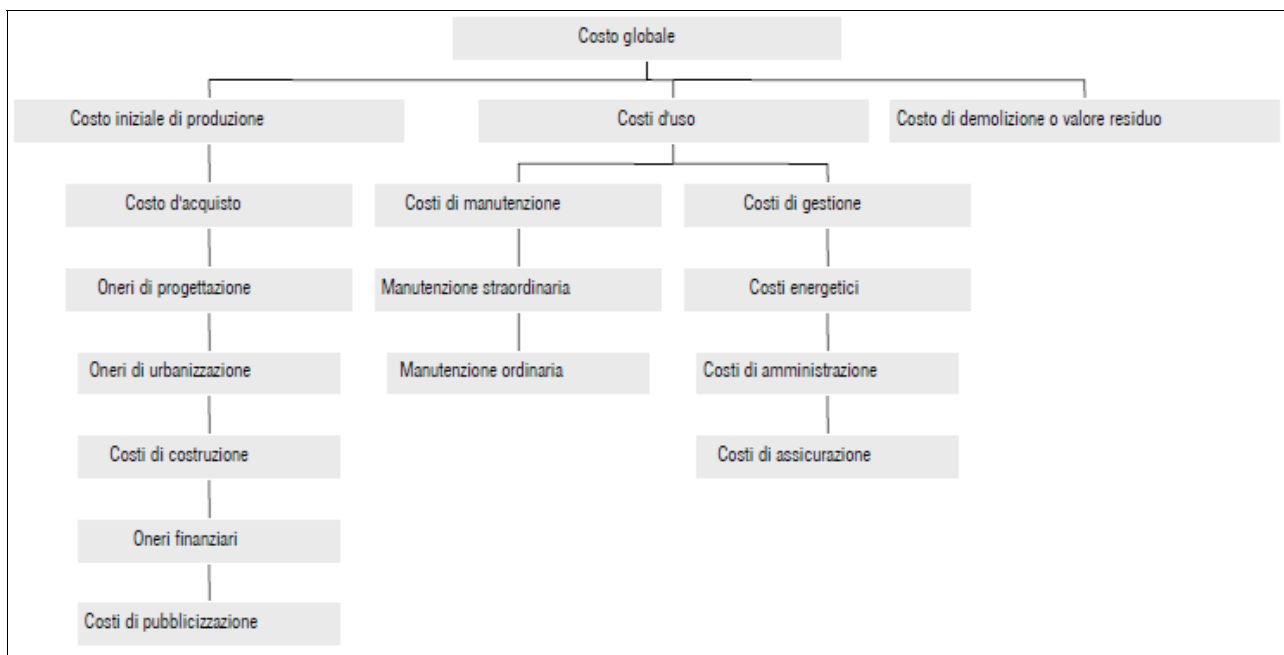


Fig. 2.180 - Costi inclusi nel LCC (Oppio A., 2010)

### 2.3.6.2.7 Dati per l'analisi alle differenti fasi

A livello grossolano si possono usare medie o riferimenti analoghi per il tipo di costruzione (“stime parametriche”), a livello di dettaglio dati basati su stime specifiche o previsioni di prestazioni dei componenti e attività di manutenzione.

I calcoli del LCC possono essere fatti diversamente a seconda della fase del processo progettuale coinvolta. Il grado di dettaglio ed informazioni disponibili gioca un ruolo decisivo. Il principio generale che determina il livello di dettaglio al quale i calcoli del LCC sono fatti dovrebbe essere corrispondente al livello di dettaglio usato per calcolare i *costi di acquisizione*.

### 2.3.6.2.8 Analisi LCC basata su benchmarks di riferimento (parametrica) e dettagliata

Tipicamente, un'analisi del costo iniziale (budget) è basata su un'*unità funzionale* (es. costo per letto) o sull'area totale dell'asset (es. costo per metro quadro) o sul numero di persone ospitate (es. per una scuola o un ufficio).

La stima a livello di benchmarks di riferimento dovrebbe essere progressivamente perfezionata e nelle fasi successive può assumere solo una funzione di controllo rispetto alla analisi nel ciclo di vita dettagliata.

Esistono vari standard nazionali disponibili su come suddividere i costi in un'analisi strutturata.

### 2.3.6.2.9 LCC strumento di supporto alla scelta di alternative e punti di vista

La LCC è spesso usata per confrontare alternative (Fig. 2.181) che hanno diverse implicazioni, compresa l'alternativa zero, specialmente nel caso di ristrutturazioni.

Andrebbero considerate le *ripercussioni o conseguenze della scelta di un'alternativa*, ad es.:

- ♣ cambiare le proprietà di resistenza termica dell'involucro selezionando differenti materiali può produrre cambiamenti nei costi di riscaldamento e raffrescamento
- ♣ un cambiamento da un tipo di pitturazione a un altro può richiedere un differente programma di applicazione e ritinteggiatura con diversa frequenza
- ♣ fornire una specifica iniziale migliore può produrre un minore uso delle infrastrutture di trasporto durante la manutenzione
- ♣ fornire specifiche che possono adattarsi ai cambiamenti nella domanda (es. per l'uso di una strada o di una scuola) può allungare il ciclo di vita.

In particolare, le opzioni possono avere diversi *costi esterni o intangibili*, come la restrizione dell'accessibilità all'edificio o la fine delle attività degli occupanti.

Questi *potrebbero non essere costi a carico del cliente* (es. fine o perdita di profitto commerciale dei locatari in un centro commerciale durante la manutenzione dell'edificio) e così essere trascurati.

Le implicazioni di maggiori costi tendono ad essere associate ad alternative progettuali significative / strategiche, come l'orientamento, la forma dell'edificio, l'ubicazione, l'altezza dell'edificio o la sua articolazione. Analogamente, la scelta di alternative per il controllo del clima interno, come tra una progettazione passiva (ventilazione/solare) e il riscaldamento / raffrescamento, può avere significative implicazioni sia nei costi in conto capitale sia gestionali.

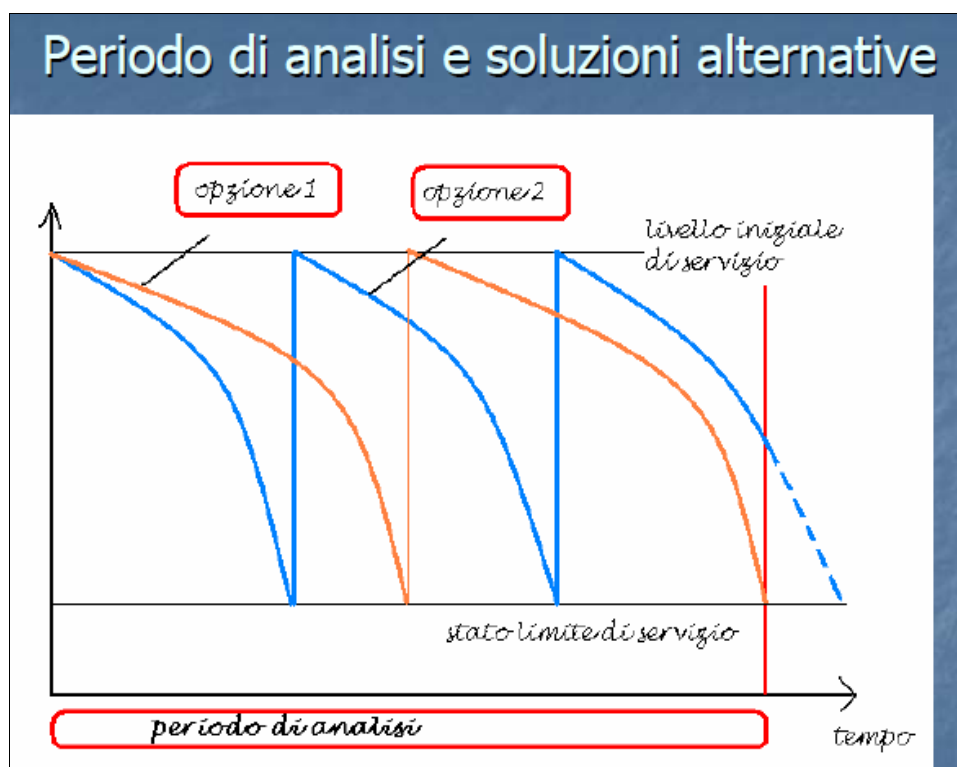


Fig. 2.181 - Esempio di analisi dei flussi di cassa applicata a diverse opzioni progettuali (Ciccarelli G.)

### 2.3.6.2.10 LCC come strumento di ottimizzazione dei costi di manutenzione in fase decisionale-progettuale

Le statistiche mostrano chiaramente come un'attenta valutazione in fase meta-progettuale possa ridurre i costi della futura gestione dell'edificio e degli interventi di manutenzione, in misura anche dell'80% (Fig. 2.182).

durata (anni)	operazioni		incidenza costo (%)
2÷3	DECISIONE	in base ad aspetti finanziari, commerciali e giuridici, con pianificazione, previsione costo, definizione budget e programmazione	2÷4
	PROGETTAZIONE	concezione, definizione prestazioni, calcoli, analisi e computo dei costi	2
2÷5	REALIZZAZIONE	costruzione e controllo tecnico	15÷20
> 50	GESTIONE	esercizio, manutenzione, interventi pesanti, riabilitazione, demolizione	75÷80

Fig. 2.182 - Incidenza dei futuri costi di gestione nelle fasi del processo edilizio (Salimbeni D., 2008)

Le opportunità di miglioramento dei costi nel ciclo di vita di un organismo edilizio dipendono infatti, in modo preponderante, come le responsabilità dei costi totali sulla distribuzione  $R(t)$  intesa

come opportunità di miglioramento, dalle scelte effettuate nelle fasi preliminari dello sviluppo del progetto, anche se i costi reali  $CR(t)$  crescono esponenzialmente nel tempo attraversando le fasi del ciclo di vita del manufatto (Fig. 2.183).

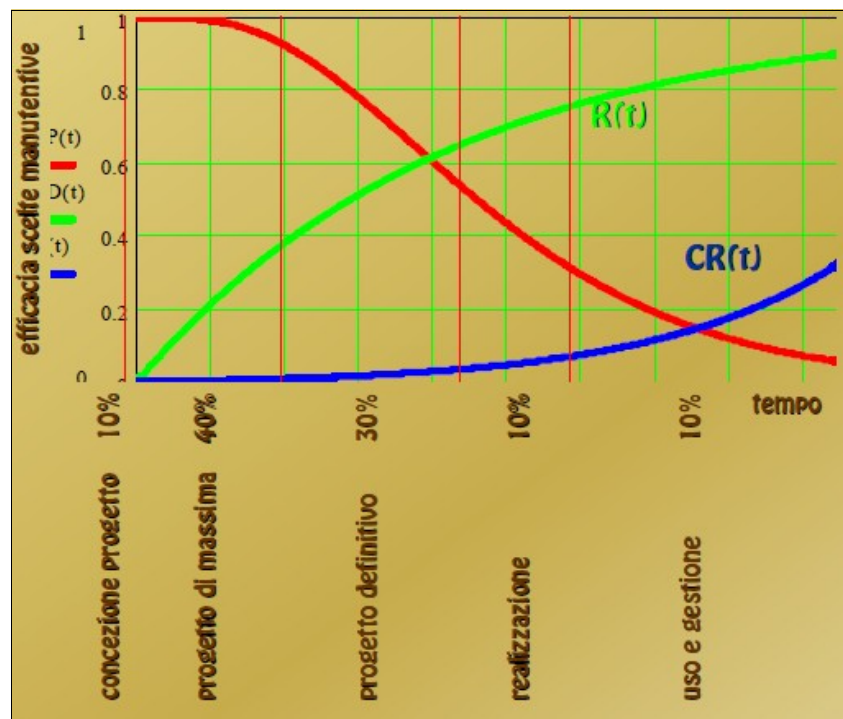


Fig. 2.183 - Opportunità di miglioramento dei costi di manutenzione lungo le fasi del processo edilizio (Salimbeni D., 2008)

### 2.3.6.2.11 Inquadramento del metodo di calcolo LCC

All'interno dei metodi di valutazione degli investimenti (Fig. 2.184), il metodo di calcolo del LCC descritto dallo standard ISO è un tipico metodo di *calcolo dinamico del valore attuale netto per annualità* (Fig. 2.185).

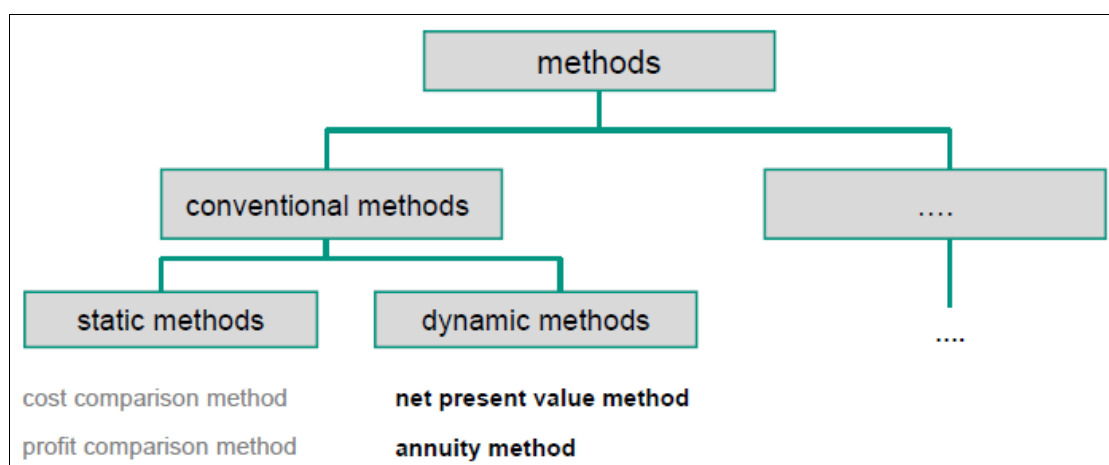


Fig. 2.184 - Quadro generale dei metodi di valutazione degli investimenti (Lennerts K., 2012)

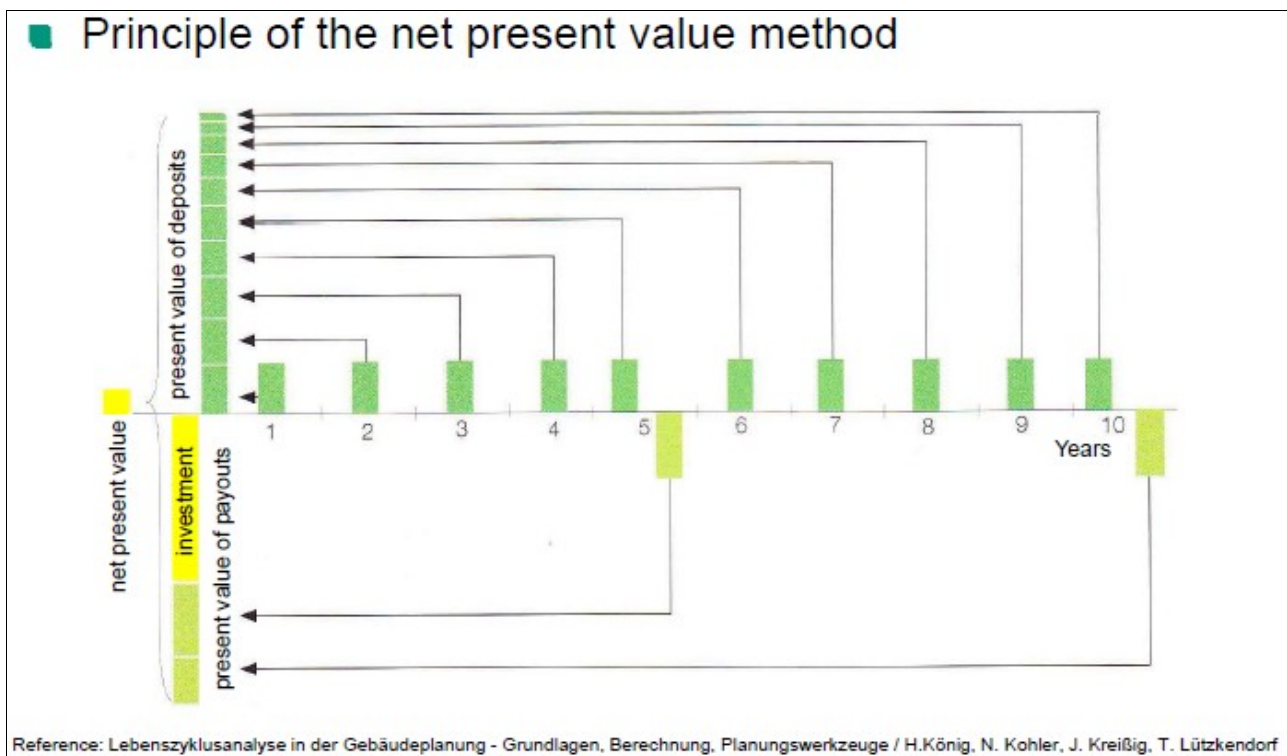


Fig. 2.185 - Rappresentazione del principio del valore attuale netto (Lennerts K., 2012)

### 2.3.6.2.12 Service life, ciclo di vita e vita di progetto

La *vita di progetto* (Fig. 2.186) è un requisito prestazionale chiave e dovrebbe essere definita da contratto con il cliente. La *vita di servizio stimata* dovrebbe essere minimo lunga quanto quella di progetto.

I dati relativi alle sostituzioni durante la service life dovrebbero essere inclusi nel LCC. Il ciclo di vita dovrebbe tenere in conto il periodo durante il quale l'edificio è inteso assolvere la sua funzione. Questo periodo può dettare il periodo di analisi del LCC e può dettare la vita di progetto per ulteriori configurazioni e componenti.

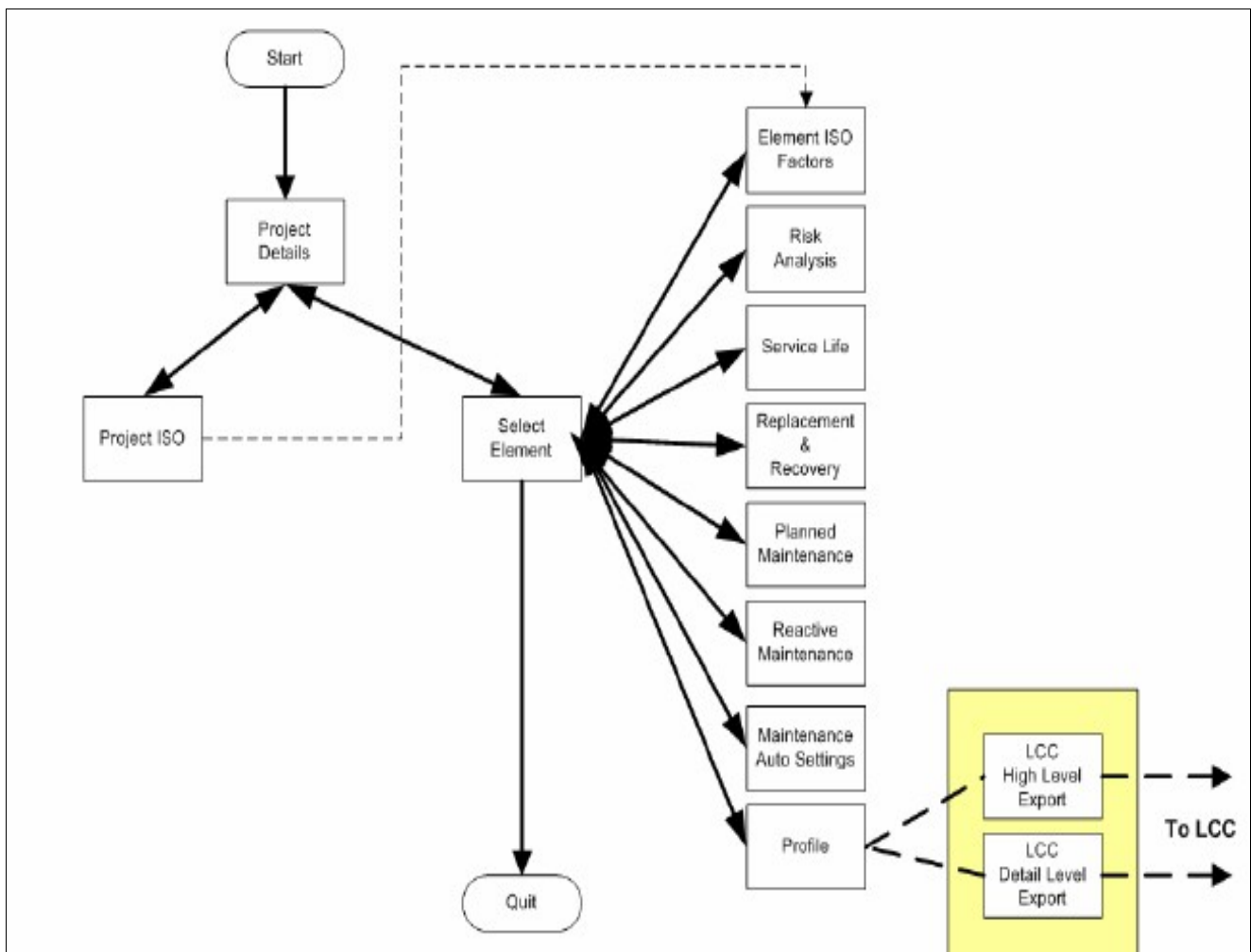


Fig. 2.186 - Vita di progetto e LCC (Cicarelli G.)

### 2.3.6.2.13 Affidabilità

L'affidabilità dei componenti è certamente un aspetto da considerare per l'analisi e il controllo dei costi (Fig. 2.187).

L'affidabilità di un manufatto è definita come *la probabilità che il manufatto (elemento o sistema di elementi interagenti) funzioni col livello qualitativo fissato, in condizioni ambientali specificate, senza guastarsi per un tempo  $t_F$ .*

*L'incremento dell'affidabilità riduce i costi di manutenzione, ma incrementa i costi di prodotto, quindi i suoi costi non sono proporzionali, ma presentano un minimo che individua l'affidabilità economica ottima. Ovviamente altre considerazioni (per esempio: costi sociali) potrebbero consigliare l'adozione di valori di affidabilità maggiori.*

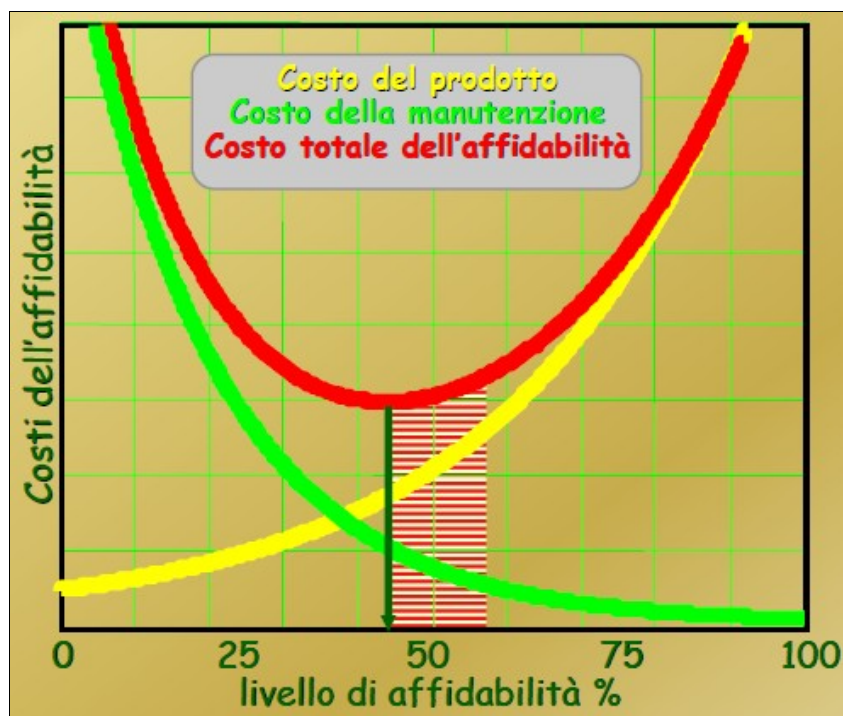


Fig. 2.187 - Relazione tra i costi e il livello di affidabilità (Salimbeni D., 2008)

#### 2.3.6.2.14 Periodo di analisi

Il periodo di analisi dovrebbe essere basato sulle richieste del cliente, che può andare oltre il ciclo di vita dell'asset.

Nel caso di ciclo di vita più lungo di 100 anni, il periodo usato nei calcoli può essere 100 anni (se concordato) non essendo il calcolo influenzato più di tanto oltre questo punto.

Altri fattori possono essere considerati, come i seguenti:

- ⤴ il periodo di prevedibile necessità o occupazione dell'asset costruito (l'intero ciclo di vita); questo è il periodo di analisi preferibile; se l'analisi copre un periodo più breve, ciò va espressamente indicato nella documentazione
- ⤴ un periodo determinato da una responsabilità contrattuale (es. per la manutenzione dell'asset o per l'ammortamento del finanziamento per l'investimento)
- ⤴ un periodo standard di analisi dell'investimento applicato all'interno di un'organizzazione.

Può essere necessario per un'analisi LCC considerare i costi sostenuti al di fuori del periodo di analisi potendo questi impattare significativamente i costi per di proprietà del cliente.

Certi costi possono includere onerosi costi di manutenzione riguardanti il tempo dopo la fine di un periodo di analisi (e/o perdita di prestazione associata) e il valore residuo dell'asset.

Il *degrado* (Fig. 2.188) dovrebbe essere messo in conto quando si costruisce il periodo di analisi, potendo questo causare una fine vita utile non programmata o un cambio d'uso. Un'analisi di *sensibilità* può rivelare quanto sia preciso il calcolo e come incida sul calcolo un input differente.

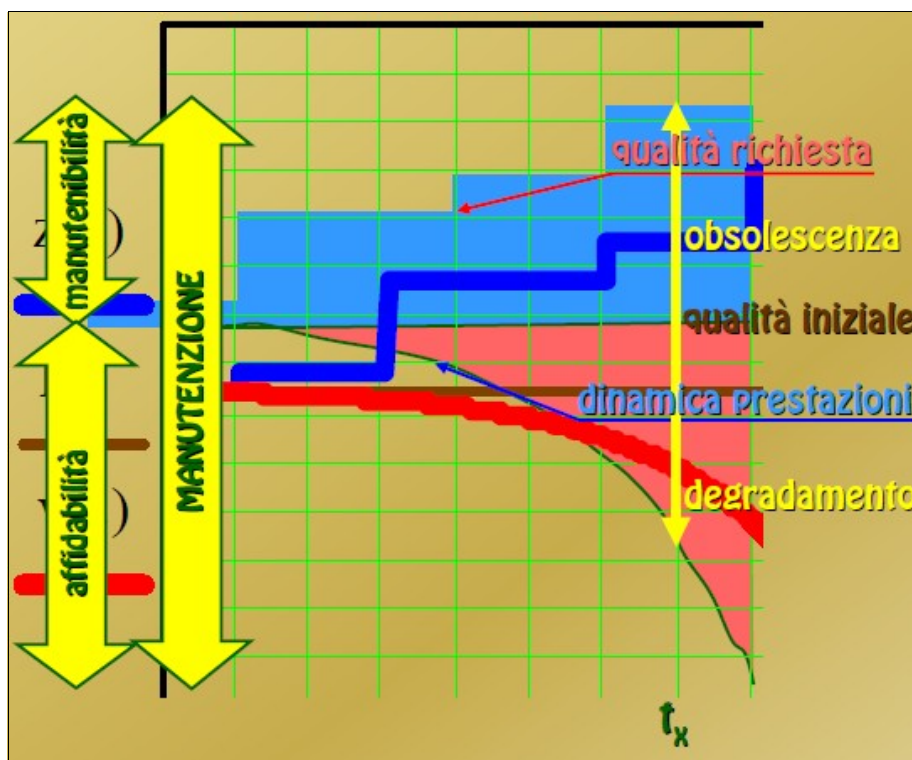


Fig. 2.188 - Relazione tra affidabilità, manutenibilità, qualità richiesta, obsolescenza, qualità iniziale, degrado nel tempo di riferimento per il calcolo del LCC (Salimbeni D., 2008)

### 2.3.6.2.15 Le variabili dei costi

I costi possono essere fissati o variare nel periodo di tempo. L'impostazione della calendarizzazione dei costi lungo il ciclo di vita dovrebbe essere richiamata in una scheda di assunzioni del ciclo di vita. I costi dovrebbero essere espressi in costi reali piuttosto che nel valore del futuro (costi nominali).

I valori possono derivare da:

- ⤴ una stima diretta dei costi noti e dei componenti
- ⤴ un'analisi di dati storici da applicazioni tipiche (es. fatture)
- ⤴ modelli basati sulla prestazione attesa, medie, ecc
- ⤴ le più avanzate tendenze nella tecnologia, nel mercato e nell'applicazione.

Il livello di informazione delle variabili dei costi può dipendere da un certo numero di fattori, come la difficoltà di ottenere l'intervallo e il dettaglio di informazioni in entrata su cui basare una analisi LCC o il tipo di metodi e modelli di valutazione del LCC usati.

Le variabili si raggruppano in:

- ⤴ *costi di costruzione / acquisizione*
- ⤴ *costi operativi / gestionali*
- ⤴ *costi di manutenzione*
- ⤴ *costi di fine vita* (Fig. 2.189).



"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

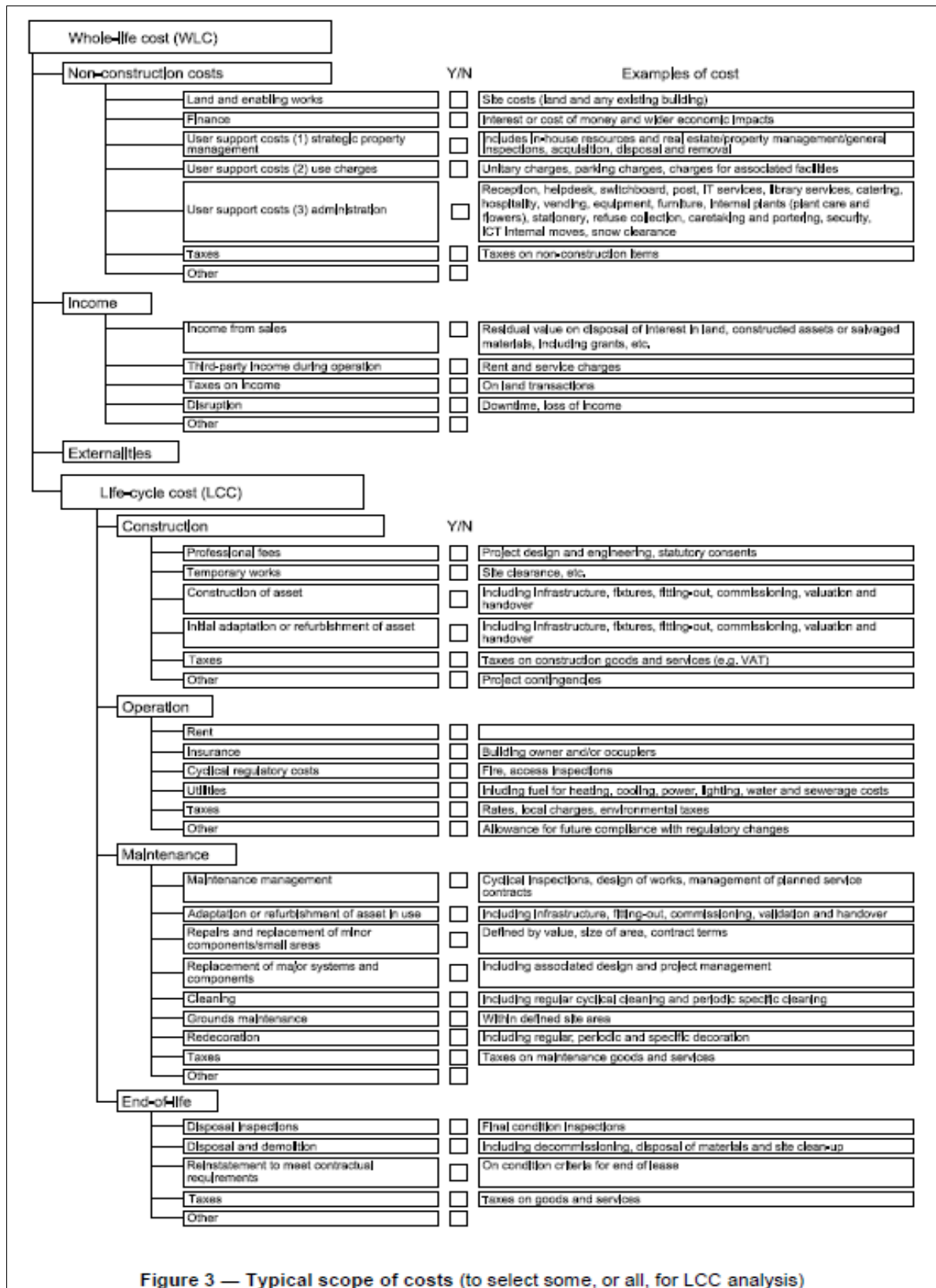


Figure 3 — Typical scope of costs (to select some, or all, for LCC analysis)

Fig. 2.189 - Costi e fasi del ciclo di vita. Fonte: ISO 15686-5:2008(E)

### 2.3.6.2.16 Costi di acquisizione

Un'analisi LCC può essere impiegata per dimostrare se o meno costi di acquisizione più alti sono giustificati da costi di gestione più bassi e / o prestazioni maggiori.

Miglioramenti (es. intervento paesaggistico sul sito o certificazione ISO 14001) possono essere giustificati sulla base di un *aumento del valore dell'edificio in un'analisi WLC*.

I costi di acquisizione possono formare una parte sostanziale della LCC totale per una nuova costruzione e / o nuovi asset con un breve ciclo di vita.

I costi di acquisizione possono includere:

- ⤴ costi di localizzazione (potenzialmente comprendenti il miglioramento del sito, lavori infrastrutturali, sebbene possano essere oggetto di progetti separati o non recuperabili)
- ⤴ lavori temporanei
- ⤴ costi di progettazione
- ⤴ costi di legge
- ⤴ costruzione e sbancamenti
- ⤴ tasse e commissioni
- ⤴ amministrazione.

I costi non recuperabili non dovrebbero essere inclusi in una analisi LCC ad eccezione del caso dell'opportunità dell'impiego di un asset esistente o di un terreno del cliente. In questa situazione il costo di opportunità può essere incluso nell'analisi LCC, ma dovrebbe essere dichiarato.

### 2.3.6.2.17 Costi operativi, di manutenzione e sostituzione

I primi obiettivi della stima dei costi operativi, di manutenzione e sostituzione dovrebbero essere:

- ⤴ assicurare che la vita utile sia ottimizzata in funzione della specifica vita di progetto
- ⤴ comprendere le implicazioni delle alternative in considerazione.

La gestione e manutenzione devono costituire parte integrante di una analisi LCC. Un'ampia gamma di tipi di gestione e manutenzione, *attività e frequenze d'uso* possono avere costi differenti ed effetti sulle prestazioni correnti nonché cicli di sostituzioni futuri di un asset costruito.

I risultati di un'analisi LCC (pur considerando altre richieste prestazionali del committente incluse nei documenti contrattuali) possono produrre un *piano di manutenzione e sostituzione accettabile* per quello specifico asset.

Gli aspetti da considerare dovrebbero comprendere:

- ⤴ la prestazione nel tempo di ciascun elemento
- ⤴ i *costi associati al degrado prestazionale*
- ⤴ la vita utile ridotta (dell'edificio o dell'elemento) risultante da ogni *alternativa di manutenzione*
- ⤴ i costi che una particolare alternativa di gestione e manutenzione sono previsti in fase progettuale (es. i costi dell'*accessibilità per la pulizia* o per le alternative di sostituzione)
- ⤴ la manutenzione e i costi gestionali relativi che tendono a ricorrere a cicli regolari, a breve termine
- ⤴ i costi di sostituzione che possono verificarsi su cicli relativamente lunghi e che possono

- essere analizzati separatamente o come parte dei costi capitali
- ▲ costi energetici e per altri servizi / consumi associati a impianti ed apparecchi meccanici ed elettrici.

Gli aspetti su descritti possono richiedere di essere ri-considerati a seguito di cambiamenti o sviluppi della progettazione o delle richieste del committente. L'analisi LCC può richiedere la riconsiderazione o la completa revisione a differenti fasi del ciclo di vita.

La fine vita può avvenire per motivi funzionali, estetici o economici, o come risultato di prevedibili cambiamenti in requisiti o mutamenti della tecnologia.

### 2.3.6.2.18 Attività di manutenzione

Il tema della manutenzione riguarda le attività previsionali associate ad un progetto / processo edilizio per due aspetti. Innanzitutto, le scelte di progetto incidono enormemente sulle future esigenze manutentive. Secondariamente, nella LCC si possono prevedere i costi delle varie attività e pertanto questa è di supporto strategico sia nella scelta delle alternative progettuali anche dal punto di vista delle successive attività manutentive, sia nella stesura del necessario *piano / programma di manutenzione* a corredo del progetto.

L'efficacia delle scelte progettuali in materia manutentiva è evidenziata nel seguente (Fig. 2.190) diagramma temporale di distribuzione percentuale qualitativo associato alle fasi di massima del ciclo di vita del manufatto. Da questo si evince chiaramente come la manutenibilità dipenda in modo preponderante dalle scelte progettuali, che lasciano alla struttura organizzativa possibilità di miglioramento modeste (10÷20%). Spesso si assume come parametro di efficacia della manutenzione il rapporto *durata manutenzione / durata funzionamento*.

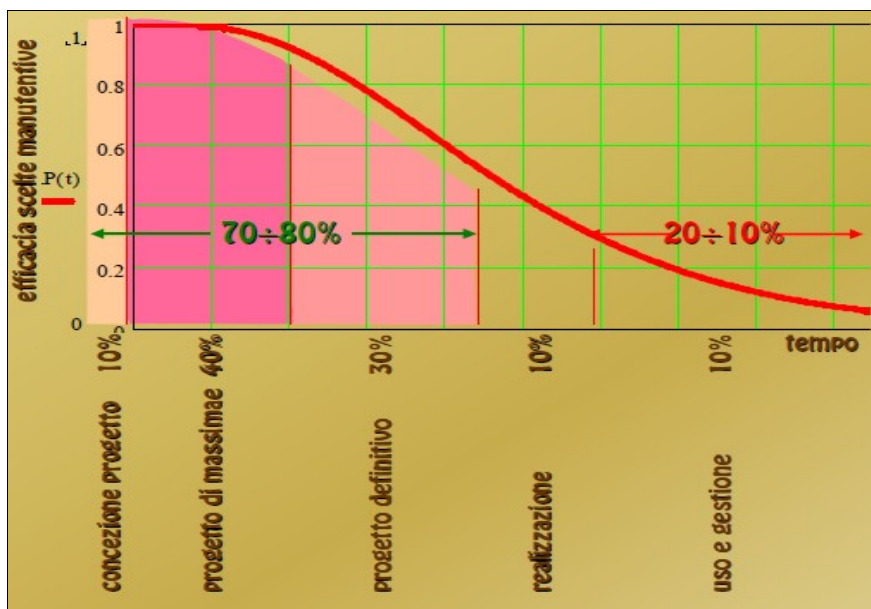


Fig. 2.190 - Relazione tra l'efficacia delle scelte manutentive rispetto ai costi e le fasi del processo edilizio (Salimbeni D., 2008)

Secondo la norma ISO, nel quadro di tutte le possibili categorie di attività manutentive, queste dovrebbero essere tutte prese in considerazione, da quelle preventive a quelle correttive (Fig. 2.191).

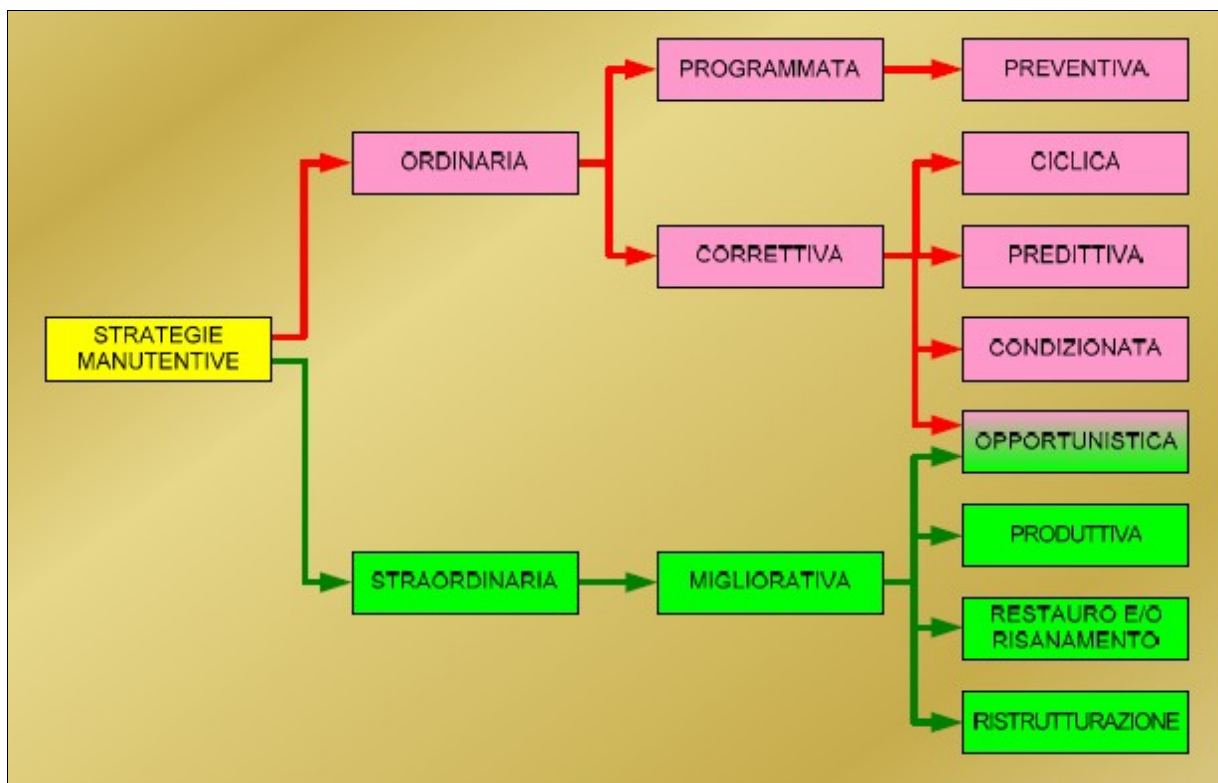


Fig. 2.191 - Strategie manutentive da tenere in conto nel calcolo del LCC secondo la norma ISO. (Salimbeni D., 2008)

Nell'analisi LCC vengono compresi tutti i costi per lo svolgimento di tali attività, dalle ispezioni periodiche alla stesura dei programmi di manutenzione, alla progettazione e gestione di sostituzioni importanti.

### 2.3.6.2.19 Pulizia e riparazioni minori

La pulizia può essere considerata nell'ambito della manutenzione o può ricadere nella categoria della gestione. Analogamente, riparazioni minori (es. la sostituzione di una lampada) può considerarsi un intervento manutentivo ma anche gestionale. Il report della LCC dovrebbe indicare chiaramente dove la pulizia e i piccoli interventi sono stati considerati, o se sono stati esclusi, formalmente, dall'analisi.

### 2.3.6.2.20 Costi indiretti di manutenzione

L'analisi LCC dovrebbe venire incontro alle richieste del committente. Questi può richiedere che alcuni dei seguenti *costi indiretti* siano tenuti in conto:

- ♣ down-time (perdita temporanea di funzionalità)
- ♣ interruzione dell'attività economica/commerciale
- ♣ indisponibilità di una struttura / edificio (e costi associati per sistemazioni alternative)
- ♣ effetti - costi dovuti a condizioni estetiche (es. perdita di guadagno risultante dalla difficoltà

nell'affittare un edificio)

- ⤴ strategia di manutenzione (es. calendarizzazione dei cicli di manutenzione periodica di finiture o la presenza / assenza di personale addetto alla manutenzione sul posto)
- ⤴ dati di costi / risparmi esterni (es. per i locatari dell'edificio).

Qualora altri costi o risparmi siano inclusi nel processo decisionale, essi devono essere identificati nell'analisi LCC.

#### **2.3.6.2.21 Costi di fine vita**

L'analisi LCC dovrebbe includere assunzioni circa i *requisiti prestazionali che possono incidere sui costi di fine vita*. Può essere necessario dare specifica considerazione ai requisiti ambientali, che possono interessare l'uso di *costi nominali*. Ad esempio, i costi di messa in discarica possono essere influenzati dai lavori richiesti per dismettere o bonificare/riqualificare il sito dopo la demolizione o il disuso secondo il principio "chi inquina paga". Assunzioni possono essere fatte circa i costi futuri, dipendenti dall'uso e dal livello di inquinamento/contaminazione previsto dopo la demolizione.

#### **2.3.6.2.22 Valutazioni residuali sul fine vita**

Il valore residuale dovrebbe essere valutato determinando quegli assets simili, di età paragonabile in ubicazioni simili sono in vendita nel mercato commerciale corrente. Alternativamente, si può fare riferimento al valore di rivendita di asset usati disponibile dalla letteratura e in particolare dalle fonti ufficiali industriali e statali. Se non è possibile ricavare informazioni da queste fonti, si può calcolare in maniera precisa il deprezzamento dell'asset a partire dal valore capitale oltre la service life o la design life.

Devono essere considerati valori residuali positivi nell'analisi del costo dell'intera vita, che possono essere anche significativi.

Va anche notato infatti che la stessa scelta di prendere in considerazione i costi del fine vita può generare una ragionevole *domanda riguardante il valore residuale*, ma anche che le *politiche di manutenzione* e di gestione dell'asset nel ciclo di vita incidono sulle sue *condizioni a fine vita*, sia sulle risultanze positive (*valore residuale*) sia negative (*costi per lo smaltimento in discarica*).

#### **2.3.6.2.23 Tasso di sconto**

Il tipo del tasso di sconto, reale (secondo l'assunzione che l'inflazione si applichi uniformemente) o nominale, dovrebbe essere chiaramente evidenziato.

Talvolta, i tassi possono essere usati fungendo da analisi di sensitività quando vi sono motivi per dire che il tasso dell'inflazione fissato non si applica nel caso di una specifica alternativa. I tassi nominali possono essere usati su specifico accordo, se richiesto dal cliente o giustificato dalla situazione.

Nel settore privato il tasso di sconto dovrebbe rappresentare il costo dell'opportunità di investire il capitale, che può essere:

- ⤴ il costo dell'interesse di un prestito per l'investimento
- ⤴ l'interesse perduto sulla riduzione di un deposito di liquidità
- ⤴ i ritorni persi su eventuali altri investimenti ad es. titoli
- ⤴ il ritorno attuale raggiunto sull'investimento del capitale nel business
- ⤴ il tasso richiesto di ritorno di un investitore in un nuovo business.

Nel settore pubblico, un tasso di sconto può essere determinato dal governo centrale (talvolta detto "tasso di sconto sociale"), sulla valutazione del costo di opportunità al pubblico settore di selezionare un investimento piuttosto che un altro.

Storicamente, il tasso di sconto reale ha riflesso la produttività generale del produttore, settore o campo. Generalmente la produttività è stata tra lo 0 e il 2 % sul lungo termine, ma non è universale. Tassi di sconto tra lo 0 e il 4 % sono tipicamente usati. Un tasso più alto scoraggia gli investimenti a lungo termine, mentre un tasso più basso li incoraggia.

Là dove il tasso di sconto non è un requisito fissato dal cliente (pubblico o privato) è normale effettuare un'analisi di sensitività usando un intervallo di tassi per testare la validità delle conclusioni se le condizioni di input cambiano.

#### **2.3.6.2.24 Inflazione**

Se i costi reali sono usati nell'analisi LCC, non dovrebbero essere richieste assunzioni circa il tasso generale di inflazione. Comunque, se sono usati costi nominali nell'analisi LCC, assunzioni possono essere fatte dei tassi di sconto, ma dovrebbe essere esplicito e la sensitività dovrebbe essere controllata.

#### **2.3.6.2.25 Tasse e agevolazioni fiscali**

Le tasse e le agevolazioni fiscali possono influenzare il prezzo relativo e il processo decisionale. L'analisi LCC dovrebbe essere modificata per ogni variazione dovuta all'aumento delle tasse delle differenti alternative considerate. Anche le eventuali agevolazioni fiscali devono essere considerate.

#### **2.3.6.2.26 Costi per servizi ed energia**

Quando un'analisi è fatta di costi energetici, dovrebbero essere usati i *costi delle forniture al presente*, a meno che sia *prevedibile* che i costi relativi possono cambiare tra fonti energetiche alternative. Nel caso si valuti una tecnologia efficiente energeticamente, i *risparmi energetici* dovrebbero essere trattati come *flussi in entrata* (o costi negativi) futuri a scopo di paragone.

*L'aumento del prezzo dell'energia è un fattore primario del LCC.* Mentre i costi energetici sono i costi per i servizi che storicamente sono stati i più soggetti agli aumenti di prezzo sproporzionati rispetto all'inflazione, altri servizi (specialmente *l'acqua*) possono essere soggetti a simili pressioni nel periodo di analisi.

#### **2.3.6.2.27 Variabili per il WLC usate in alcune valutazioni di alternative di investimenti**

Molte variabili in aggiunta alle variabili del LCC possono impattare sulla valutazione del *rapporto qualità prezzo* e dovrebbero essere considerate.

Per certe tipologie di appalti queste variabili aggiuntive formano una parte integrale della valutazione dell'alternativa di investimento e del processo di valutazione.

Tipicamente, la differenza tra analisi WLC e LCC è che le variabili per la WLC possono includere un intervallo più ampio di *esternalità o costi non relativi strettamente alla costruzione*, come costi finanziari, di business e flussi in entrata.

Nella WLC può anche essere usato un certo numero di differenti tecniche di analisi per misurare e confrontare il ritorno di investimento.

Alcuni aspetti sono aggiuntivi rispetto alle variabili dei costi del ciclo di vita e non sono obbligatori.

*Possono essere comunque rilevanti per le valutazioni del ciclo di vita, là dove il cliente li richiede (es. variabili di costi di acquisizione e costi di smaltimento).*

#### **2.3.6.2.28 Esternalità**

L'analisi LCC può aiutare ad assicurare un approccio ottimizzato alla selezione dell'asset, manutenzione ed uso. Comunque, i giudizi dati sulla base dei ritorni dell'investimento riguardano solo l'efficienza del mercato e possono essere inadeguati per riconoscere le implicazioni più ampie che decisioni economiche possono avere sulla società.

Analisi WLC che considerano il verificarsi di esternalità possono mettere in luce possibili rischi futuri e benefici che non sono altrimenti individuati. Le esternalità considerate dovrebbero essere chiaramente indicate nell'analisi.

Un approccio usuale del governo al tema delle esternalità è l'imposizione di tasse regolatorie sulle esternalità negative e le agevolazioni per i benefici esterni. Ci sono costi tangibili che possono essere subito presi in conto in una analisi LCC (sono costi tangibili al cliente). Un'analisi che considera i costi e i benefici esterni è rilevante perché possibili alternative possono avere costi reali e redditi per una certa azione di governo.

#### **2.3.6.2.29 Costi degli impatti ambientali**

La legislazione ambientale può introdurre costi, ad esempio extra-costi per l'uso di risorse non rinnovabili l'emissione di gas climalteranti, (o risparmi a mezzo sconti) al LCC in dipendenza degli impatti che l'ubicazione, il design, la costruzione, l'uso e lo smaltimento dell'asset hanno sull'ambiente. Quando questi costi sono esterni all'asset costruito, possono costituire parte dell'analisi WLC.

Un esempio è l'impatto da inquinamento al di fuori del luogo della costruzione, ad es. nei fiumi, che non è contemplato nel costo di costruzione. Comunque, è importante monetizzare aspetti che non hanno puramente conseguenza economica per metterli in conto.

#### **2.3.6.2.30 Costi e benefici sociali**

Certi costi e benefici associati ad un investimento possono avere un impatto sulla società in generale, ma non dovrebbero essere inclusi in un'analisi LCC (ad es. se sono esternalità) a meno che non sia richiesto dal cliente. In tal caso, i limiti andrebbero definiti.

Un esempio di beneficio sociale all'interno di un'analisi WLC è l'impatto educativo della dotazione di una nuova scuola nella comunità. Un esempio di costi sociali è la centralizzazione dei servizi in un nuovo, più distante, ospedale.

La monetizzazione di costi/benefici non economici andrebbe evitata e le esternalità dovrebbero essere chiaramente individuate in ogni analisi.

Un costo sociale che è raramente incluso nei calcolo LCC (a meno che sia imposto da un committente pubblico nella forma di una compensazione) è costituito dai costi d'uso (o benefici) associati alla dotazione di infrastrutture di trasporto. Le compensazioni possono essere positive (es. costi associati al ritardo) o negative (es. dove c'è miglioramento dell'efficienza grazie a viaggi più veloci dovuti alla dotazione di un nuovo collegamento).

### 2.3.6.2.31 Costruzione sostenibile

L'obiettivo della pianificazione service-life è generalmente quello di consentire ai decisori di includere aspetti tecnici, ambientali, economici e sociali, tutti in un contesto di lungo termine, nel loro processo decisionale. L'analisi LCC è una tecnica intesa a far parte di un supporto generale per *bilanciare gli obiettivi della costruzione sostenibile*.

In ogni caso, il bilanciamento dovrebbe essere esplicito e non compreso come parte concettuale do altri elementi.

Di conseguenza, le analisi LCC e WLC dovrebbero includere solo costi effettivi legati all'asset costruito o che influenzano la sua economia.

I "costi" della CO2 andrebbero compresi solo se c'è un pagamento reale (es. attraverso le tasse).

Altrimenti, certi argomenti possono essere conteggiati il doppio quando integrano valutazioni di costo con altre quantificazioni di aspetti della sostenibilità (Lavagna M., 2008).

Una valutazione LCA può essere usata per misurare l'impatto di esternalità ambientali e, comunque, essere usata per supportare le decisioni WLC che includono una misura del costo esterno di investimento.

La considerazione dell'impatto ambientale degli investimenti potenziali può consentire il raggiungimento di decisioni basate su aspetti ambientali. Ulteriori linee guida sulla LCA sono contenute nelle ISO 14040 e 14044 e il legame tra service planning e LCA è rintracciabile con la ISO 15686-6.

L'interazione della pianificazione service-life nel procurement e gestione di asset costruiti può interessare la valutazione delle implicazioni di costo nell'adottare politiche e /o strategie di costruzione sostenibile.

La LCC può anche essere usata per valutare il costo del rispetto della legislazione sulle costruzioni sostenibili (che può contenere il carbon trading o il divieto di discarica).

### 2.3.6.2.32 Intangibilità – impatto sulla reputazione del business, efficienza funzionale, ecc.

Ovunque sia stata fatta una valutazione economica di una intangibilità, questa può essere inclusa in una analisi WLC.

Le intangibilità sorgono come risultato di miglioramenti in un asset costruito che possono essere difficili da quantificare. Questi miglioramenti possono influenzare il benessere dell'utente, la comodità e l'efficienza, che a loro volta possono aumentare la soddisfazione ed efficienza generale, con implicazioni finanziarie associate (es. miglioramento dello stato d'animo che porta a riduzioni nell'assenza per stress).

Le intangibilità possono essere difficili da misurare in termini economici. Quando è stato attribuito un valore, certe intangibilità dovrebbero essere chiaramente identificate come *intangibilità monetizzate*.

Esempi di valore aggiunto all'asset costruito possono includere i seguenti:

- ▲ pubblicità per il business (edifici di riferimento o nodi di trasporto possono fornire prestigiosi status symbols e perfino essere usati per innescare una rigenerazione urbana)
- ▲ edifici funzionalmente efficienti possono aumentare la soddisfazione dell'utente o ridurre costi altrove nel business
- ▲ condizioni lavorative piacevoli o migliori collegamenti di trasporto possono aumentare la produttività della forza lavoro, portando a miglioramenti diretti nell'attività oggetto di investimento



### 2.3.6.2.33 Futuri flussi in ingresso

Flussi di guadagno futuri possono essere compresi in una analisi WLC ma non dovrebbero, generalmente, essere presenti in una analisi LCC.

Essi possono formare una parte complementare di un'analisi LCC sotto forma di *costi negativi* (es. per rappresentare ricavi di vendite di beni di ristorazione o aumenti di pedaggio da ponti o strade).

I flussi di guadagno futuri sono normalmente associati nel settore privato (es. guadagni previsti da un centro commerciale attraverso l'affitto). Comunque, sono associati ai servizi del settore pubblico nella forma di pagamenti annuali per la fornitura di un servizio pubblico, come una scuola.

### 2.3.6.2.34 Costi di finanziamento

Il costo di *finanziare l'investimento* può essere considerato in WLC. Questi costi possono essere riflessi nel tasso di sconto, ma frequentemente un'analisi dei flussi di cassa non scontata è soggetta ad una valutazione finanziaria separata che include sia la temporizzazione sia il costo di finanziare il massimo prestito a differenti date. Questo può anche richiedere un "appianamento" dei profili di spesa, che può interessare decisioni sub-ottimali in termini di LCC. Ciò può rendere il caso di investimento più forte, semplicemente con il risultato di diverse implicazioni finanziarie per le spese a differenti date.

Generalmente, dovrebbe esservi una dettagliata analisi del rischio come parte della valutazione finanziaria. Gli esatti aspetti considerati dovrebbero riflettere accordi contrattuali individuali con i finanziatori.

### 2.3.6.2.35 Variabili decisionali – Base per il calcolo dei costi

I costi reali dovrebbero, generalmente, essere usati nell'analisi LCC per assicurare accuratezza senza riguardo del punto nel tempo al quale i costi sono sostenuti. Usare i costi reali consente di usare le informazioni correntemente note.

Una base di dati dovrebbe essere costruita nel recente passato o nel vicino futuro, come solitamente si sceglie di fare in quanto la stragrande maggioranza delle persone ha familiarità con i costi correnti e del contesto in cui vive e lavora.

#### *Costi nominali*

I costi reali non potrebbero essere appropriati per preparare budget finanziari là dove le somme monetarie reali sono richieste per assicurare che il finanziamento di disponibile quando richiesto. I costi nominali dovrebbero essere derivati dai fattori proiettati in termini economici, tecnologici e di efficienza.

Il costo nominale dovrebbe essere calcolato moltiplicando il costo reale per il fattore di inflazione/deflazione che è determinato dalla seguente equazione:

$$q_{i,d} = (1+a)^n$$

where

$a$  is the expected percentage increase in prices per annum;

$n$  is the number of years between the base date and the occurrence of the cost.

### *Costi scontati*

I costi scontati devono essere calcolati prendendo i costi sostenuti negli anni futuri e riducendoli di un fattore derivato dal tasso di sconto:

$$q_d = \frac{1}{(1+d)^n}$$

where

$d$  is the expected real discount rate per annum;

$n$  is the number of years between the base date and the occurrence of the cost.

Un costo nominale viene convertito in un costo scontato usando il seguente fattore:

$$q_{d,nc} = \frac{1}{(1+d)^n (1+a)^n}$$

where

$d$  is the expected real discount rate per annum;

$a$  is the expected increase in general prices per annum;

$n$  is the number of years between the base date and the occurrence of the cost.

### *Valore all'attualità (present value)*

Esso è calcolato dai futuri flussi di cassa (Fig. 2.192) scontati alla base di dati, e dovrebbe essere usato per confrontare alternative sullo stesso periodo di analisi. I calcoli del valore attuale dovrebbero essere usati per calcolare la *somma monetaria presente che dovrebbe essere accantonata per le spese future* dell'asset, considerato che il valore del denaro non è costante con il trascorrere del tempo.

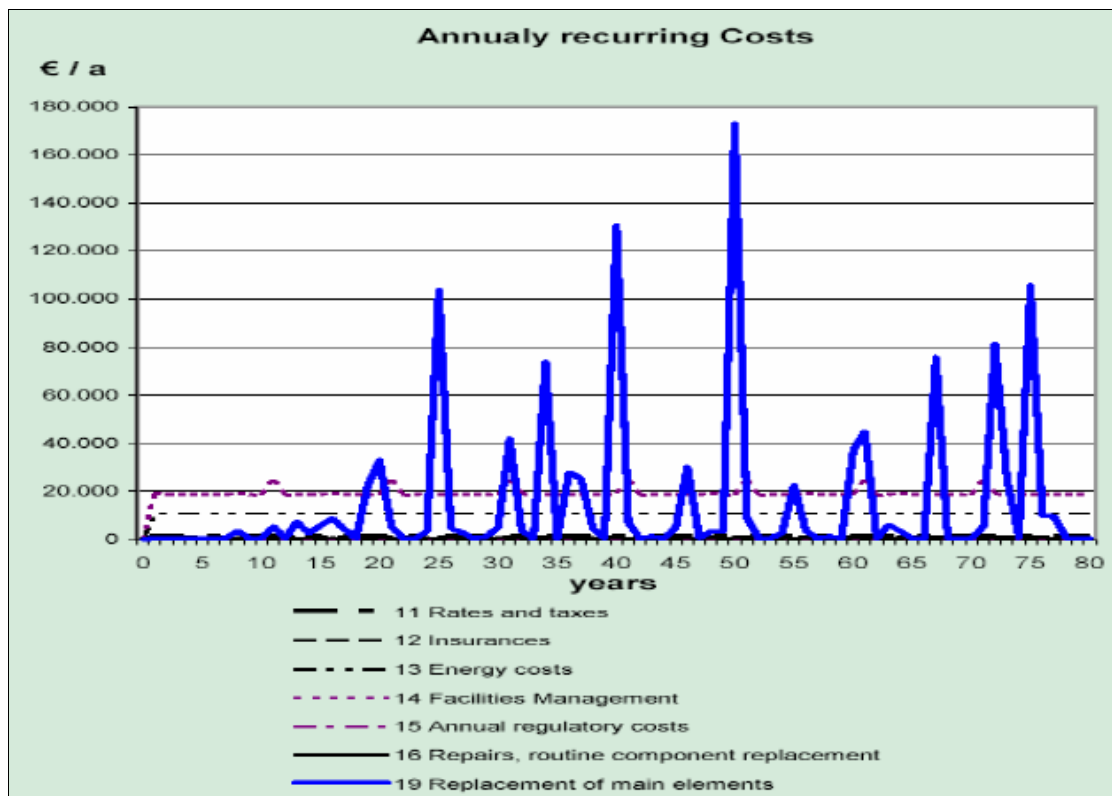


Fig. 2.192 - Esempio di analisi dei flussi di cassa (Ciccarelli G.)

*Il valore attuale netto (Net Present Value NPV) o costo attuale netto (NPC)*

Questo può essere descritto come la somma del beneficio scontato di un'alternativa meno la somma dei costi scontati (Fig. 2.193).

Un flusso di costi e benefici futuri deve essere convertito in valore attuale netto usando l'equazione:

$$X_{NPV} = \sum (C_n \times q) = \sum_{n=1}^p \frac{C_n}{(1+d)^n}$$

where

$C$  is the cost in year  $n$ ;

$q$  is the discount factor;

$d$  is the expected real discount rate per annum;

$n$  is the number of years between the base date and the occurrence of the cost;

$p$  is the period of analysis.

Quando sono considerati solo i costi, il NPV viene chiamato NPC.

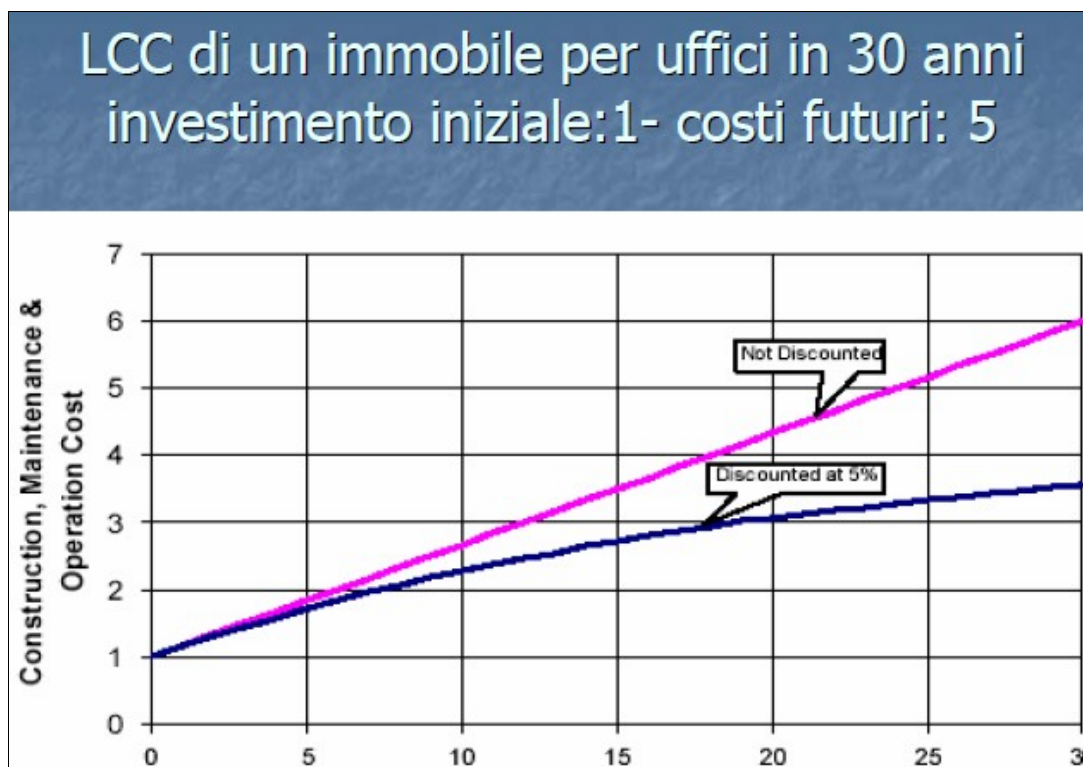


Fig. 2.193 - Curva dei costi LCC lungo il periodo di riferimento (Ciccarelli G.)

### 2.3.6.2.36 Incertezza e rischi

Dato che l'analisi LCC richiede assunzioni sul comportamento futuro, l'analisi iterata del rischio può essere usata per ridurre progressivamente l'incertezza, ma un rischio residuo resta sempre. Comunque, l'analisi LCC dovrebbe includere una considerazione di incertezza e rischio.

La distinzione tra *incertezza* e *rischio* è che il rischio è usato quando le probabilità possono essere stimate e l'incertezza quando non possono essere stimate.

### 2.3.6.2.37 Individuazione delle cause di incertezza e rischi

Il livello di incertezza e rischio associato all'analisi LCC può dipendere da certi aspetti come la qualità dei dati disponibili e la robustezza dell'indagine, le assunzioni di presso e i metodi di calcolo.

La mancanza di comuni metodologie per il costo del ciclo di vita nell'industria delle costruzioni ha determinato che argomenti come un'indagine o definizione sono stati raramente registrati chiaramente.

Al fine di affrontare l'incertezza dei costi e la riduzione dei rischi, i temi chiave e le barriere alla diffusione della LCC dovrebbero essere compresi. Gli aspetti da considerare comprendono i seguenti:

- ▲ confusione sui costi da includere/escludere (es. scopo della LCC e/p elementi della WLC)
- ▲ varietà di misure e modelli della LCC (es. NPV, PDV, IRR, risparmi netti)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

- ⤴ trasparenza e robustezza delle assunzioni e dei metodi di calcolo
- ⤴ mancanza di informazione sul design dettagliato all'inizio del progetto
- ⤴ introduzione di una nuova tecnologia / nuovi prodotti e previsione del ciclo di obsolescenza
- ⤴ aspetti di interfaccia tra costi capitali e costi correnti per il fine vita / smaltimento
- ⤴ mancanza di incentivi contrattuali al calcolo dei costi nel ciclo di vita nei contratti di costruzione
- ⤴ scarsità di formazione sui costi del ciclo di vita nei programmi accademici e professionali.

Giudizi errati che possono aumentare l'incertezza di un'analisi LCC includono:

- ⤴ l'uso di stime ottimistiche (al fine di giustificare un progetto)
- ⤴ l'uso di service life inattendibili
- ⤴ programmi di manutenzione e di sostituzione non pratici.

Considerazioni circa le future attività / eventi che sono al di fuori del controllo della persona che si occupa dell'analisi LCC ma che possono essere considerati nell'ambito dello scopo dell'analisi includono:

- ⤴ un impegno a raggiungere livelli di manutenzione (es. inadeguatezza a gestire la manutenzione)
- ⤴ requisiti dei futuri utenti (es. utilizzazione spaziale flessibile e adattabilità funzionale)
- ⤴ cambio di comportamento dell'utente (es. intensità dell'uso, vandalismo).

Altri aspetti che possono causare incertezza nei risultati dell'analisi LCC sui lunghi periodi includono:

- ⤴ tassi d'inflazione programmata
- ⤴ valori da elevato profitto e sovra-costi
- ⤴ cambiamenti nella legislazione (con particolare riguardo alla salute e sicurezza e target di prestazione energetica / carbon emissions)
- ⤴ l'impatto dei cambiamenti climatici.

### 2.3.6.2.38 Rappresentazione grafica

La seguente figura (Fig. 2.194) mostra un confronto tra 4 alternative di progetto di una pavimentazione derivante da un'analisi LCC:

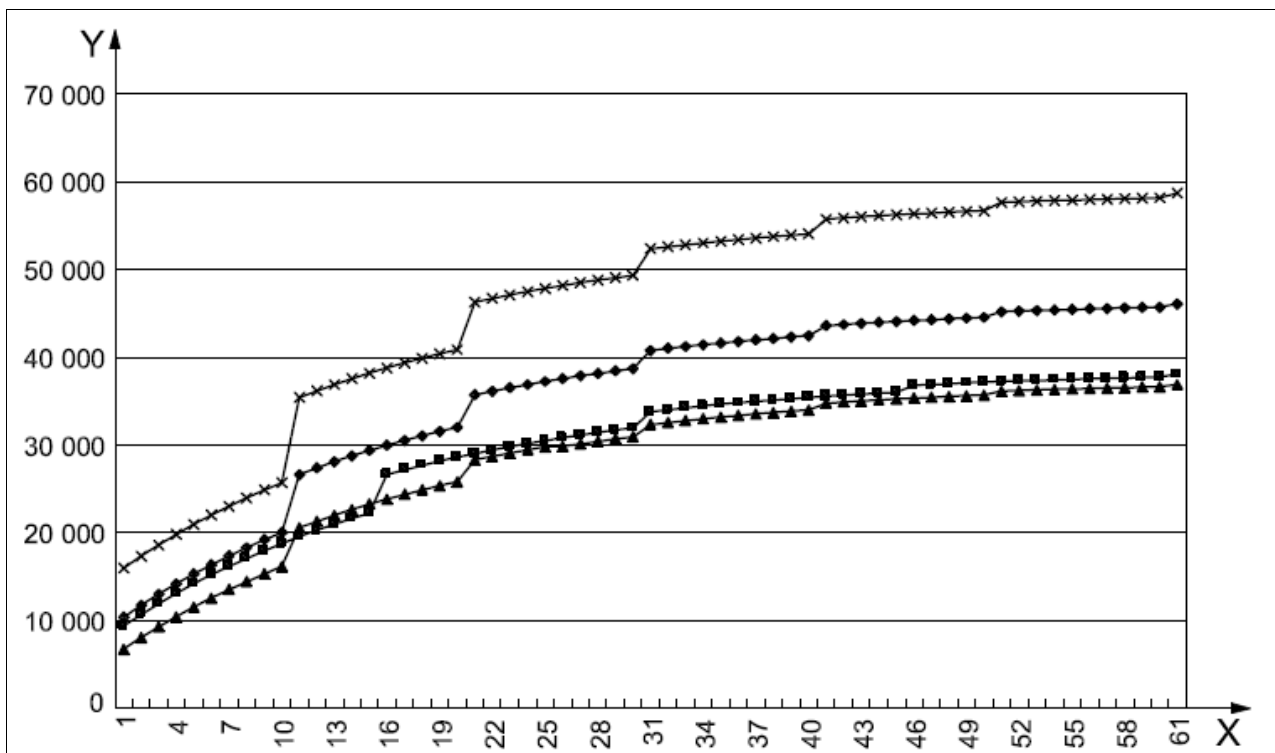
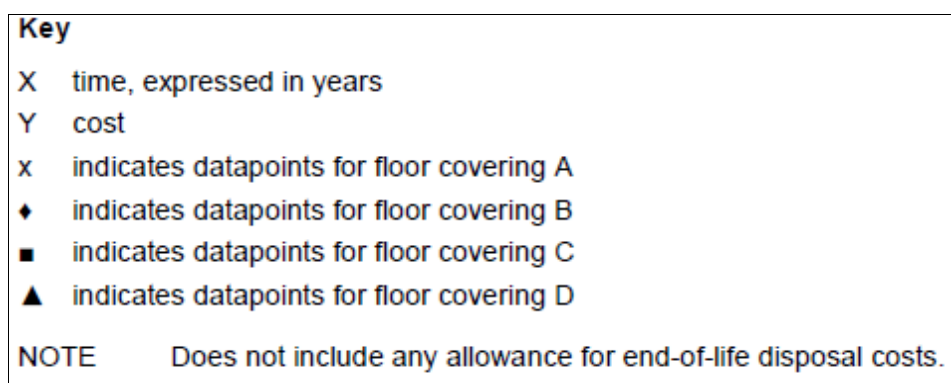


Fig. 2.194 - Confronto tra LCC di 4 alternative di interventi edilizi

dove:



La seguente figura (Fig. 2.195) mostra invece i grafici derivanti da un'analisi LCC di confronto tra 2 alternative di progetto di un'intera costruzione:

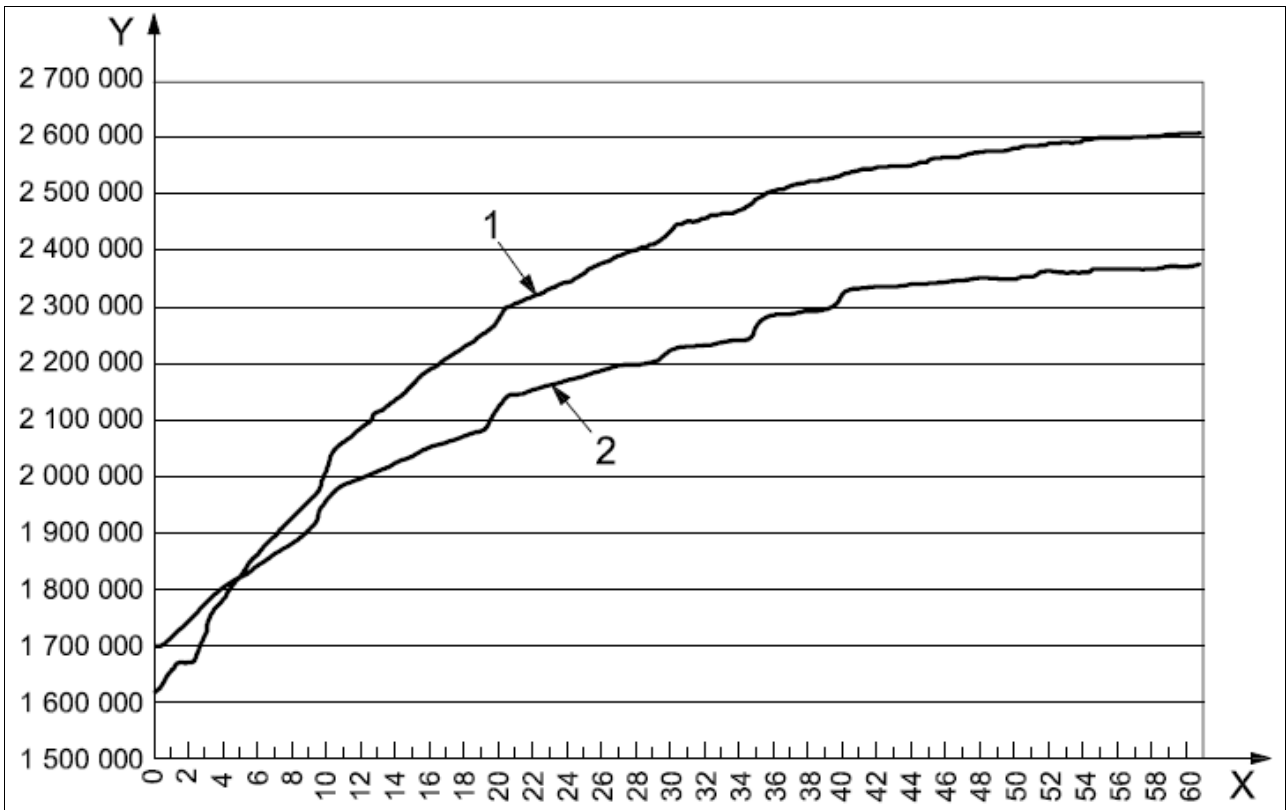


Fig. 2.195 - Confronto tra LCC di 2 alternative di progetto di un'intera costruzione

dove:

<b>Key</b>	
X	time, expressed in years
Y	cost
1	option 1
2	option 2
<b>NOTE</b>	Does not include any allowance for end-of-life disposal costs.

### 2.3.6.2.39 Livelli di LCC

Una LCC può essere fatta a vari livelli, da quello più generale iniziale per un progetto preliminare a quello più dettagliato su alternative di progetti in fase definitiva-esecutiva.

Di seguito è riportato uno schema (Fig. 2.196) che esemplifica i livelli di dettaglio, anche in relazione alle fasi del ciclo di vita di un edificio:

(ISO 15686-5) Generic menu of costs	Construction and adaptation	Built asset	Grouped	Elements	Sub-elements
	Operation and energy, etc.	Functional cost/m <sup>2</sup>	Key building items Cost analysis (GFA)	Amplified Cost modelling (Elemental items)	Detailed Cost planning (project specific data structure)
	Maintenance replacement	Functional cost/m <sup>2</sup>	Key building items Cost analysis (GFA)	Amplified Cost modelling (Elemental items)	Detailed Cost planning (service-life planning linked to the construction cost plan)
	End-of-life	End of life cost	Key building items Cost analysis	Amplified Cost modelling (Elemental items)	Detailed Cost planning (project-specific)



Fig. 2.196 - Componenti di un LCC secondo la norma ISO



### 2.3.6.2.40 Riepilogo dei costi compresi nelle LCC e WLC

Nelle seguenti figure (Fig. 2.197, Fig. 2.198) sono riepilogate le voci di costo presenti in un LCC e in un WLC, secondo la norma ISO.

<b>Life Cycle Cost (LCC)</b>			
<b><u>Construction</u></b>	<b><u>Operation</u></b>	<b><u>Maintenance</u></b>	<b><u>End of life</u></b>
Professional fees	rent	Maintenance Mmgt.	Disposal inspections
Temporary work	Insurance	Adaption or refurbishment of assets in use	Disposal and demolition
Construction of asset	Cyclical regulatory costs	Repairs and replacement of minor components	Reinstatement to meet contractual requirements
Initial adaption or refurbishment of assets	Utilities	Replacement of major systems and components	Taxes
Taxes	Taxes	Cleaning	Other
other	Other	Grounds maintenance	
		Redecoration	

  
Karlsruher Institut für Technologie  
 International Organization for Standardization  
Source: ISO 15686-5:2008

<b>Whole Life Costs (WLC) / ISO 15686-5:2008</b>			
<b><u>Non-construction</u></b>	<b><u>Income</u></b>	<b><u>Life-Cycle cost</u></b>	<b><u>External</u></b>
Land and enabling works	Income from sales	Construction	
Finance	Third party income during operation	Operation	
User support costs	Taxes on income	Maintenance	
Taxes	Disruption	End-of-life	
other	Other		


  
Karlsruher Institut für Technologie

Fig. 2.197, Fig. 2.198 - Voci di costo presenti in un LCC e in un WLC, secondo la norma ISO (Lennerts K, 2012)



### 2.3.6.3.2 Il calcolo LCC nella procedura DGNB

Come innanzi anticipato, la metodologia DGNB, a differenza di altri protocolli comuni come LEED e BREEAM, include anche il calcolo della prestazione economica dell'edificio, che ha lo stesso peso di quella ambientale, maggiore di quella sociale nel totale del livello di sostenibilità calcolato per l'edificio e di uguale importanza della qualità tecnica (Fig. 2.200, Fig. 2.201, Fig. 2.202). Anche per questo lo standard DGNB è definito "di seconda generazione".

Buildings and uses	DGNB	LEED	BREEAM
Ecological aspects	22,5%	64,0%	58,5%
Economic aspects	22,5%	0,0%	0,0%
Social aspects	16,0%	14,5%	14,0%
Functional aspects	6,5%	0,5%	5,0%
Technical aspects	22,5%	0,0%	5,0%
Aspects in planning processes	5,0%	2,0%	1,0%
Aspects in construction processes	3,0%	8,0%	7,0%
Aspects in operational processes	2,0%	1,5%	4,0%
Aspects of the building site	Separately evaluated	9,5%	5,5%

© Institute of Concrete Structures, TU Darmstadt (ifm)

Considered evaluated aspects in the examined certification systems BREEAM, LEED and DGNB for New Office and Administrative Buildings.





Legend		
Proportion of elements considered in category > 31%		
Proportion of elements considered in category 11% < 31%		
Proportion of elements considered in category < 10%		
Category not considered		

Fig. 2.200 - Confronto tra i sistemi di valutazione DGNB, LEED e BREEAM in merito agli aspetti considerati (DGNB, 2010)

	Umweltauswirkungen	Ressourcen	Energie	Lebenszykluskosten	Wertentwicklung	Behaglichkeit	Gesundheit	Funktionalität	Gestaltung	Grundstückskologie	Transport
BREEM (GB)	v	v	v	(v)	-	v	v	v	-	v	v
HQE (F)	-	v	v	-	-	v	v	-	-	v	-
LEED (USA)	v	v	v	-	-	v	v	-	-	v	v
Minergie P Eco (CH)	-	v	v	-	-	v	v	-	-	-	-
DGNB (D)	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
BNB (D)	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v

► In den deutschen Systemen sind Lebenszykluskosten zu ermitteln.

Fig. 2.201 - Confronto tra sistemi di valutazione, in cui si evidenzia che DGNB e BNB sono gli unici in cui vengono calcolati anche i LCC (Lebenszykluskosten) (Stoy C., 2012)

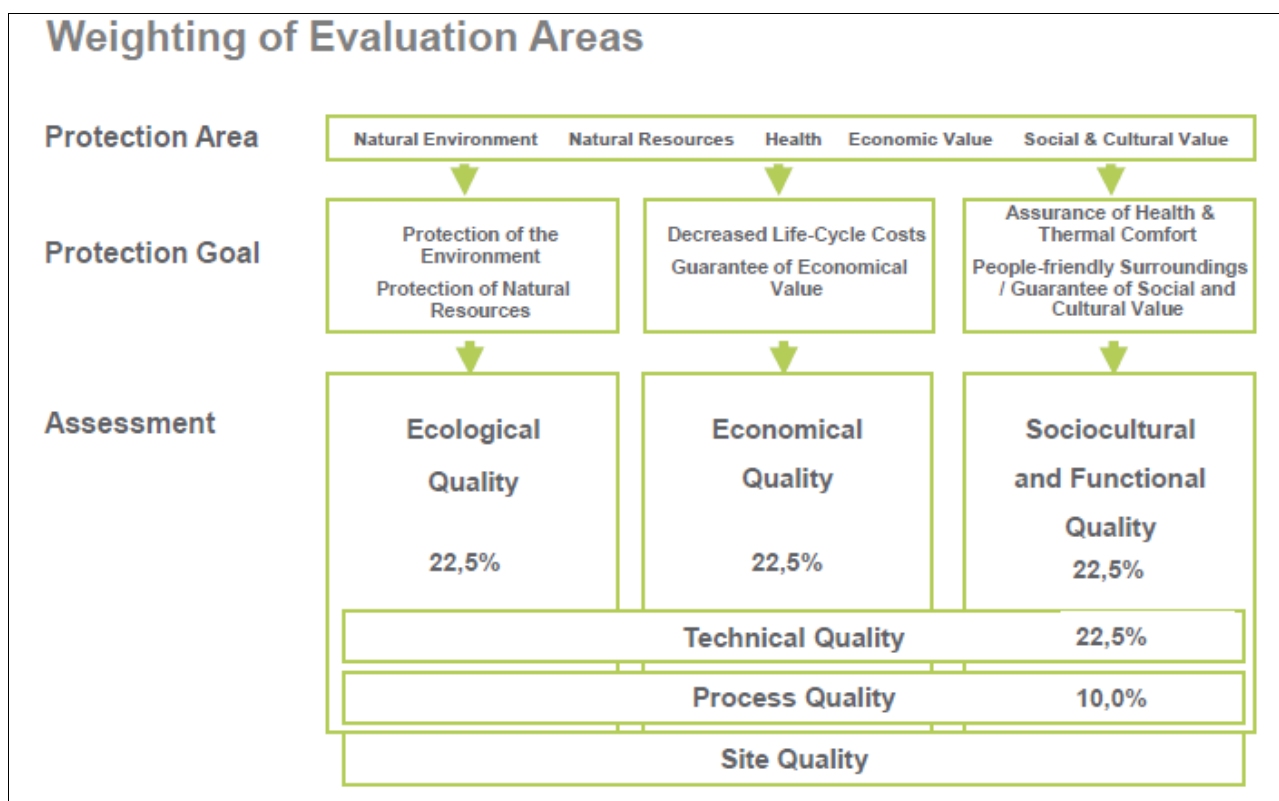


Fig. 2.202 - Distribuzione dei pesi delle aree di indicatori ecologici, economici e sociali-funzionali nel sistema DGNB (DGNB, 2010)

La qualità economica nel sistema DGNB è data da 3 macro-criteri:

- ⤴ LCC (costi del ciclo di vita)
- ⤴ Adattabilità all'uso di una terza parte
- ⤴ Commerciabilità.

Il calcolo dei LCC è basato sulle seguenti assunzioni:

- ⤴ Periodo di calcolo: 50 anni
- ⤴ Indicatore: Euro/mqBGF/y dove, in base alle Norme DIN 277 (2005), BGF (Brutto-Gründungsfläche) è la superficie lorda coperta (mq) y sta per anno
- ⤴ Confronto con costi di riferimento (benchmarks), calcolati con lo stesso modello di calcolo, per differenti categorie
- ⤴ Valutazione in crediti derivanti dal confronto con il benchmark
- ⤴ Tasso di interesse pari a 5,5%
- ⤴ Inflazione 2,0%
- ⤴ Tasso di sconto nominale pari a 3,5% (5,5-2,0)
- ⤴ Tasso di crescita dei costi dell'Energia (gas, elettricità, ecc) 4%
- ⤴ Tasso di crescita dei costi dell'Acqua e per lo scarico dell'Acqua 2%
- ⤴ Tasso di crescita dei costi dei servizi di manutenzione ordinaria e del servizio di pulizia 2%

Le figure che seguono (Fig. 2.203, Fig. 2.204) sono estratte da una schermata del programma di calcolo.

Life Cycle Cost Estimation Tool		no guarantee of accuracy/correctness!	
Scope		HOAI Cost Groups 300 + 400	
Pricing as of		2007/2008	
Value Added Tax		without VAT	
Reference Value		m <sup>2</sup> Gross Floor Area	
Life Cycle Period		50 Years	
		0,00	Cell for User Input
		0,00 €	Locked Cell with Constant Value or Calculation
GFA in m <sup>2</sup>			1,00 m <sup>2</sup>
Interest Rate			5,5%
General Rate of Inflation (eg. construction costs)			2,0%
Rate of Increase of Energy Costs			4,0%
Rate of Increase of Water and Wastewater Costs			2,0%
Rate of Increase of Service and Cleaning Costs			2,0%
<b>General Expenditures - Cost Group 300</b>			
Inspection and Maintenance Costs			0,1%
Regular Overhaul Costs			0,0%
Intermittent Overhaul Costs			1,0%

Fig. 2.203 - Foglio di calcolo del LCC nella metodologia di valutazione DGNB: dati di input generali (DGNB, 2012)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Time (Years)		0	1	2	3			
Regular Payments								
		Units per Year	€/Unit					
311	Water (Value from C14)	m <sup>3</sup> /a	0,00	2,01	€/m <sup>3</sup>	0,00 €	0,00 €	0,00 €
321	Wastewater - Sewage (Value from C14)	m <sup>3</sup> /a	0,00	2,14	€/m <sup>3</sup>	0,00 €	0,00 €	0,00 €
321	Wastewater - Precipitation (Value from C14)	m <sup>3</sup> /a	0,00	1,10	€/m <sup>3</sup>	0,00 €	0,00 €	0,00 €
316	Energy - Final Energy Demand for Heating acc. to EnEV	kWh/a	0,00	0,09	€/kWh	0,00 €	0,00 €	0,00 €
316	Energy - Final Energy Demand for Warm Water acc. to EnEV	kWh/a	0,00	0,17	€/kWh	0,00 €	0,00 €	0,00 €
316	Energy - Final Energy Demand for Ventilation acc. to EnEV	kWh/a	0,00	0,17	€/kWh	0,00 €	0,00 €	0,00 €
316	Energy - Final Energy Demand for Air Conditioning acc. to EnEV	kWh/a	0,00	0,17	€/kWh	0,00 €	0,00 €	0,00 €
316	Energy - Final Energy Demand for Lighting acc. to EnEV	kWh/a	0,00	0,17	€/kWh	0,00 €	0,00 €	0,00 €
316	Energy - Final Auxiliary Energy Demand acc. to EnEV	kWh/a	0,00	0,17	€/kWh	0,00 €	0,00 €	0,00 €
316	Grid Feed-In Tariff acc. to EEG (EURO)			0,00	€	0,00 €	0,00 €	0,00 €
316	Occupant Use after Feed-In (Quantity of Energy)	kWh/a	0,00	0,17	€/kWh			
330	Cleaning of Glass Surfaces	h or m <sup>2</sup>	0,00	0,00	€/h or €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,00 €	0,00 €
330	Cleaning of Exterior Walls from the Outside	h or m <sup>2</sup>	0,00	0,00	€/h or €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,00 €	0,00 €
330	Cleaning of Sun Protection Systems	h or m <sup>2</sup>	0,00	0,00	€/h or €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,00 €	0,00 €
330	Cleaning of Interior Doors and Windows	h or m <sup>2</sup>	0,00	0,00	€/h or €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,00 €	0,00 €
330	Cleaning of Floor Surfaces	h or m <sup>2</sup>	0,00	0,00	€/h or €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,00 €	0,00 €
330	Cleaning of Stairs	h or m <sup>2</sup>	0,00	0,00	€/h or €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,00 €	0,00 €
330	Cleaning of Sanitary Facilities	h or m <sup>2</sup>	0,00	0,00	€/h or €/m <sup>2</sup>	0,00 €	0,00 €	0,00 €

Fig. 2.204 - Foglio di calcolo del LCC nella metodologia di valutazione DGNB: dati di input rispetto alle singole voci di costo (DGNB, 2012)

### 2.3.6.3.3 Costi d'uso nella procedura DGNB

In passato i costi associati alla fase d'uso erano calcolati in percentuale sul totale del LCC. Dall'ultima versione il protocollo consente di calcolare, a scelta, in uno dei due modi:

- ▲ come percentuale del LCC (metodo sintetico)
- ▲ come somma delle singole voci di costo (energia, spese di personale, spese tecniche, spese di manutenzione, ecc) come stabilito dalla norma DIN 18960-2008-2 (metodo analitico).

In entrambi i casi vi sono vantaggi e svantaggi. Tra gli ultimi, normalmente il metodo sintetico fornisce un costo maggiore, mentre quello analitico oltre ad essere più impegnativo, non può basarsi su una sufficiente mole di dati storici attendibili, essendo la letteratura per le diverse categorie di edifici ancora scarsa. A questo limite stanno cercando di porre rimedio alcuni grandi proprietari immobiliari e istituti di ricerca tedeschi. Si cita in particolare l'*Institut für Bauökonomie dell'Università di Stoccarda*, che insieme al BKI (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern) ha già pubblicato alcune ricerche su un ampio numero di edifici pubblici, calcolandone i costi d'uso e elaborando statistiche. Oltre a supportare le stime per le certificazioni, i risultati sono particolarmente utili anche alle scelte dei progettisti e dei committenti.

Di seguito è riportata la tabella (DIN 18960-2008-2) con l'elenco delle voci comprese nei costi d'uso (Fig. 2.205, Fig. 2.206, Fig. 2.207).

Tabelle 1 — Nutzungskostengruppen		
Nr	Nutzungskostengruppe	Anmerkungen
100	Kapitalkosten	Finanzierung und Abschreibung
110	Fremdmittel	
111	Zinsen	
112	Bürgschaften	
113	Erbpacht	
114	Dienstbarkeiten und Baulasten	
119	Fremdmittel, sonstiges	
120	Eigenmittel	kalkulatorisch
121	Zinsen	
129	Eigenmittel, sonstiges	
130	Abschreibung	Kosten für kalkulatorische Abschreibung der Investitionen bzw. Wiederbeschaffungskosten ohne Grundstückskosten ( $a = A/n$ ), dabei ist a Kosten aus kalkulatorischer Abschreibung je Rechnungsperiode, z. B. EURO je Jahr A Anschaffungsausgabe, z. B. KG 300 bis KG 700 aus DIN 276-1:2006-11 n Anzahl der Jahre der wirtschaftlichen Nutzungsdauer
131	Abnutzung	Unter besonderer Berücksichtigung der unter KG 400 erfassten Instandsetzungskosten. Nur dort anzugeben, wo die Abnutzung nicht durch entsprechende Instandhaltung ausgeglichen wird
139	Abschreibung, sonstiges	Wertverlust
190	Kapitalkosten, sonstiges	
200	Objektmanagementkosten	Soweit den einzelnen Kostengruppen der Betriebs- und Instandsetzungskosten nicht zuzuordnen
210	Personalkosten	Kosten für technische, kaufmännische und infrastrukturelle Managementleistungen
220	Sachkosten	Bürokosten, Büroausstattung, Mietkosten, Fahrtkosten
230	Fremdleistungen	Honorare für Dienst- und Planungsleistungen
290	Objektmanagementkosten, sonstiges	

Fig. 2.205 - Tabella con l'elenco delle voci comprese nei costi d'uso (al primo gruppo appartengono i tassi di interesse, ammortamento, costi per il personale, per i beni d'uso) (DIN 18960-2008-2)

Tabelle 1 (fortgesetzt)		
Nr	Nutzungskostengruppe	Anmerkungen
300	<b>Betriebskosten</b>	
310	<b>Versorgung</b>	
311	Wasser	Leitungswasser, Regenwasser,
312	Öl	
313	Gas	
314	Feste Brennstoffe	
315	Fernwärme	
316	Strom	Strom aus öffentlichem Netz, Strom aus erneuerbaren Energien, Strom aus KWK
317	Technische Medien	Technische Gase, Druckluft, Sauerstoff, Prozesswasser
319	Versorgung, sonstiges	
320	<b>Entsorgung</b>	
321	Abwasser	schadstoff-, nicht schadstoffbelastet, öffentliches Netz, z. B. Kläranlage
322	Abfall	Hausmüll, Sondermüll, Schadstoffe, Gewerbemüll, Sperrmüll
329	Entsorgung, sonstiges	
330	<b>Reinigung und Pflege von Gebäuden</b>	
331	Unterhaltsreinigung	Untergliederung nach Materialoberflächen und Nutzungsarten möglich
332	Glasreinigung	Außenfenster, Innenverglasung,
333	Fassadenreinigung	Untergliederung nach Materialoberflächen, und Schutzelementen, mit und ohne Geräteinsatz möglich
334	Reinigung Technischer Anlagen	Rohr- und Tankreinigung, Wärmeerzeugungs- und Übergabeanlagen, Kaminreinigung, Heizkörper, RTL-Anlagen, ortsfeste Beleuchtungsmittel, Aggregate, Uhren-, Photovoltaik- Türöffner-, Zeiterfassungs-, Beschallungs-, Fernseh-, Brandmelde-, Raumbenachrichtigungs-, Aufzugs- und Transportanlagen, Hebebühnen, Schaltschränke, Leitstationen, Bedien- und Beobachtungseinrichtungen
339	Reinigung und Pflege von Gebäuden, sonstiges	Wiederholungen der Grundreinigung

Fig. 2.206 - Tabella con l'elenco delle voci comprese nei costi d'uso (al secondo gruppo appartengono i costi per l'uso di risorse energetiche e idriche, lo smaltimento dei rifiuti e la pulizia) (DIN 18960-2008-2)



Tabelle 1 (fortgesetzt)		
Nr	Nutzungskostengruppe	Anmerkungen
340	<b>Reinigung und Pflege von Außenanlagen</b>	
341	Befestigte Flächen	Wege, Straßen, Plätze, Spiel- und Sportflächen,
342	Pflanz- und Grünflächen	Rasen, Beete, Gehölze, Bäume
343	Wasserflächen (einschl. Uferausbildung)	
344	Baukonstruktionen in Außenanlagen	Mauern, Überdachungen, Schutzkonstruktionen,
345	Technische Anlagen in Außenanlagen	Abscheiderreinigung
346	Einbauten in Außenanlagen	Fahrradständer, Schilder, Abfallbehälter
349	Reinigung und Pflege von Außenanlagen, sonstiges	landwirtschaftliche Flächen, forstwirtschaftliche Flächen, Sonderbiotopflächen, Geländefahrstrecken, Sonderfunktionsflächen
350	<b>Bedienung, Inspektion und Wartung</b>	
351	Bedienung, der Technischen Anlagen	
352	Inspektion und Wartung der Baukonstruktionen	Dränagen, Bauwerksabdichtungen, Wandbekleidungen, Falt-/Schiebewände, Türen, Fenster, Geländer, Handläufe, Balkone, Einschubtreppen, Dächer, Kuppeln, fest eingebaute Einrichtungen
353	Inspektion und Wartung der Technischen Anlagen	
354	Inspektion und Wartung der Außenanlagen	ohne Pflanz- und Grünanlagen (342)
355	Inspektion und Wartung von Ausstattung und Kunstwerken	
359	Bedienung, Inspektion und Wartung, sonstiges	
360	<b>Sicherheits- und Überwachungsdienste</b>	
361	Kontrollen aufgrund öffentlich-rechtlicher Bestimmungen	Brandschauen, Probealarme, Technische Überwachungsdienste, Arbeits- und Gesundheitsschutz, Verkehrssicherung, Hygieneüberwachung, Zugangskontrolle,
362	Objekt- und Personenschutz	Videoüberwachung, Bewachung, Sonderbewachung, eigene Feuerwehr, Informationsschutz, Schließdienst
369	Sicherheit und Überwachung, sonstiges	
370	<b>Abgaben und Beiträge</b>	
371	Steuern	z. B. Grundsteuern
372	Versicherungsbeiträge	
379	Abgaben und Beiträge, sonstiges	
390	<b>Betriebskosten, sonstiges</b>	

Fig. 2.207 - Tabella con l'elenco delle voci comprese nei costi d'uso (al terzo gruppo appartengono i costi d'uso delle aree esterne e i costi di gestione, controllo e sicurezza degli impianti) (DIN 18960-2008-2)

Questi comprendono:

- ⤴ costi sul capitale investito (es. interessi, ammortamento, ecc)
- ⤴ costi del management (consulenze, ecc)
- ⤴ costi di personale (legati al funzionamento dell'edificio)
- ⤴ costi materiali (beni di consumo, trasporti, ecc)
- ⤴ onorari per servizi esterni (es. progettazione)
- ⤴ costi di esercizio (energia, acqua, gas, ecc)
- ⤴ costi di smaltimento
- ⤴ pulizia e manutenzione ordinaria dell'edificio
- ⤴ pulizia e manutenzione ordinaria degli spazi esterni
- ⤴ ispezione, funzionamento e manutenzione degli impianti tecnici
- ⤴ sicurezza e servizi di sorveglianza (es. prevenzione incendi)
- ⤴ tasse e contributi
- ⤴ altri costi operativi
- ⤴ costi di riparazione (delle strutture, degli impianti tecnici, degli spazi esterni, altri).

#### **2.3.6.3.4 Limiti del LCC nella procedura DGNB**

I *limiti* del metodo di calcolo utilizzato nella procedura DGNB, in un'ottica di sostenibilità, sono essenzialmente i seguenti.

Il ciclo di vita (Daniotti B., 2012) si ferma ai 50 anni, per cui:

- ⤴ *Non viene valutata la prestazione economica oltre il lasso convenzionale (50 anni)* e ciò è piuttosto limitativo per gli edifici di lunga durata prevista. Se questo può non costituire un problema per edifici commerciali e per uffici dove l'investimento è più legato a logiche temporali di business, lo può invece diventare per edifici quali università, abitazioni, ecc. in cui si aggiungono altri tipi di valori a motivare una più lunga vita. Di contro, 50 anni sono un lasso sufficientemente lungo per considerare l'edificio ancora sovrapponibile a quello iniziale, oltre il quale molto ragionevolmente si saranno effettuati quanto meno lavori di manutenzione straordinaria e sostituzioni tali da dover rivalutare i costi sulla base di nuovi e aggiornati dati. Si sarà anche probabilmente provveduto ad una ristrutturazione, che avrà determinato una trasformazione dell'edificio in un altro asset.
- ⤴ *Non è compreso il fine vita*, per cui non è data alcuna informazione quantitativa dei costi per la dismissione (Antonini E. et al., 2010), l'eventuale demolizione ma nemmeno del valore residuale o dei possibili ricavi da riciclo. Pur nella logica piuttosto speculativa dello sfruttamento (economico) dell'edificio per un periodo allineato ad una seppur medio-lunga attività di business, questo rappresenta oltre che dal punto di vista ambientale e sociale una perdita, potenzialmente anche un'occasione mancata dal punto di vista economico generale. Ciò riflettendo sui profitti diretti e indiretti che una attenta e lungimirante strategia di progetto (riusabilità, flessibilità, smontabilità, recuperabilità, riciclabilità) può riservare per la fase di fine vita, ad esempio liberando degli extra valori.

### 2.3.6.3.5 Il calcolo LCC nella procedura BNB

Anche per il protocollo BNB (Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen) i macro-criteri prestazionali (Fig. 208) sono:

- ▲ Qualità ecologica
- ▲ Qualità economica
- ▲ Qualità socio-culturale
- ▲ Qualità di processo
- ▲ Qualità del sito.

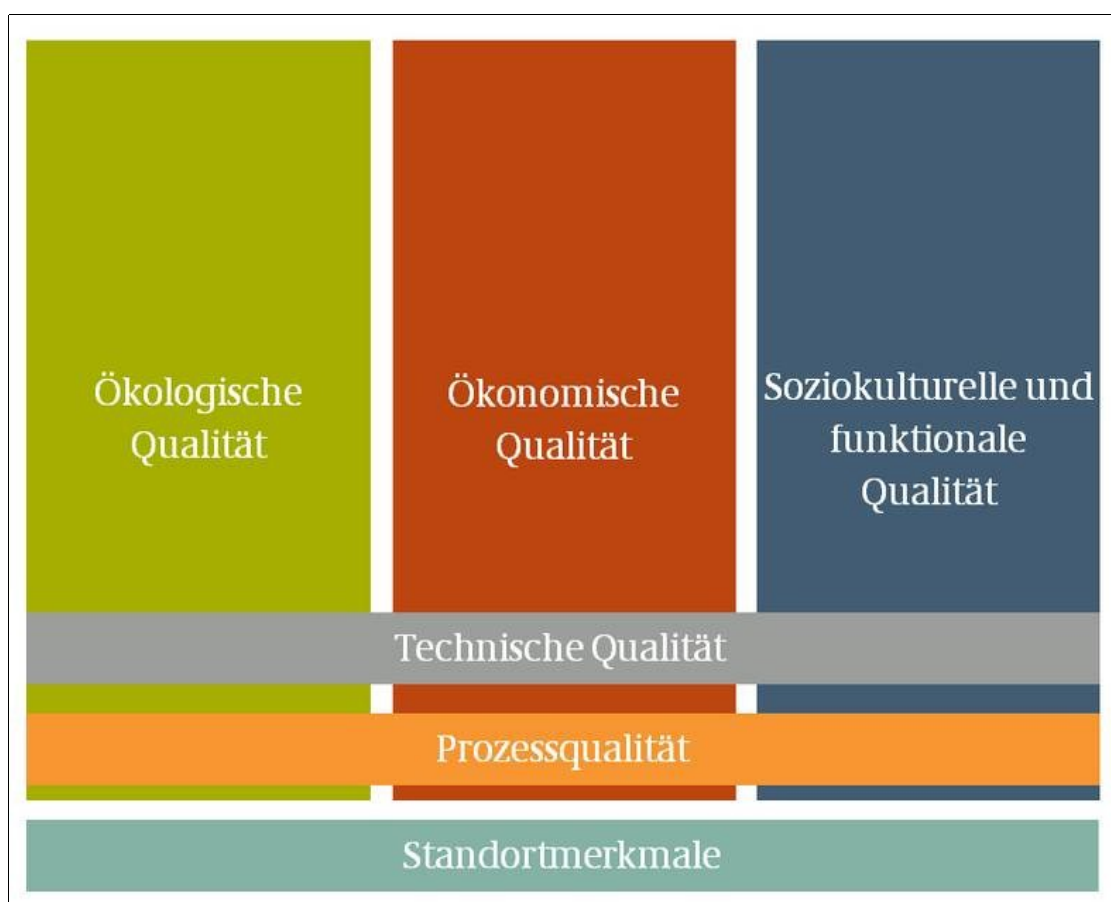


Fig. 2.208 - Quadro di sintesi delle componenti della qualità misurata con il protocollo BNB: qualità ecologica, economica e socio-culturale e funzionale. La qualità tecnica e la qualità di processo sono trasversali alle precedenti. A questa si aggiungono le caratteristiche del luogo (Fonte: <http://www.nachhaltigesbauen.de>)

Sono identificati beni ed obiettivi (protezione delle risorse naturali globali e locali; capitale e valori; salute degli utenti e soddisfazione, funzionalità e valore culturale) e relativi target ecologici (protezione delle risorse naturali e dell'ecosistema), economici (minimizzazione dei costi lungo il ciclo di vita, conservazione del capitale e del valore) e socio-culturali (protezione della salute, sicurezza e benessere, verifica della funzionalità, verifica del design e della qualità urbana) (Fig. 209). I livelli di sostenibilità certificata sono 3 (Fig. 2.210).

Protective Goods and Targets of Sustainable Building			
Sustainable Building			
	Ecology	Economy	Socio culture
PRO-TECTIVE GOODS	Protection of Natural Resources Global and Local Environment	Capital / Values	Health User-Satisfaction Functionality Cultural Value
PRO-TECTIVE TARGETS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Protection of Natural Resources</li> <li>Protection of the Ecosystem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Minimisation of Life Cycle Costs</li> <li>Improvement of economic viability</li> <li>Conservation of Capital / Value</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Health Protection, Safety and Well-Being</li> <li>Verification of Functionality</li> <li>Verification of Design and Urban Quality</li> </ul>

Fig. 2.209 - Beni da tutelare e target per un edificio sostenibile secondo il protocollo BNB (Federal Institute for Research on Building, Urban Affairs and Spatial Development within the Federal Office and Regional Planung, 2011)

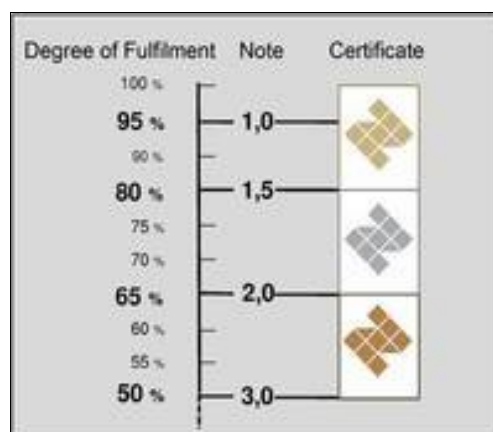


Fig. 2.210 - Livelli di punteggio e conseguenti certificati BNB (<http://www.nachhaltigesbauen.de>)

Come nel protocollo DGNB, il peso della componente economica corrisponde al 22,5% del totale (Fig. 2.211).

A differenza del protocollo DGNB, però, alle prestazioni dell'adattabilità all'uso di una terza parte e della commerciabilità si sostituisce la *stabilità del valore*. Ciò in coerenza con il diverso target e corrispondente punto di vista.

Mentre infatti nel primo caso la prestazione è fortemente legata ad un interesse commerciale privato, mirato alla massimo sfruttamento dell'immobile che costituisce esso stesso parte di un asset di un'attività a scopo economico, nel secondo l'immobile, oltre a generare minor spese possibile durante il ciclo di vita (Daniotti B., 2012), è bene che non si svaluti eccessivamente nel tempo, sia perché entra a far parte di un patrimonio, quello pubblico, tra i cui valori vi è proprio la sicurezza dell'invarianza nel tempo, sia perché è legato ad un servizio, quello pubblico, in cui una delle prerogative è quella di garantire la continuità dell'erogazione.

I criteri sono infatti:

- ▲ LCC (Fig. 2.212, Fig. 2.213, Fig. 2.214, Fig. 2.215)
- ▲ Stabilità del valore

con un fattore di rilevanza, in una scala da 1 a 3, rispettivamente di 3 e 2.

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Sustainability Criteria	Percentage Share of overall Result Individual Categories	Factors of Relevance	Percentage Share of overall Result Main Criteria Groups
<b>Ecological Quality</b>			22,5%
<b>Effects on Global and Local Environment</b>			
1.1.1 Global Warming Potential (GWP)	3,375%	3	
1.1.2 Ozone Depletion Potential (ODP)	1,125%	1	
1.1.3 Photochemical Ozone Creation Potential (POCP)	1,125%	1	
1.1.4 Acidification Potential (AP)	1,125%	1	
1.1.5 Eutrophication Potential (EP)	1,125%	1	
1.1.6 Risks to the Local Environment	3,375%	3	
1.1.7 Sustainable Logging / Wood	1,125%	1	
<b>Demand of Resources</b>			
1.2.1 Primary Energy Demand Not Renewable (PE <sub>nr</sub> )	3,375%	3	
1.2.2 Total Primary Demand (PE <sub>tot</sub> ) and Amount of PE <sub>nr</sub>	2,250%	2	
1.2.3 Fresh Water Demand and Quantity of Wastewater	2,250%	2	
1.2.4 Demand of Space	2,250%	2	
<b>Economical Quality</b>			22,5%
<b>Life Cycle Costs</b>			
2.1.1 Building-related Life Cycle Costs	13,500%	3	
<b>Performance</b>			
2.2.1 Stability of Value	9,000%	2	
<b>Socio-Cultural and Functional Quality</b>			22,5%
<b>Health, Comfort and User Satisfaction</b>			
3.1.1 Thermal Comfort in Winter	1,607%	2	
3.1.2 Thermal Comfort in Summer	2,411%	3	
3.1.3 Indoor Air Quality	2,411%	3	
3.1.4 Acoustic Comfort	0,804%	1	
3.1.5 Visual Comfort	2,411%	3	
3.1.6 Influence of the User	1,607%	2	
3.1.7 Building-related Outdoor Qualities	0,804%	1	
3.1.8 Safety and Incident Risks	0,804%	1	
<b>Functionality</b>			
3.2.1 Barrier-free Building	1,607%	2	
3.2.2 Space Efficiency	0,804%	1	
3.2.3 Capability of Conversion	1,607%	2	
3.2.4 Public Accessibility	1,607%	2	
3.2.5 Bicycle Comfort	0,804%	1	
<b>Ensuring Design Quality</b>			
3.3.1 Design and urban Quality	2,411%	3	
3.3.2 Art in Architecture	0,804%	1	
<b>Technical Quality</b>			22,5%
<b>Technical Execution</b>			
4.1.1 Sound Insulation	5,625%	2	
4.1.2 Heat Insulation and Protection against Condensate	5,625%	2	
4.1.3 Cleaning and Maintenance	5,625%	2	
4.1.4 Dismantling, Separation and Utilisation	5,625%	2	
<b>Process Quality</b>			10,0%
<b>Management and Design</b>			
5.1.1 Project Preparation	1,429%	3	
5.1.2 Integrated Design	1,429%	3	
5.1.3 Optimisation and Complexity of Planning	1,429%	3	
5.1.4 Sustainability Issues in Tender and Placing	0,952%	2	
5.1.5 Requirements for an Optimal Utilisation and Management	0,952%	2	
<b>Building Construction</b>			
5.2.1 Building Site / Building Process	0,952%	2	
5.2.2 Quality Assurance of the Building Construction	1,429%	3	
5.2.3 Controlled Commissioning	1,429%	3	
<b>Location Profile</b>			0,0%
<b>Location Profile</b>			
6.1.1 Risks at the Micro-Site	--	2	
6.1.2 Conditions at the Micro-Site	--	2	
6.1.3 Image and Character of Location and Quarter	--	2	
6.1.4 Public Transport Connections	--	3	
6.1.5 Vicinity to Use-Specific Services	--	2	
6.1.6 Supply Lines / Site Development	--	2	

Fig. 2.211 - Percentuali attribuite a ciascun criterio e alle categorie del protocollo BNB (<http://www.nachhaltigesbauen.de>)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Projekt			
<b>Hilfsmittel für die Abschätzung von Lebenszykluskosten</b>			
Zinssatz	5,50% Umfang	KG 300+400	
Allg. Preissteigerung (z.B. Baukosten)	2,00% Preisstand	2009/2010	
Preissteigerung Energiekosten	4,00% Mehrwertsteuer	ohne MwSt	
Preissteigerung Wasser-/Abwasserkosten	2,00% Bezugsgröße	m <sup>2</sup> BGF	
Preissteigerung Dienstleistung Reinigung	2,00% Betrachtungszeitraum	50 Jahre	
Kategorie (Sonderbedingungen (1 oder 2))	1 BGF in m <sup>2</sup>		
<b>Kosten gemäß Entscheidungsunterlage Bau</b>			
Bauwerk- Baukonstruktionen	KG 300:		
Bauwerk- Technische Anlagen	KG 400:		
Technische Anlagen in Außenanlagen	KG 500:		
<b>regelmässige Zahlungen</b>			
<b>A.1 Medien</b>	phys. ME / Jahr	€/ME	
311 Wasser (Wert aus Kriterium 1.2.3)		2,01 €/m <sup>3</sup>	
321 Abwasser - Schmutzwasser (Wert aus Kriterium 1.2.3)		2,14 €/m <sup>3</sup>	

Fig. 2.212 - Parametri generali per la valutazione del LCC nel BNB (tra cui il periodo di analisi pari a 50 anni e i costi unitari per l'uso dell'acqua e lo smaltimento degli scarichi) (<http://www.nachhaltigesbauen.de>)

<b>A.1 Medien</b>	phys. ME / Jahr	€/ME
311 Wasser (Wert aus Kriterium 1.2.3)		2,01 €/m <sup>3</sup>
321 Abwasser - Schmutzwasser (Wert aus Kriterium 1.2.3)		2,14 €/m <sup>3</sup>
321 Abwasser - Niederschlag (Wert aus Kriterium 1.2.3)		1,10 €/m <sup>3</sup>
316 Energie - Endenergiebedarf Heizwärme laut EnEV		0,09 €/kWh
316 Energie - Endenergiebedarf Warmwasserbereitung laut EnEV		0,17 €/kWh
316 Energie - Endenergiebedarf Luftförderung laut EnEV		0,17 €/kWh
316 Energie - Endenergiebedarf Klimakälte laut EnEV		0,17 €/kWh
316 Energie - Endenergiebedarf Beleuchtung laut EnEV		0,17 €/kWh
316 Energie - Endenergiebedarf Hilfsenergie laut EnEV		0,17 €/kWh
316 Einspeisevergütung laut EEG (Energienmenge)		
316 Eigennutzung nach Ende der Einspeisevergütung (Energienmenge)		0,17 €/kWh
<b>A.2 Reinigung</b>	phys. ME / Jahr	€/ME
<i>Bei transparenten Glasflächen sind beide Seiten zu berücksichtigen</i>		
<b>Reinigung von Glasflächen - KGR 334</b>		
334 Glasflächen gut zugänglich		1,20 €/m <sup>2</sup> a
334 Glasflächen mittlere Zugänglichkeit		1,50 €/m <sup>2</sup> a
334 Glasflächen schwer zugänglich		2,31 €/m <sup>2</sup> a
<b>Reinigung von Außenwandbekleidungen - KGR 335</b>		
335 Naturstein (weich)		3,26 €/m <sup>2</sup> a
335 Aluminium, Edelstahl, Kupferblech, Stahl		1,25 €/m <sup>2</sup> a

Fig. 2.213 - Parametri specifici per la valutazione del LCC nel BNB, relativi ai costi unitari delle risorse acqua ed energia e per la pulizia delle superfici (<http://www.nachhaltigesbauen.de>)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

142	1	Kostengruppe 300	Nutzungs- dauer	Ersatzhäufigkeit	Herstellkosten
143		300 Instandsetzungsrelevante Bauteile KG300 auflisten			
144		<i>Alternativ</i> 0,6% der Herstellkosten KG300 pro Jahr ansetzen:	1 Jahr	49	Einzelauflistung KGR300
145		<input type="checkbox"/> Einzelauflistung <input type="checkbox"/> Alternativmethode			
146		310 Baugrube	50 Jahre	0	
147		320 Gründung ohne KG 327 Drainage	50 Jahre	0	
148		327 Drainage	25 Jahre	1	
149		331 Außenwände	50 Jahre	0	
150		333 Außenstützen	50 Jahre	0	
151		334 Außentüren und -fenster	40 Jahre	1	
152		335 Außenwandbekleidungen außen	25 Jahre	1	
153		339 Außenwände sonstiges	50 Jahre	0	
154		341 Tragende Innenwände	50 Jahre	0	
155		342 Nichttragende Innenwände	50 Jahre	0	
156		344 Innentüren und -fenster	40 Jahre	1	
157		345 Innenwandbekleidungen (Fliesen, Farbe etc.)	25 Jahre	1	
158		346 Elementierte Innenwände	50 Jahre	0	
159		349 Innenwände sonstiges	50 Jahre	0	

Fig. 2.214 - Parametri specifici considerati nella valutazione del LCC nel BNB, relativi alla vita utile (Daniotti B., 2012) prevista per i sistemi tecnologici dell'edificio, dai serramenti esterni ed interni ai tamponamenti, al drenaggio, ai tavolati interni) (<http://www.nachhaltigesbauen.de>)










 Herstellkosten KG 300	 Herstellkosten KG 400	 Barwert unregelmäßige Zahlungen KG 300	 Barwert unregelmäßige Zahlungen KG 400
 Barwert regelmäßige Instandhaltungskosten KG 300	 Barwert regelmäßige Instandhaltungskosten KG 400	 Barwert Nutzungskosten Reinigung	 Barwert Nutzungskosten Energie
 Barwert Nutzungskosten Wasser/Abwasser			
<b>Lebenszykluskosten / m<sup>2</sup></b>			
<b>Punkte Kriterium 2.1.1</b>			
<b>Kategorie: 1</b>			<b>#V</b>

Fig. 2.215 - Riepilogo delle categorie dei costi (dalle norme DIN) che compongono il costo totale lungo il ciclo di vita, rapportato all'unità funzionale (m<sup>2</sup>) e relativo punteggio nella valutazione BNB (Fonte: <http://www.nachhaltigesbauen.de>)

Come si evince dalle figure precedenti, i tassi fissati sono gli stessi di quelli del protocollo DGNB. Anche in questo caso il periodo di analisi è pari a 50 anni.



### 2.3.6.3.6 Lo sviluppo della procedura BNB

Il sistema BNB, per alcuni criteri di valutazione (assessment) (Lavagna M., 2008) e per altri (es. economico) di benchmarking, è stato introdotto nel sistema di gestione immobiliare federale tedesco per la prima volta nel 2008, rivolto agli edifici per uffici. Come il protocollo DGNB sin dall'inizio è stato pensato in linea con i principi e i modelli metodologici che si stavano sviluppando a livello europeo, grazie al lavoro del CEN TC/350 ed in particolare nel rispetto dello standard EN 15978 (Sustainability of Construction Works – Assessment of Environmental Performance of Buildings – Calculation Method; CEN, 2012c).

Nel 2011 il BMVBS (il Ministero Federale per i Trasporti, le Costruzioni e la Pianificazione urbana) si pose due nuove sfide: implementare ed adattare il metodo anche alle residenze, con l'aiuto del Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V. (GdW – Confederazione nazionale tedesca delle associazioni per la casa e gli immobili residenziali).

Il compito più difficile fu l'adattamento dei LCC dagli uffici alle residenze con relativo benchmarking e gli input / output ambientali.

Il periodo di analisi è rimasto invariato a 50 anni, anche se ciò non significa che la vita tecnica sia di 50 anni.

La scelta era stata sin dall'inizio motivata al fine di usare la stessa RSL richiesta dal cliente e in linea con le disposizioni correnti in Germania per la LCA (Lavagna M., 2008) e la LCC. Inoltre non è da confondere con il RSP (Reference Study Period) che è il periodo nel quale le caratteristiche dell'oggetto di valutazione dipendenti dal tempo sono analizzate.

*L'estensione di 50 anni, non motivata scientificamente, costituisce in realtà un compromesso tra il breve punto di vista temporale degli investitori (20-30 anni) e il lungo periodo usato nella LCA (100 anni).*

Per il benchmarking utilizzato per la costruzione della metodologia di calcolo del LCC delle residenze anziché scegliere edifici di riferimento si decise di optare per *edifici rappresentativi*. I costi di costruzione sono distinti nei seguenti criteri: tipo dell'edificio, stile, con/senza piano interrato, con/senza piano attico, numero di piani, forma del tetto, standard delle attrezzature, dotazione tecnica e costruttiva (es. riscaldamento, HVAC ventilazione meccanica e condizionamento).

Ulteriori distinzioni riguardano la prestazione energetica (fabbisogno), il tipo di struttura portante (materiale) e di impianto di riscaldamento.

Per i costi di costruzione infatti sia i materiali sia lo standard delle attrezzature sono un fattore importante. Nel progetto di implementazione della procedura BNB fu scelto uno standard medio come base per la valutazione.

Il progetto comprese un'analisi dell'esistente, svolta su un campione di circa 250 edifici residenziali pubblici, mirata a calcolare il valore degli indicatori, individuare i valori limite e target, e comprendere l'incidenza della fase di costruzione e quella d'uso nel calcolo dei singoli indicatori.

L'analisi è stata permessa grazie anche alla vasta banca dati (Fig. 2.216) storica posseduta soprattutto relativamente alla fase d'uso così come alla disponibilità delle banche dati tedesche per il calcolo degli indicatori ambientali LCA.

Lo studio, che ha condotto ad interessanti risultati, ha infatti dimostrato ancora una volta che, oltre all'esigenza di poter contare su molte informazioni pubbliche e condivise rilevabili dal pregresso, *nelle valutazioni della sostenibilità è necessario integrare tra loro più fattori, punti di vista e metodologie*. Le dimensioni dell'edificio possono influenzare i LCC in entrambe le direzioni. Furono considerati tre tipi (Fig. 2.217): edifici piccolo (7 unità su 3 piani), medi (35 unità su 4 piani) e grandi (60 unità su 5 piani).

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Table 1 Matrix of input parameters' variation

Building type	Number of stories	Number of accommodation units	Building size	Gross floor area (m <sup>2</sup> )	Energy demand level		Material				Technical equipment					
					EnEV 2009	Realized building	Lowest	Mineral bricks	Concrete	Wood frame	Massive timber	Heating system of the realized building	Heating system variant/simulation			
													f/g	w	hp	dh
<b>Deck access</b>																
Deck access	3 + c	18	Medium	2005	x	x	x	x		x		w	x			
Deck access	5 + c	12	Medium	1988	x	x	x	x				dh	x	x		
Deck access	3 + c	9	Small	1514	x			x	x				x	x		
<b>High-rise</b>																
High-rise	6 + c	11	Medium	1661	x	x	x		x			g	x			
High-rise	4 + a + c	14	Medium	1685	x	x	x	x				g	x	x		
<b>Apartment building</b>																
Two apartments per storey	3 + a	7	Small	970	x	x	x	x				g	x			
Two apartments per storey	3 + a + c	24	Large	3311	x	x	x	x				g	x			
Two apartments per storey	5 + c	31	Large	5357	x	x	x	x				dh		x		
Two apartments per storey	7 + c	34	Large	4840	x		x		x	x			x			
Three apartments per storey	4 + a + c	13	Medium	2333			x	x						x		
Three apartments per storey	4 + a + c	50	Large	7292			x	x						x		
Four apartments per storey	4	13	Small	2028	x		x						x	x		

Fig. 2.216 - Matrice dei parametri di input dello studio condotto per implementare ed adattare il metodo BNB anche alle residenze (König H., De Cristofaro M.L., 2012)

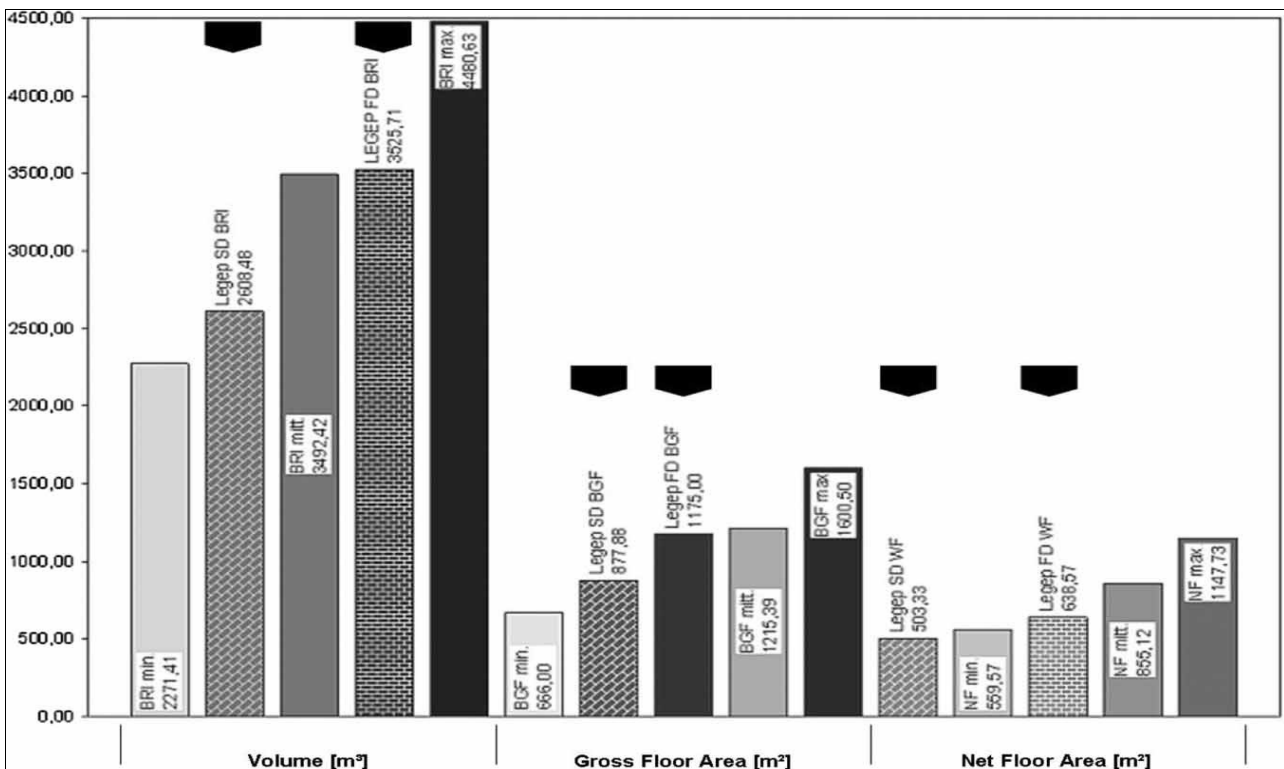


Fig. 2.217 - Confronto tra le diverse tipologie di edifici normalizzate rispetto al tipo da 10 appartamenti (König H., De Cristofaro M.L., 2012)

Le fasi considerate nel sistema di valutazione BNB per la LCC delle case multi-piano sono:

- ⤴ produzione (il cantiere, il trasporto al sito e la produzione dei rifiuti sul posto non sono considerati nella valutazione)
- ⤴ fase d'uso (pulizia, manutenzione ordinaria, costi operativi ovvero energia, acqua potabile e acqua di scarico)
- ⤴ sostituzioni / ammodernamenti
- ⤴ fine vita (demolizione e smaltimento non sono considerati).

### **2.3.6.3.7 Le questioni irrisolte e le incongruenze con la LCA**

Le fasi del ciclo di vita (Daniotti B., 2012) non sono omogenee tra LCC e LCA (Fig. 2.217). A causa della mancanza di un riferimento (benchmark) esatto per i costi di demolizione e i costi di riciclo o deposito dei materiali infatti nell'analisi LCC la fase di fine vita non è conteggiata.

Di contro, il fabbisogno di acqua e l'acqua di scarico non sono prese in considerazione nella LCA, senza peraltro una motivazione scientifica.

Inoltre, a causa della mancanza di dati esatti per i materiali di pulizia e non essendo preso in conto l'uso dell'acqua, la fase di pulizia non fa parte della LCA. Per la fase di manutenzione non si considera un significativo fabbisogno di energia (Masera G., 2004) o materiali.

In realtà il sistema di certificazione tedesco ammette regole semplificate per la fase di fine vita:

- ⤴ i materiali di origine minerale sono riciclati
- ⤴ il metallo è riciclato ed è accreditato un bonus per il potenziale di riciclo
- ⤴ materiali con potere calorifico (legno/plastica) sono intesi bruciare e il recupero di elettricità nella centrale termica è accreditato
- ⤴ il materiale di rifiuto va in discarica.

I motivi principali di queste differenze sono da attribuire al fatto che le analisi LCA (che usa il software LEGEP e gli inventari del database O`kobau.dat fornito dal BMVBS per uso pubblico) e LCC sono sviluppate da gruppi di esperti diversi e ogni gruppo ha scelto il suo valore di riferimento. Non c'è inoltre un pregresso scientifico di base.

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Table 3 General conditions for the life cycle costs (LCC)/life cycle assessment (LCA) calculation in the Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude (BNB) system for residential buildings

	LCC	LCA
Period of observation (years)	50	50
Life cycle phases	Construction	Construction
	Supply (energy plus fresh water demand) disposal (waste water)	Supply (energy)
	Cleaning (for common areas and elements)	–
	Maintenance	–
	Repair	–
	Renovation/replacement	Renovation/replacement
	–	End of life
Inflation rate (%)	2.0	–
real interest (%)	3.5	–
Interest rate (%)	5.5	–
Annual increase of energy costs (%)	4.0	–
Energy costs	Electricity = 17 cent/kWh, district heating = 9 cent/kWh and gas = 65 cent/m <sup>3</sup>	–
Regular maintenance	Percentage of construction costs according to VDI (2000)	–
Service life of building components	From <i>Guideline for Sustainable Building 2001</i> (BMVBW, 2001a) and VDI (2000)	From <i>Guideline for Sustainable Building 2001</i> (BMVBW, 2001a) and VDI (2000)
Irregular restoration	Period of use (years) for each component	Period of use (years) for each component
Economic calculation	Present value	–
Inventories	Sinados Database	German Life Cycle Inventories Ökobaudat
Energy demand calculation	German Standard DIN 18599	German Standard DIN 18599
Reference surface	Gross floor area (GFA) (m <sup>2</sup> )	Net floor area (NFA) (m <sup>2</sup> )
Indicator	Present value	Various LCA indicators

Fig. 2.217 - Condizioni generali assunte per il calcolo di LCC e di LCA nello studio per l'implementazione del protocollo BNB alle residenze (König H., De Cristofaro M.L., 2012)

### 2.3.6.3.8 LCC: i costi energetici nel sistema BNB e l'indagine sugli edifici esistenti

Da un'analisi sui *costi per i consumi energetici in fase d'uso degli ultimi 10 anni*, si evince che in Germania hanno raggiunto valori pari al 20-35 % della *prestazione economica* data dai LCC. (König H., De Cristofaro M.L., 2012)

Dall'altro canto, sta aumentando l'importanza dei costi di costruzione, che, per motivi dovuti all'andamento del mercato, per tipi diversi si stanno allineando. Inoltre, altri dati sono stati rilevati:

- ♣ Attualmente (2012) i *costi di costruzione* si aggirano tra i 700 e gli 800 Euro/mq BGF (escluso VAT). Inclusi in queste cifre sono i costi dei gruppi 300 e 400 dello standard tedesco DIN 276:2008.
- ♣ La maggior parte degli edifici con domanda di energia molto bassa (quelli di costruzione più recente visti i limiti restrittivi imposti dalla recente normativa tedesca ENEC 2009) mostrano costi più alti (ed in crescita relativa) per la costruzione (incidenza del 35-60% distribuita sul periodo di riferimento dei 50 anni) ma anche più bassi in fase d'uso, per quanto questo effetto possa essere neutralizzato da costi più alti per la manutenzione e

l'ammodernamento. All'interno della partizione delle fonti per soddisfare il fabbisogno energetico, la scelta delle fonti è cruciale, per le diverse ripercussioni sulle emissioni di CO<sub>2</sub>. La selezione degli indicatori riguardanti soprattutto i costi associati alle diverse fonti energetiche è in linea con il modello descritto dallo standard EN 15978 (CEN, 2012c).

- ▲ Vi sono influenze del mercato locale che possono creare anomalie rispetto ai risultati delle analisi generali.

Relativamente alla voce dei *costi in fase d'uso*, facendo un paragone generale metodologico tra la categoria degli edifici e quella delle abitazioni, occorre sottolineare che nella prima hanno un peso importante i costi i servizi intensivi come le pulizie e gli impianti tecnici (illuminazione, raffrescamento, ecc). La conseguenza fondamentale è che in genere il VAN (valore attuale netto) della media delle abitazioni è più basso di quella degli uffici (Fig. 2.218).

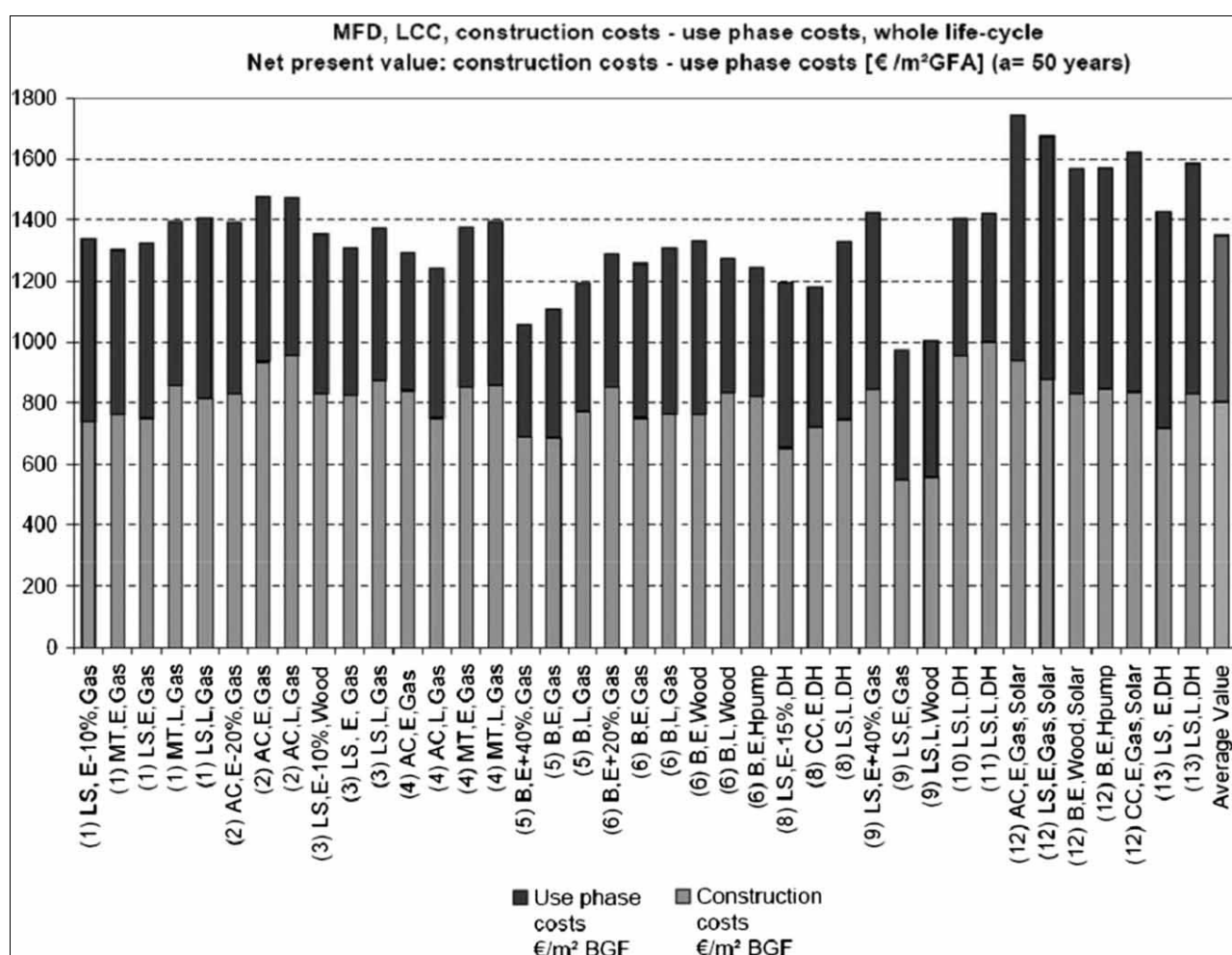


Fig. 2.218 - Valore attuale netto (VAN) degli edifici analizzati con suddivisione in costi di costruzione e d'uso (E/mq BGF) (König H., De Cristofaro M.L., 2012)

La figura seguente (Fig. 2.219) mostra un range di variabilità dei costi tra le categorie di edifici residenziali pubblici analizzati ristretto al 30%.

Inoltre, la media del VAN delle abitazioni (1.400 Euro /mq) non raggiunge la metà del VAN degli edifici per uffici (2.900 Euro / mq).

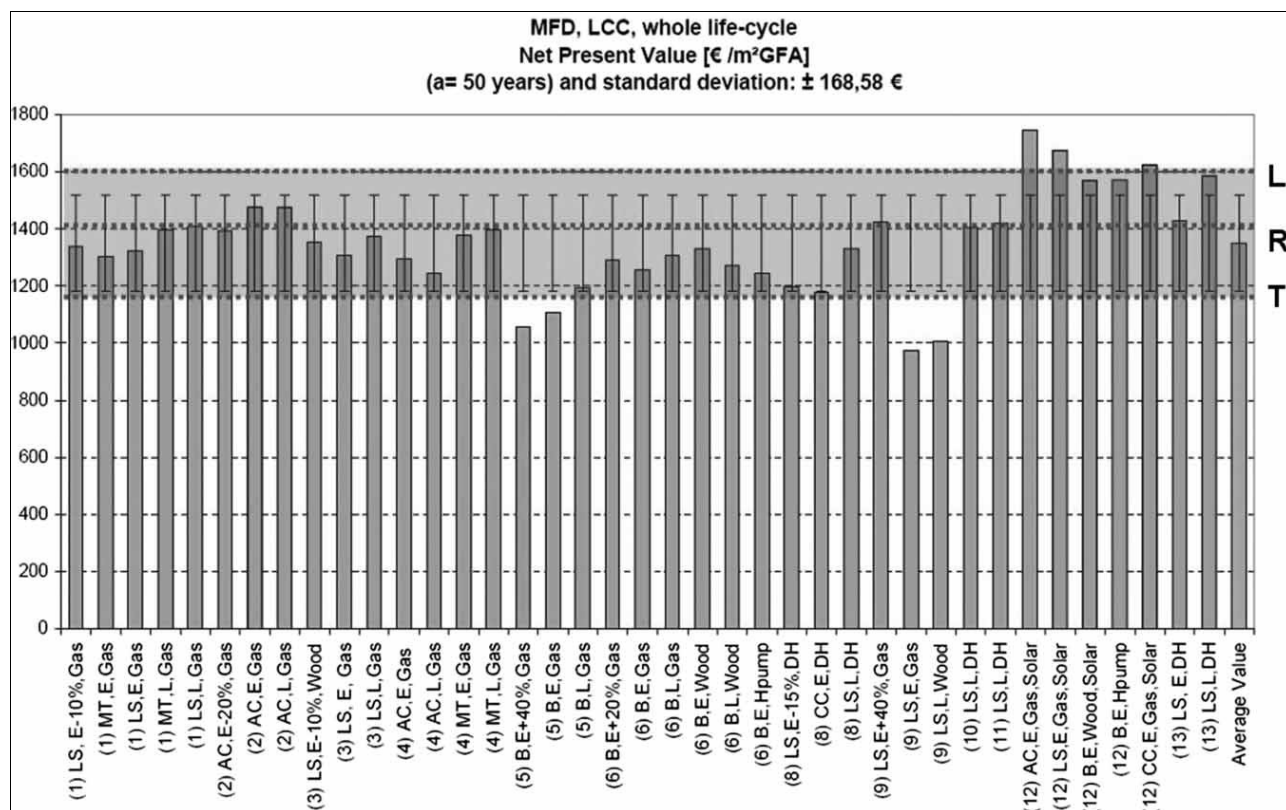


Fig. 2.219 - Valore attuale netto (VAN) degli edifici analizzati con suddivisione in costi di costruzione e d'uso (E/mq BGF) (König H., De Cristofaro M.L., 2012)

### 2.3.6.3.9 Gli indicatori ambientali del sistema BNB e l'indagine sugli edifici esistenti

Anche gli indicatori ambientali utilizzati nel sistema di valutazione BNB così come implementato nella versione del 2011 si allineano allo standard europeo EN 15978 (CEN, 2012c) e si predispongono anche ad inserire la tossicità umana e l'eco-tossicità, che potrebbero aggiungersi alla lista degli indicatori rilevanti nella prossima revisione dello standard, prevista a partire dal 2013.

Tra gli indicatori più importanti:

- ⤴ GWP (Global Warming Potential), ovvero la CO<sub>2</sub> incorporata, che dipende molto dai materiali con cui l'edificio è costruito (Fig. 2.220)
- ⤴ ODP (Ozone Depletion Potential) che misura la distruzione dell'ozono nell'atmosfera. L'indicatore è principalmente influenzato dalla fase d'uso, in particolare per il consumo di elettricità. Il massimo valore è raggiunto con l'uso di pompa di calore elettrica. La struttura portante non ha invece effetto significativo. (Fig. 2.221)
- ⤴ POCP (Photochemical Ozone Creation Potential), che descrive l'aumento di ozono nella parte più bassa dell'atmosfera, che danneggia vegetazione e materiali. Nella figura seguente è mostrata l'influenza dei materiali da costruzione. La fase d'uso contribuisce solo con un'incidenza sul totale prodotto del 10-30%. I materiali utilizzati per la costruzione della struttura portante non hanno significativo effetto, mentre l'uso di pitture e rivestimenti contenenti composti organici volatili (VOC) sì. (Fig. 2.222)

- ⤴ AP (Acidification Potential), che descrive la crescita di sostanze acide nel suolo, nell'acqua e nell'aria, che si formano principalmente dalla trasformazione degli inquinanti atmosferici in acidi. Un consumo basso di energia mostra i migliori risultati, mentre i valori più alti si hanno dalla combustione del legno. (Fig. 2.223)
- ⤴ EP (Eutrophication Potential), che è responsabile della crescita delle alghe, come risultato la produzione di ossigeno e la fotosintesi diminuiscono nell'acqua. La combustione del legno alimenta fortemente questo fenomeno. (Fig. 2.224)

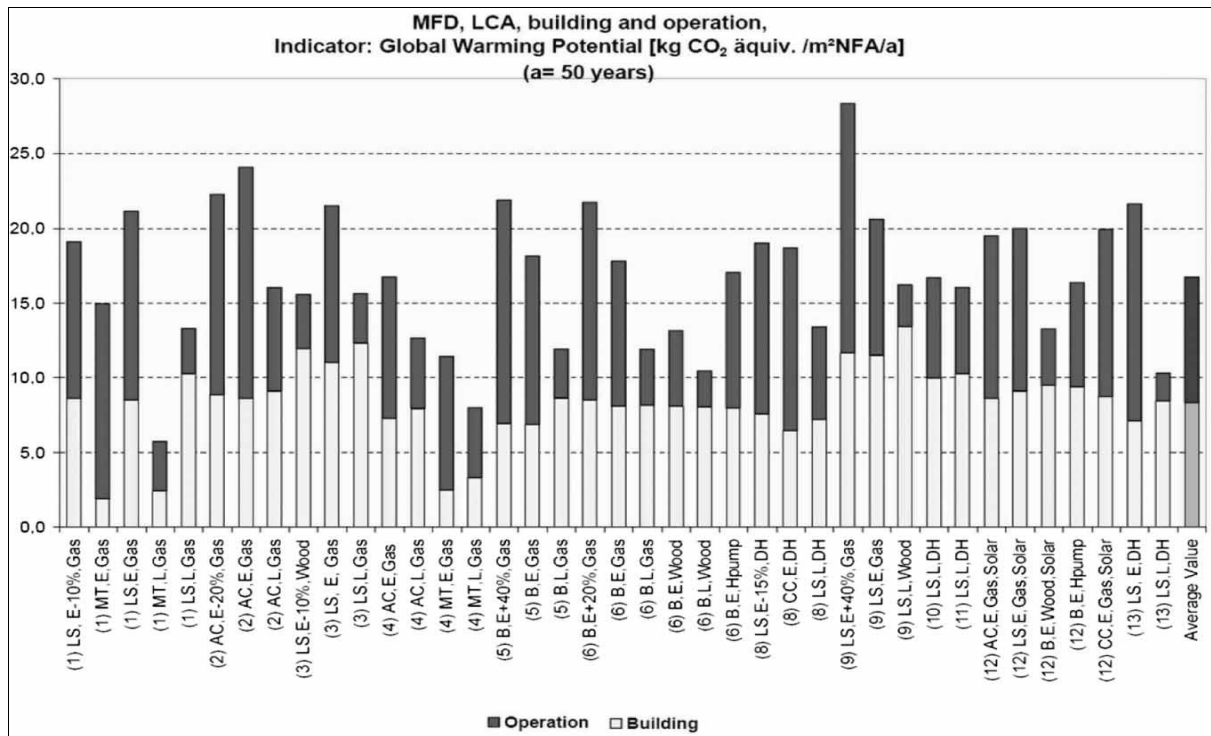


Fig. 2.220 - L'incidenza sul GWP (Global Warming Potential) della costruzione e dell'uso (König H., De Cristofaro M.L., 2012)

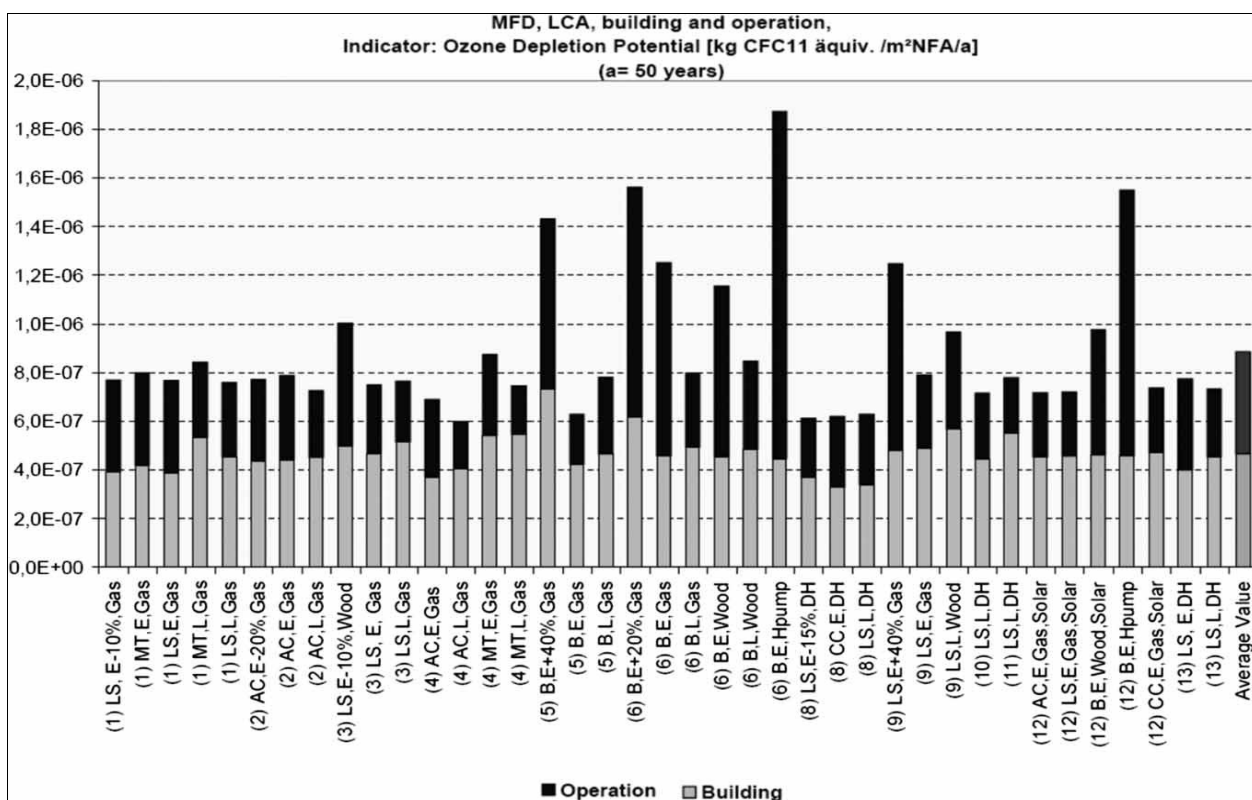


Fig. 2.221 - L'incidenza sul ODP (Ozone Depletion Potential) della costruzione e dell'uso (König H., De Cristofaro M.L., 2012)

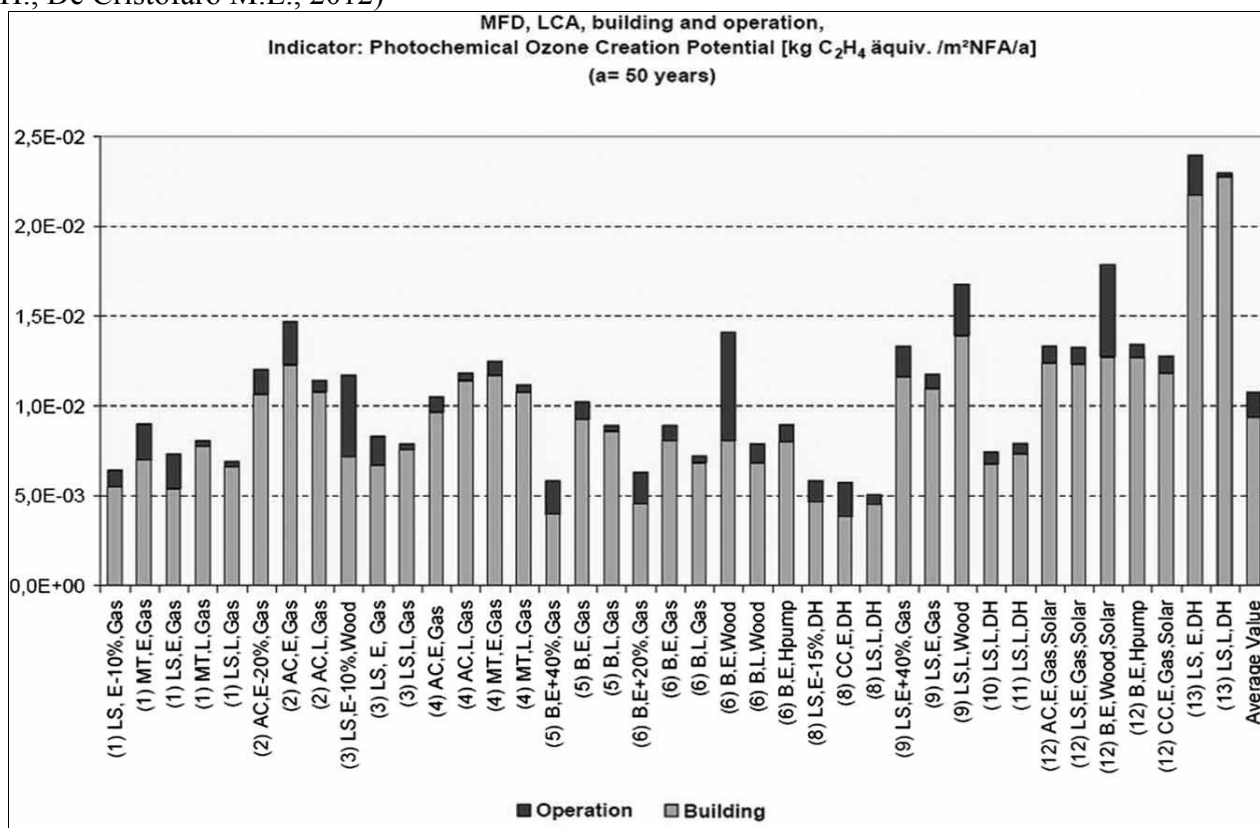


Fig. 2.222 - L'incidenza sul POCP (Photochemical Ozone Creation Potential) della costruzione e dell'uso (König H., De Cristofaro M.L., 2012)



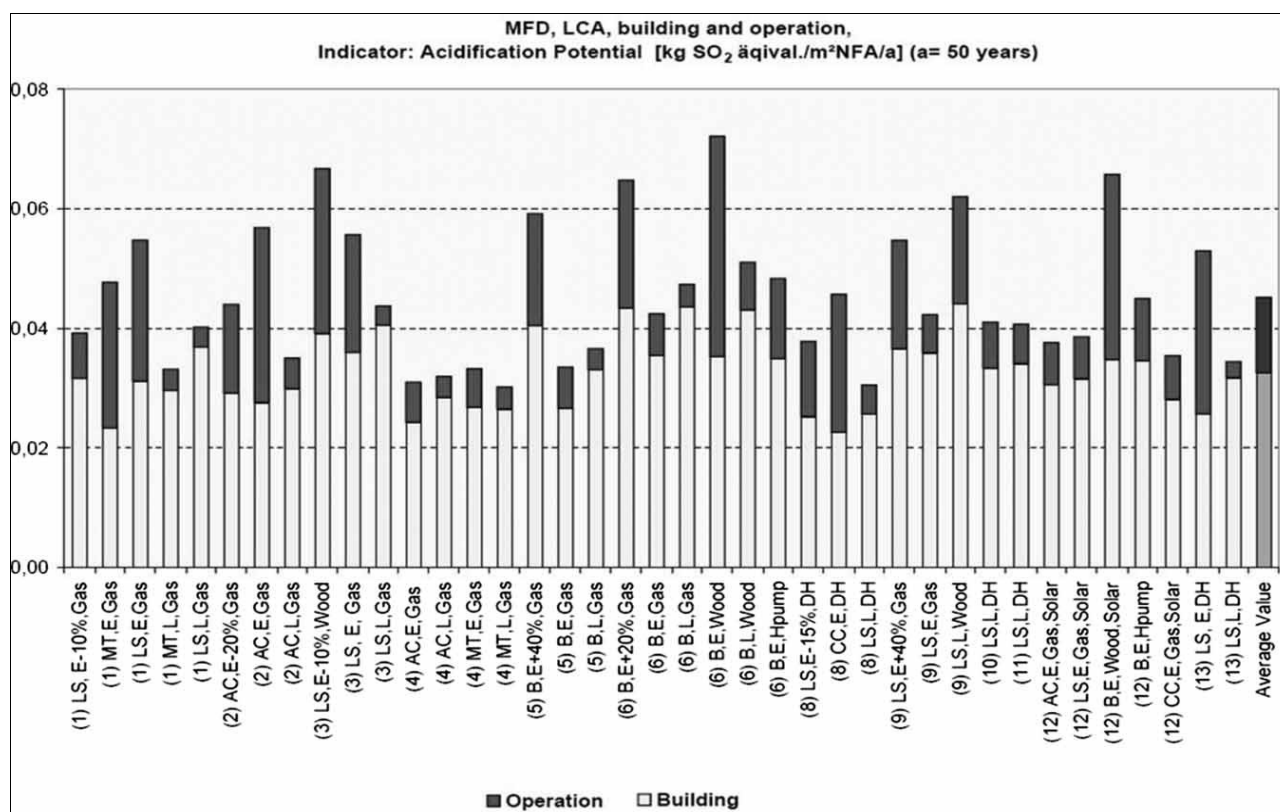


Fig. 2.223 - L'incidenza sul AP (Acidification Potential) della costruzione e dell'uso (König H., De Cristofaro M.L., 2012)

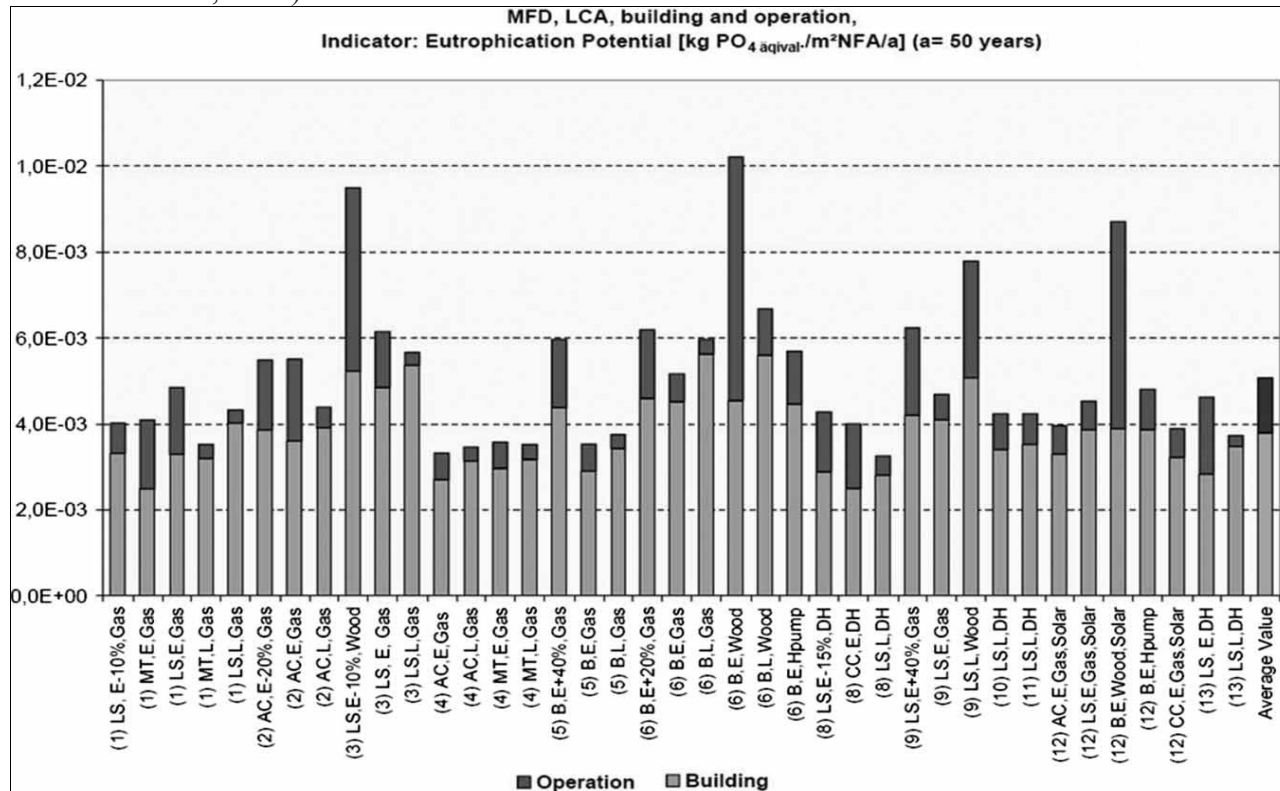


Fig. 2.224 - L'incidenza sul EP (Eutrophication Potential) della costruzione e dell'uso (König H., De Cristofaro M.L., 2012)

Altri indicatori:

- ⤴ PE nrn (Energia primaria da fonte non rinnovabile), che descrive il consumo di risorse energetiche come i combustibili fossili. Può essere usata direttamente in fase d'uso o per la produzione di componenti della costruzione (es. polimeri). L'unità di misura nel sistema tedesco è il KWh. I migliori risultati derivano dal basso consumo energetico, così come le strutture in materiali di origine minerale e spessore ottimizzato (es. 15 cm per i mattoni) o bassa incidenza del ferro nel calcestruzzo armato. (Fig. 2.225)
- ⤴ PE rn (Energia primaria da fonte rinnovabile), che descrive il consumo di risorse energetiche rinnovabili. Include prevalentemente energia dal sole, dall'acqua e dal suolo. E' espressa in KWh nel rispetto del sistema tedesco. Grazie alle politiche energetiche nazionali orientate a favore, questo indicatore dovrebbe tendere ad aumentare. L'uso di energia rinnovabile nella fase d'uso e/o l'impiego di materiali come il legno per le strutture portanti vanno in questo senso. (Fig. 2.226)

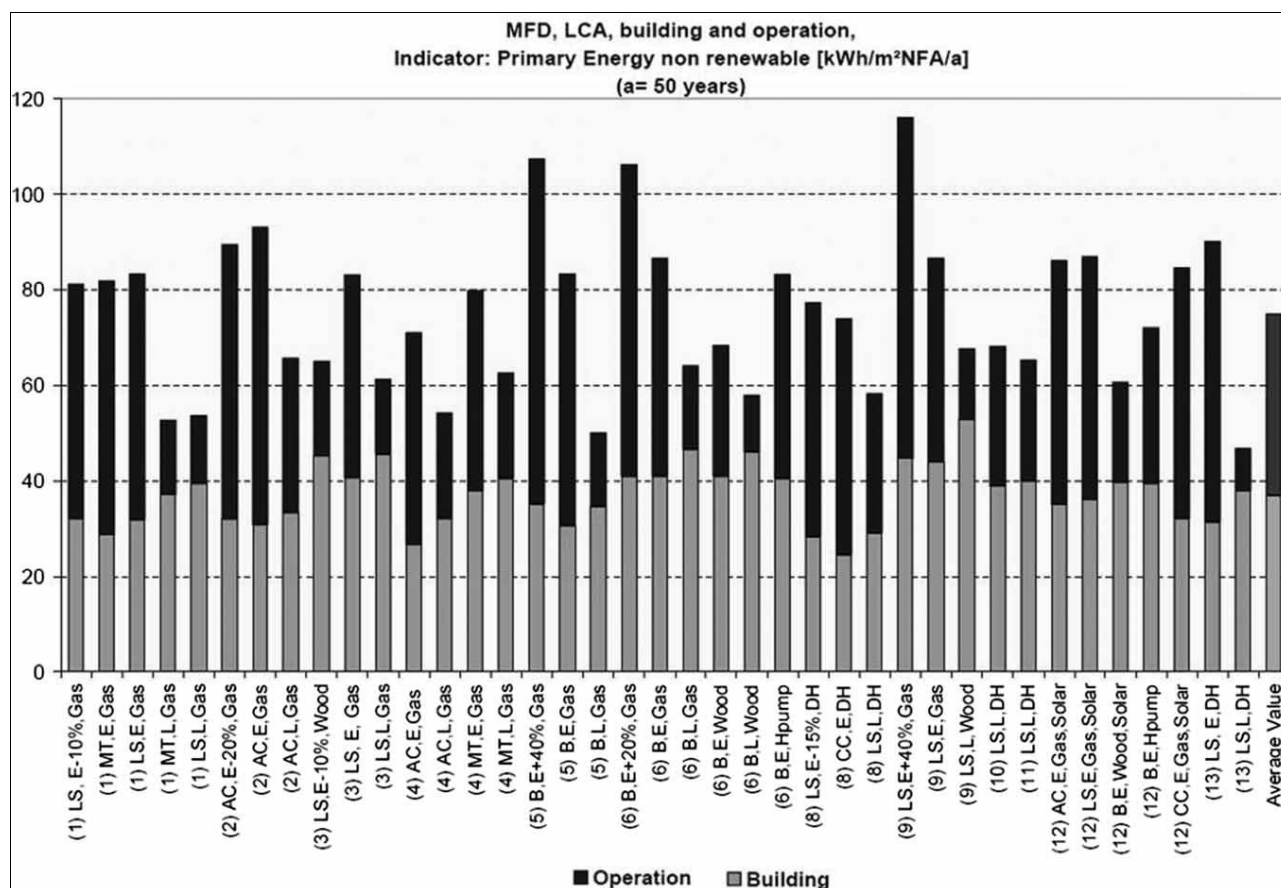


Fig. 2.225 - L'incidenza della PE nrn (Energia primaria da fonte non rinnovabile) nella costruzione e in fase d'uso (König H., De Cristofaro M.L., 2012)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

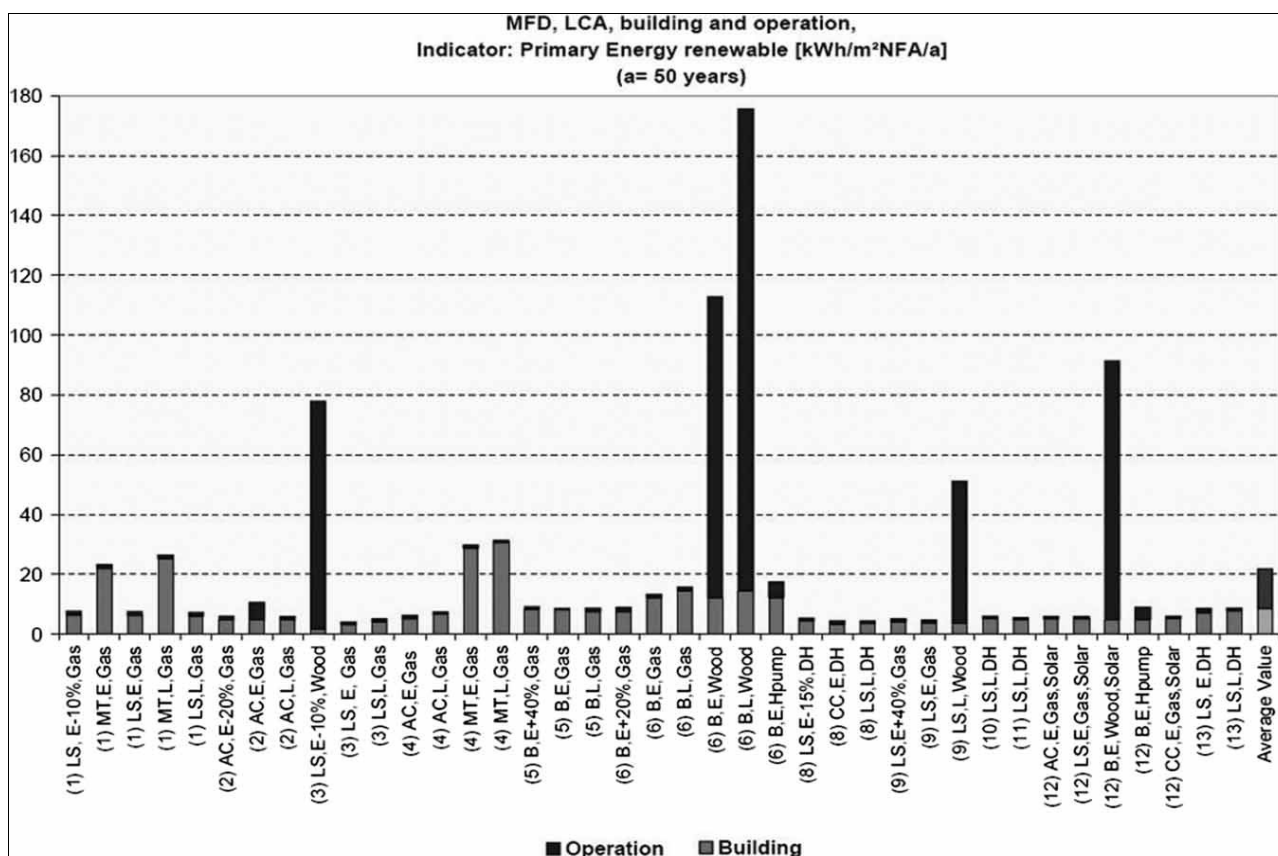


Fig. 2.226 - L'incidenza della PE rn (Energia primaria da fonte rinnovabile) nella costruzione e in fase d'uso (König H., De Cristofaro M.L., 2012)

Il calcolo degli indicatori per tutti i 250 edifici ha permesso di definire un benchmark individuando valori di riferimento, target e limite. Di seguito (Fig. 2.227) una tabella riassuntiva:

Indicator	Unit	Limit (L)	Reference (R)	Target (T)
Global warming potential (GWP)	kg CO <sub>2</sub> -e/m <sup>2</sup> net floor area (NFA) and year	23.8	17.0	11.9
Ozone depletion potential (ODP)	kg R <sub>11</sub> -e/m <sup>2</sup> NFA* a	0.00000200	0.00000100	0.00000070
Photochemical ozone creation potential (POCP)	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -e/m <sup>2</sup> NFA* a	0.014	0.010	0.007
Acidification potential (AP)	kg SO <sub>2</sub> -e/m <sup>2</sup> NFA* a	0.070	0.050	0.035
Eutrophication potential (EP)	kg PO <sub>4</sub> -e/m <sup>2</sup> NFA* a	0.007	0.0050	0.0035
Non-renewable primary energy (PE nm)	kWh PE nm/m <sup>2</sup> NFA* a	105.0	75.0	52.5
Renewable primary energy (PE rn)	kWh PE rn/m <sup>2</sup> NFA* a	35.00	25.00	17.25
Total primary energy (PE total)	kWh PE total/m <sup>2</sup> NFA* a	140.0	100.0	70.0
Percentage renewable primary energy (PE rn)	%	5	8	20

Fig. 2.227 - Indicatori ambientali, unità di misura e valori calcolati (König H., De Cristofaro M.L., 2012)

### 2.3.6.3.10 Legami tra indicatori economici e indicatori ambientali in fase di costruzione e d'uso

La ricerca svolta sul patrimonio pubblico federale tedesco residenziale mostra, tra le conclusioni dell'interpretazione dei risultati analitici sopra illustrati, in linea di principio generalizzabili e trasferibili ad altre realtà, che l'elenco degli indicatori europei e tedeschi può suddividersi sostanzialmente in due grandi gruppi:

Indicatori fortemente influenzati dalla *domanda di energia* dell'edificio (e quindi dalla *fase d'uso*):

- ⤴ GWP (Global Warming Potential)
- ⤴ ODP (Ozone Depletion Potential)
- ⤴ AP (Acidification Potential)
- ⤴ PE nrn (Energia primaria da fonte non rinnovabile)

Questi indicatori possono essere ridotti adottando delle misure:

- ⤴ minimizzando la domanda di energia
- ⤴ evitando l'uso di legno nei processi di combustione senza filtro
- ⤴ usando una fonte di energia rinnovabile
- ⤴ evitando l'elettricità per il riscaldamento degli ambienti.

Indicatori fortemente influenzati dalla *costruzione* dell'edificio:

- ⤴ POCP (Photochemical Ozone Creation Potential)
- ⤴ EP (Eutrophication Potential), ad eccezione della combustione del legno
- ⤴ PE rn (Energia primaria da fonte rinnovabile).

Questi indicatori possono essere ridotti adottando le misure:

- ⤴ scegliendo rivestimenti interni e pitture a basso contenuto di VOC
- ⤴ evitando la combustione del legno senza filtro.

Si consideri d'altro canto che è quasi impossibile che un edificio raggiunga un'ottima prestazione per ogni indicatore.

### 2.3.6.4 Economia delle costruzioni e costi d'uso

#### 2.3.6.4.1 Ambiti e scopi delle valutazioni economiche

La scelta dei metodi impiegati nell'estimo delle costruzioni dipende dallo scopo della valutazione. E impiegando uno stesso metodo di valutazione, i risultati sono dipendenti dall'*asset* così come costruito, dai *parametri* e dai *dati* di input che vengono inseriti. Il *punto di vista* e l'accuratezza dei dati sono pertanto i due drivers più importanti di un processo di valutazione. (Möller D.A., 2007)  
Nel seguente grafico (Fig. 2.228) è chiaramente visualizzato come i risultati delle valutazioni di

fattibilità preventive di un investimento / progetto sono dipendenti dall'ambito nel quale ci si pone e dai dati in ingresso.

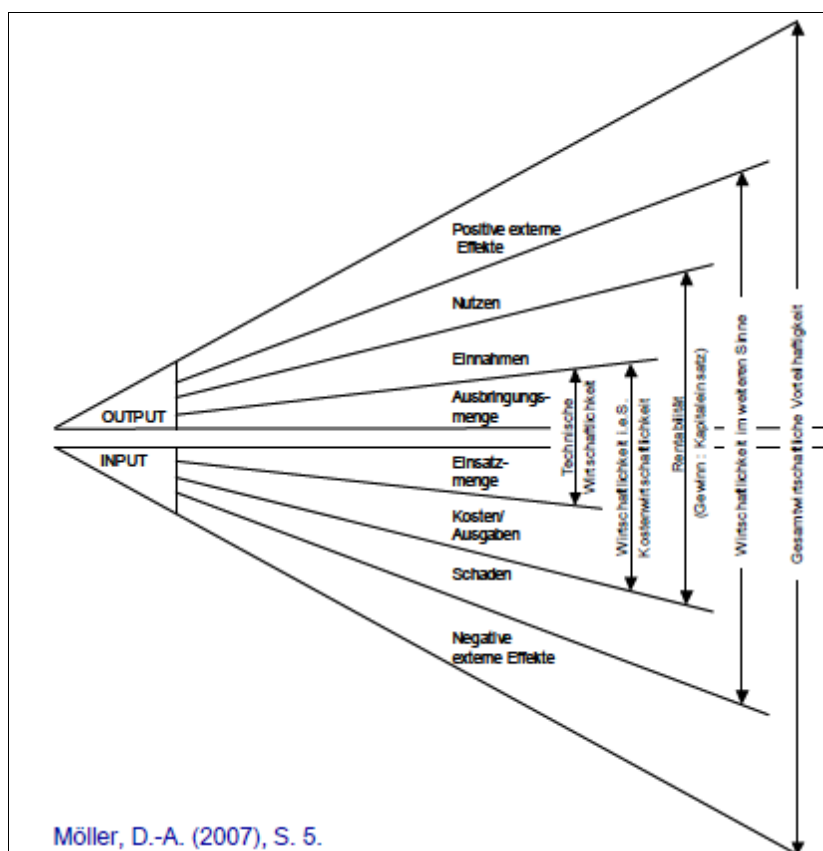


Fig. 2.228 - Relazione tra i risultati delle valutazioni di fattibilità preventive di un investimento / progetto, l'ambito nel quale (dal più tecnico al più generale) ci si pone e dai dati in ingresso (uso, esternalità positive o negative, ecc) (Möller D.A., 2007)

Anche la tabella (Tab. 2.5) sottostante visualizza i contenuti del grafico, mettendo in evidenza le diverse scale dei metodi di stima.

Tab. 2.5 - Relazione tra scopo della stima e tipi di informazioni in input e output

<b>Relazione tra Scopo della stima e tipi di informazioni</b>		<b>SCOPO DELLA STIMA</b>				
				Redditività economica complessiva		
		Complesso dell'attività economica				
		Capitalizzazione (rientro del capitale)				
		Valutazione della redditività				
		Valutazione tecnica				
DATI	INPUT	Quantità in ingresso				
	OUTPUT	Quantità in uscita	Reddito		Svantaggi	Esternalità positive

Come si può notare, nel complesso dell'attività economica derivante da un investimento immobiliare, l'uso riveste una voce importante. E' pure noto dalla letteratura che i costi associati alla fase d'uso costituiscono una voce prioritaria in tutti quelli del processo edilizio, ovvero nel ciclo di vita dell'edificio (Daniotti B., 2012) e tendono ad aumentare nel tempo (Fig. 2.229).

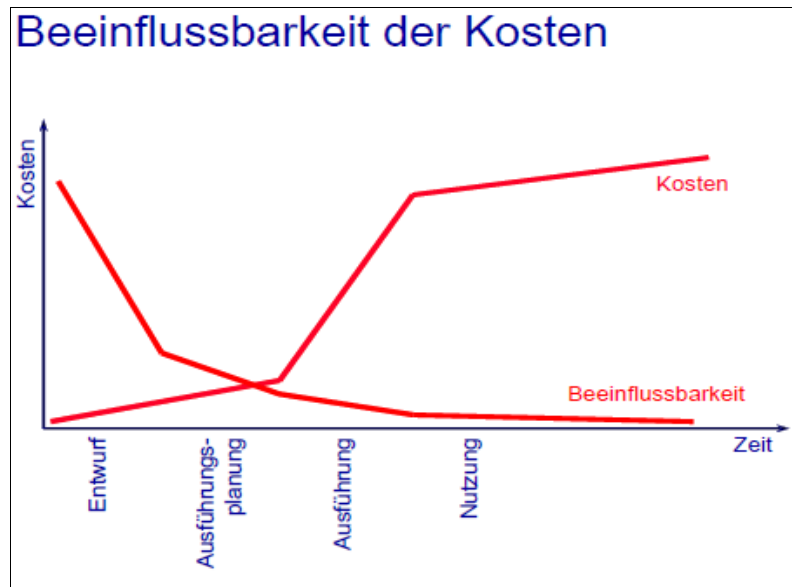


Fig. 2.229 - Tendenz dei costi dell'edificio nel tempo, dalla progettazione ai costi d'uso. Il grafico superiore si riferisce ai costi reali (crescenti), quello inferiore a quelli comunemente percepiti (decrescenti) (Stoy C., 2012)

Ad essi sono associati a loro volta grandezze / indicatori, che sono sotto esemplificate (Fig. 2.230).

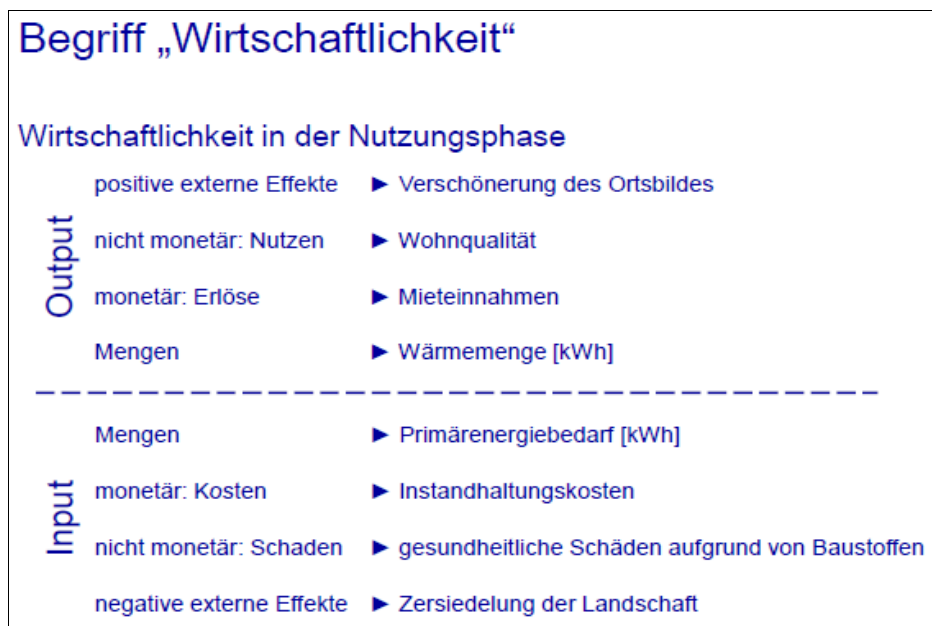


Fig. 2.230 - Indicatori di input e di output dei costi in fase d'uso (Stoy C., 2012)

La valutazione economica della fase d'uso, come illustrato, è caratterizzata dai seguenti dati di input e output, quantitativi, monetari e qualitativi, nonché esternalità:

### Input

- ▲ quantitativi: fabbisogno energetico (KWh)
- ▲ monetari: costi di manutenzione
- ▲ non monetari: effetti nocivi alla salute dovuti ai materiali da costruzione
- ▲ esternalità negative: effetto sprawl nel territorio

### Output

- ▲ quantitativi: riscaldamento (KWh)
- ▲ monetari: reddito da locazione
- ▲ non monetari: qualità dell'abitare
- ▲ esternalità positive: abbellimento del paesaggio.

La figura (Fig. 2.231) che segue visualizza il quadro costi-ricavi di un investimento: in negativo vi sono i costi dell'investimento iniziale e quelli del ciclo di vita (Daniotti B., 2012) ripartiti negli anni; in positivo i ricavi dell'investimento.

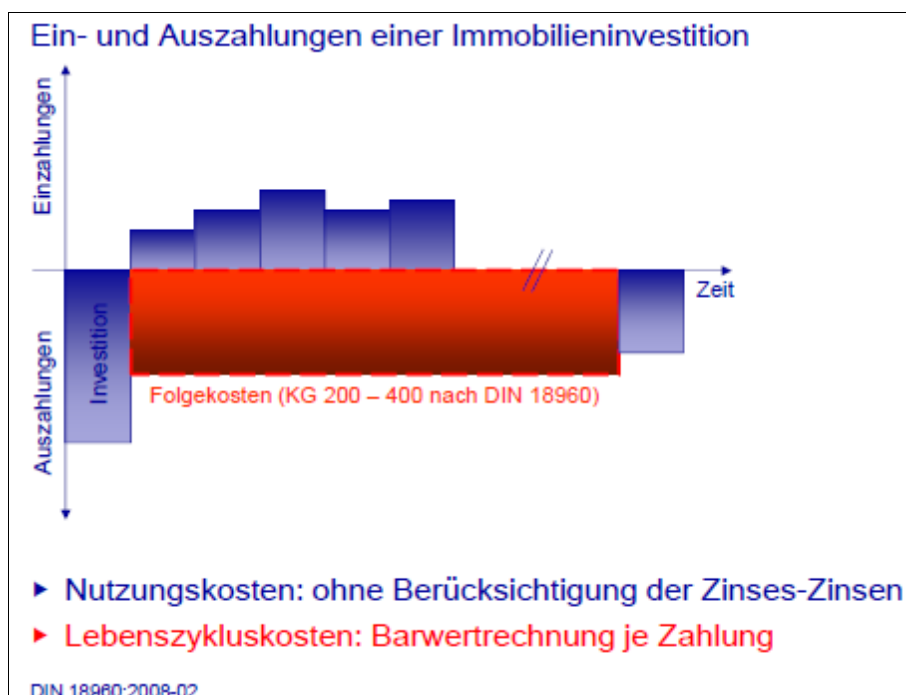


Fig. 2.231 - Costi (negativi) e ricavi (positivi) di un investimento. In rosso, i costi operativi, normalizzati per la fase d'uso (Stoy C., 2012)

La differenza contribuisce al calcolo del tasso di rendimento dell'investimento (Fig. 2.232).

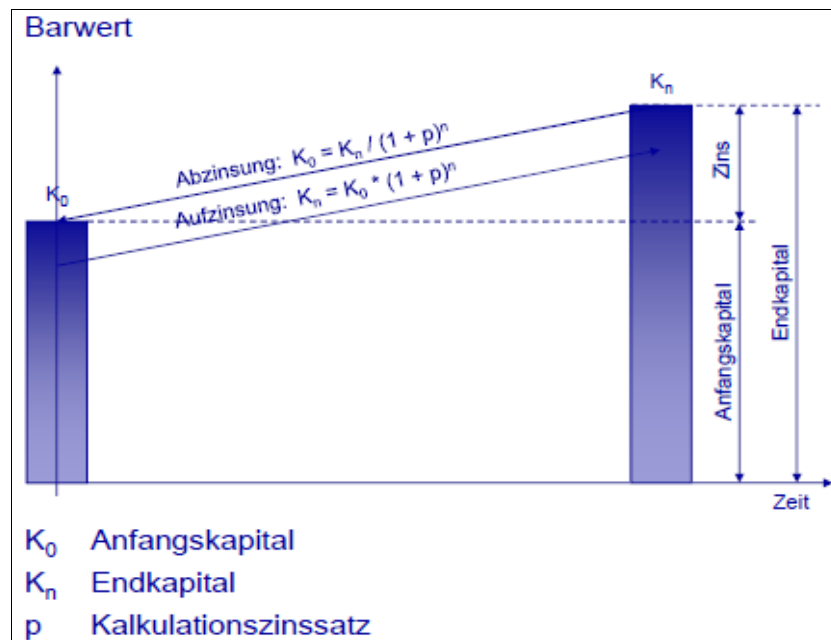


Fig. 2.232 - La differenza tra capitale finale e capitale iniziale permette di calcolare il tasso di rendimento dell'investimento (Stoy C., 2012)

#### 2.3.6.4.2 Attori della fase d'uso

Il caso tipico della composizione del set degli attori coinvolti dalla fase d'uso di un immobile è quello in cui i soggetti sono 3: il proprietario, l'utente e il gestore / manutentore (Fig. 2.233).

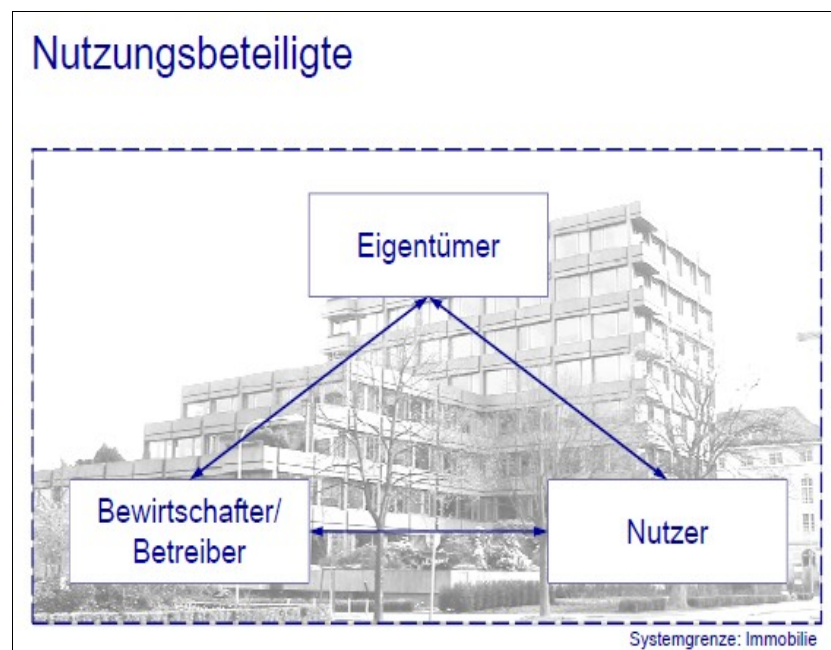


Fig. 2.233 - Set degli attori coinvolti nella fase d'uso di un immobile (proprietario, gestore / manutentore e utente) (Stoy C., 2012)



Modelli più complessi rappresentano casi in cui i soggetti sono in numero maggiore e sono legati da rapporti economici, ad es. quando vi è un locatario e un locatore.

### 2.3.6.4.3 Il controllo dei costi

L'ottimizzazione dei costi in un processo come quello edilizio richiede un'attività circolare (DIN 276: 2006) di determinazione e monitoraggio (Fig. 2.234).

Quando non vi è coincidenza tra costi previsionali ed effettivi, il confronto materiale tra i primi e i secondi deve essere accompagnato da un'analisi critica tendente ad individuare le cause che hanno determinato l'aumento dei costi (Stoy C., 2012).

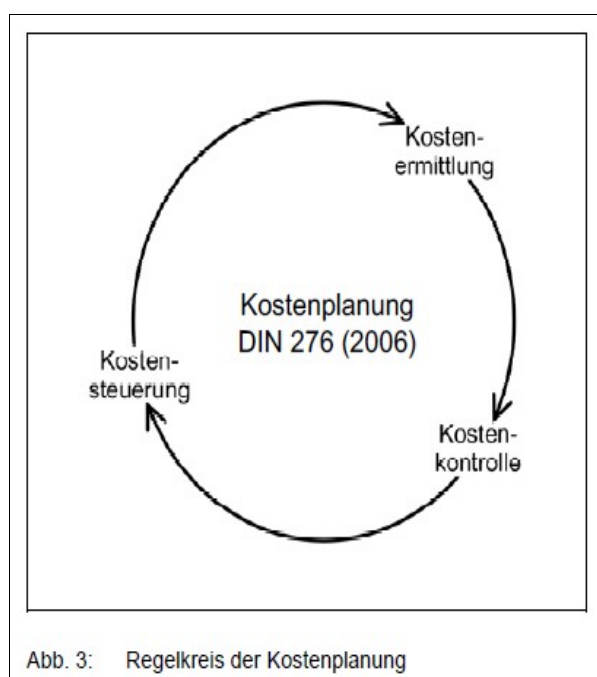


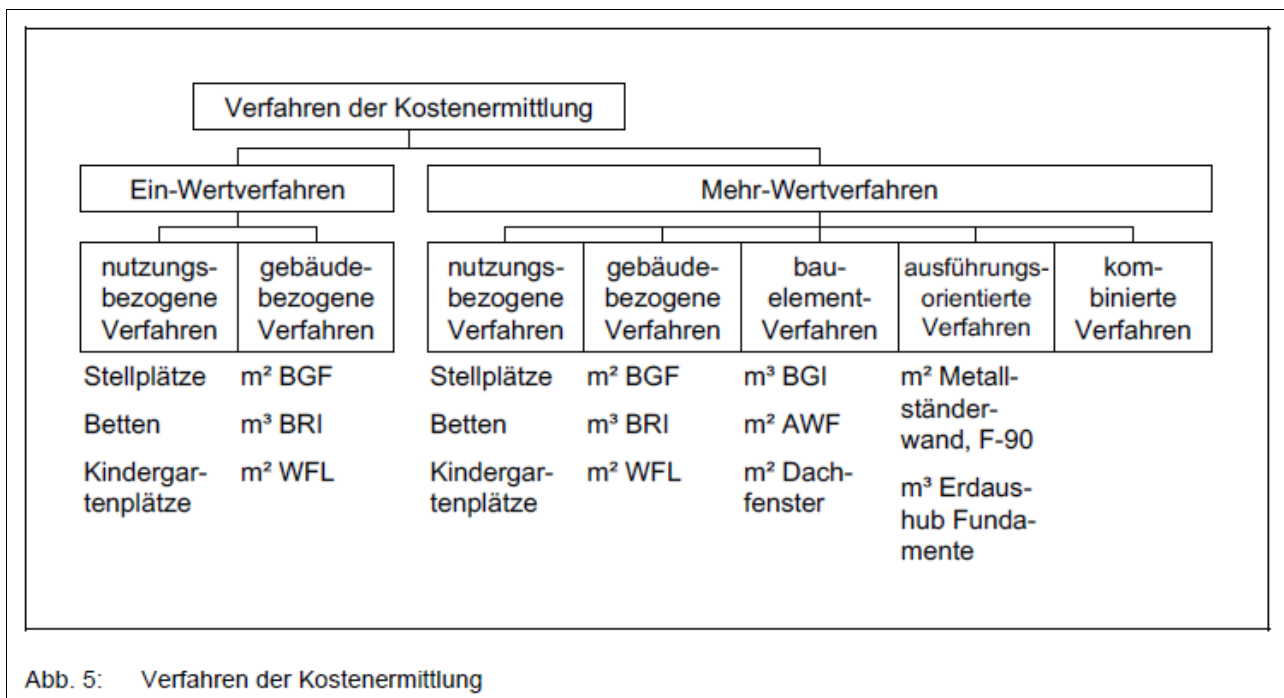
Fig. 2.234 - Processo circolare di pianificazione dei costi secondo la norma DIN 276 (2006), tra previsione, determinazione e controllo (Stoy C., 2012)

Ciò è da intendersi sia per i costi totali sia quelli parziali.

### 2.3.6.4.4 Gli indicatori di costo

Per poter controllare i costi occorre dotarsi di *indicatori*.

La figura (Fig. 2.235) che segue fornisce alcuni esempi di *unità di riferimento per gli indicatori di processo per la determinazione dei costi* negli edifici, tratti dalla Norma DIN 277.



1                      2                      3                      4                      5                      6

Fig. 2.235 - Unità funzionali di riferimento (6 esempi di combinazioni) per gli indicatori impiegati per la determinazione dei costi negli edifici, rispettivamente correlati all'uso (parcheggi, letti, posti in asili nido), alla superficie calpestabile, agli elementi e componenti tecnologici (es. m<sup>2</sup> di lucernari, m<sup>2</sup> di pareti prefabbricate, m<sup>3</sup> di fondazioni) (DIN 277) (Stoy C., 2012)

dove, in base alle Norme DIN 277 (2005):

BGF (Brutto-Gründungsfläche) è la superficie lorda coperta (m<sup>2</sup>) (Fig. 2.236)

BRI (Brutto-Rauminhalt) è il volume lordo (m<sup>3</sup>)

WFL (Wohnfläche nach der Verordnung über wohnungswirtschaftliche Berechnungen) è la superficie utile (m<sup>2</sup>)

BGI (Baugrubeninhalt) è il volume dell'elemento tecnico (m<sup>3</sup>)

AWF (Außenwandfläche) è la superficie esterna (m<sup>2</sup>)

DAF (Dachfläche) è la superficie di copertura (m<sup>2</sup>).

<p><b>3.1</b> <b>Brutto-Grundfläche (BGF)</b> Summe der Grundflächen aller Grundrissebenen eines Bauwerks mit Nutzungen nach DIN 277-2:2005-02, Tabelle 1, Nr 1 bis Nr 9, und deren konstruktive Umschließungen</p> <p>Nicht zur Brutto-Grundfläche gehören Flächen, die ausschließlich der Wartung, Inspektion und Instandsetzung von Baukonstruktionen und technischen Anlagen dienen, z. B. nicht nutzbare Dachflächen, fest installierte Dachleitern und -stege, Wartungsstege in abgehängten Decken.</p> <p>Die Brutto-Grundfläche gliedert sich in Netto-Grundfläche und Konstruktions-Grundfläche.</p> <p><b>3.1.1</b> <b>Netto-Grundfläche (NGF)</b> Die Netto-Grundfläche gliedert sich in Nutzfläche, Technische Funktionsfläche und Verkehrsfläche mit Nutzungen nach DIN 277-2:2005-02, Tabelle 1, Nr 1 bis Nr 9.</p> <p>Sie schließt die Grundflächen ein von:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>— freiliegenden Installationen,</li><li>— fest eingebauten Gegenständen, wie z. B. von Öfen, Heiz- und Klimageräten, Bade- oder Duschwannen,</li><li>— nicht raumhohen Vormauerungen und Bekleidungen,</li><li>— Einbaumöbeln,</li></ul>
--

Fig. 2.236 - Definizione di BGF (superficie lorda, che comprende non solo quella utile, ma anche quella di tutti gli spazi interni e locali annessi come quelli impiantistici) e NGF (superficie netta, esclusivamente limitata a quella calpestabile utile) (DIN 277-1:2005)

Le unità di riferimento per uno stesso tipo di edificio vanno scelte di volta in volta a seconda dello scopo della misurazione economica.

Così, la prima e la terza colonna (posto letto d'ospedale o bambino di asilo per una scuola materna, o impiegato di un ufficio) sono adatte per una prima determinazione dei costi, mentre non lo sono per gli edifici esistenti.

La seconda e la quarta ( $m^2$  e  $m^3$ ) sono adatte alla fase di progettazione, ma non a quella di esecuzione.

La quinta è adatta alla fase di progettazione, a quella di esecuzione ed anche agli edifici esistenti.

Anche la sesta, in cui sono indicate unità combinate.

E' ovvio che per ogni determinazione dei costi a unità di riferimento diverse corrispondono costi diversi (Stoy C., 2012). La figura successiva (Fig. 2.237) esemplifica il concetto.



Fig. 2.237 - Unità di misura di riferimento per la determinazione dei costi a seconda della tipologia di immobile (Stoy C., 2012)

### 2.3.6.4.5 Incidenza della fase d'uso nei costi di un edificio

Come già accennato, all'interno del ciclo di vita (Daniotti B., 2012) di un edificio (Fig. 2.238) la fase d'uso ricopre una parte strategica, non solo per la durata, ma per la quantità e qualità di funzioni ed attività contenute e conseguenti (Fig. 2.239), cui vengono a corrispondere costi altrettanto importanti (Fig. 2.241) (Schalcher H.R., 2008).

Nella figura sottostante (Fig. 2.238) la fase d'uso è quella indicata con il grigio medio, inizia con la fine della fase di "creazione", che comprende progettazione e costruzione, e termina con la demolizione. La segue la fase di "liquidazione", che completa il ciclo di vita, in analogia al caso di analisi del valore di una macchina tramite metodo dei flussi di cassa (Fig. 2.240) (Schalcher H.R., 2008).

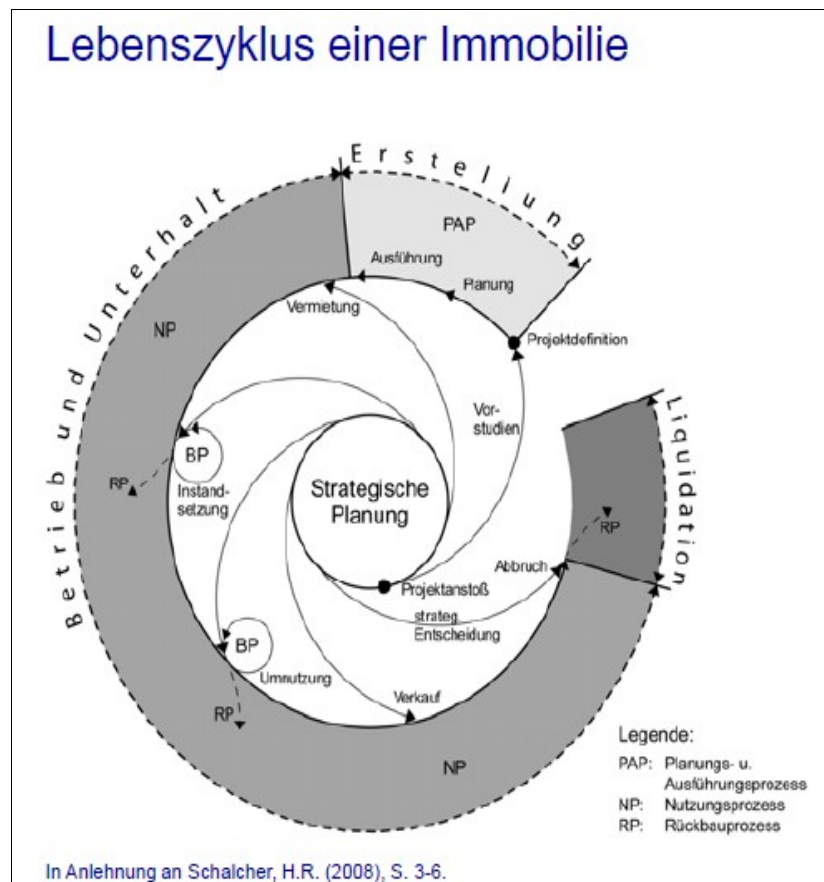


Fig. 2.238 - Ciclo di vita di un immobile (fase di “creazione” comprendente progettazione e costruzione, fase d'uso, demolizione e “liquidazione”) (Schalcher H.R., 2008)

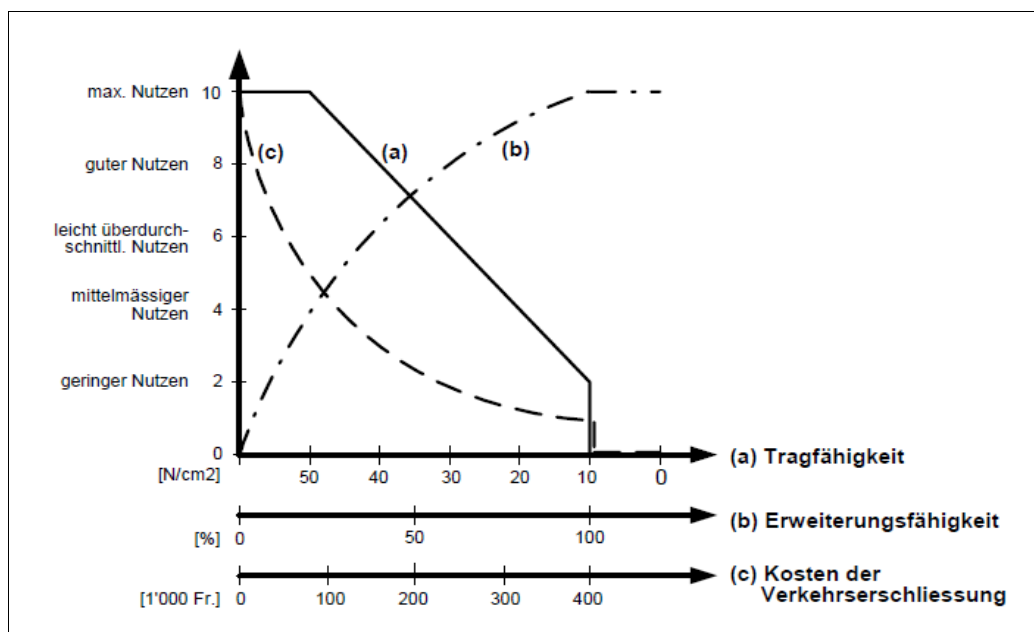


Fig. 2.239 - Andamento dei costi derivanti dalle funzioni associate alla fase d'uso, tra attività contenute nell'immobile e conseguenti (aumento del traffico locale ad es.) (Schalcher H.R., 2008)

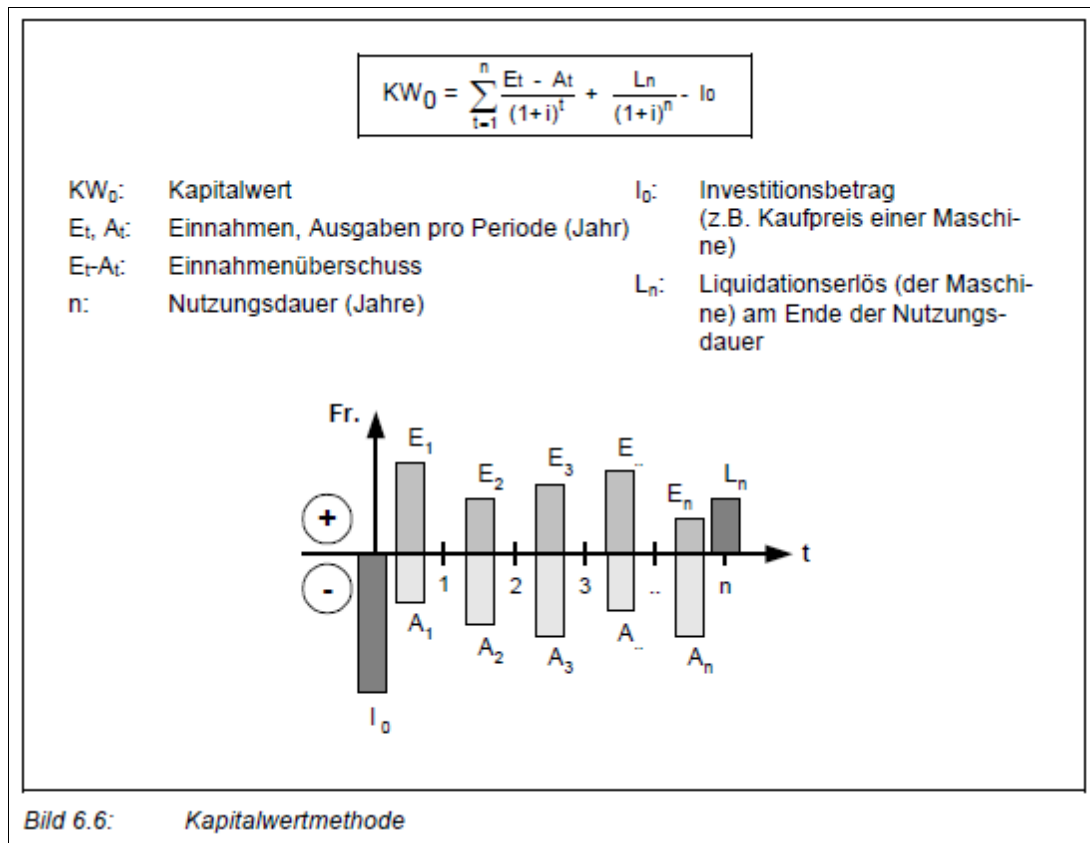


Fig. 2.240 - DCF (Discounted Cash Flow) Method applicato al ciclo di vita di una macchina, ed in analogia applicabile ad un immobile. La parte centrale del grafico riguarda la fase d'uso. La prima colonna rappresenta il capitale investito, mentre l'ultima il valore della liquidazione a fine vita (Schalcher H.R., 2008)

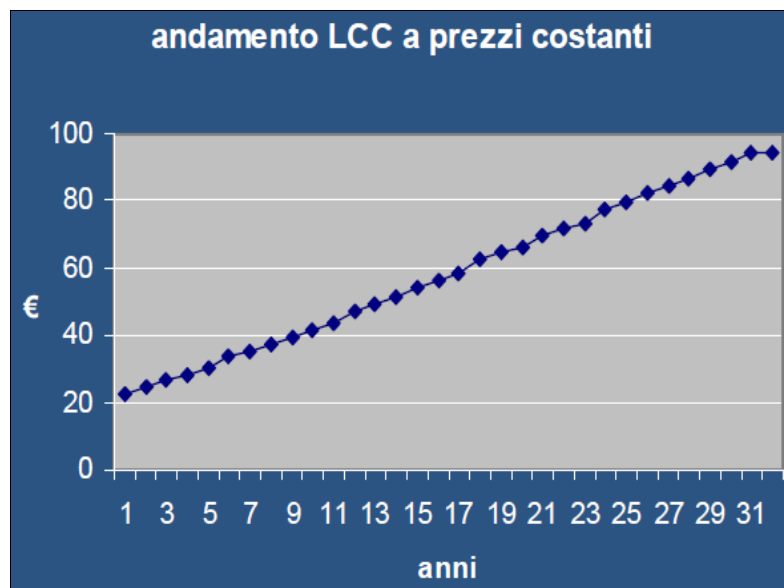


Fig. 2.241 - Incidenza dei costi d'uso nel ciclo di vita di un edificio (Ciccarelli G.)

### 2.3.6.5 Costi associati alla fase d'uso

#### 2.3.6.5.1 L'importanza dei costi operativi nel ciclo di vita

Nella figura seguente (Fig. 2.242) viene schematizzata la rilevanza delle varie fasi del ciclo di vita degli edifici nei sistemi di certificazione, successivamente (Fig. 2.243) è riportata l'incidenza percentuale. *La fase d'uso è particolarmente significativa per gli edifici esistenti.* E ciò è particolarmente evidente quando si calcolano i costi associati mediante una tipica analisi LCC.

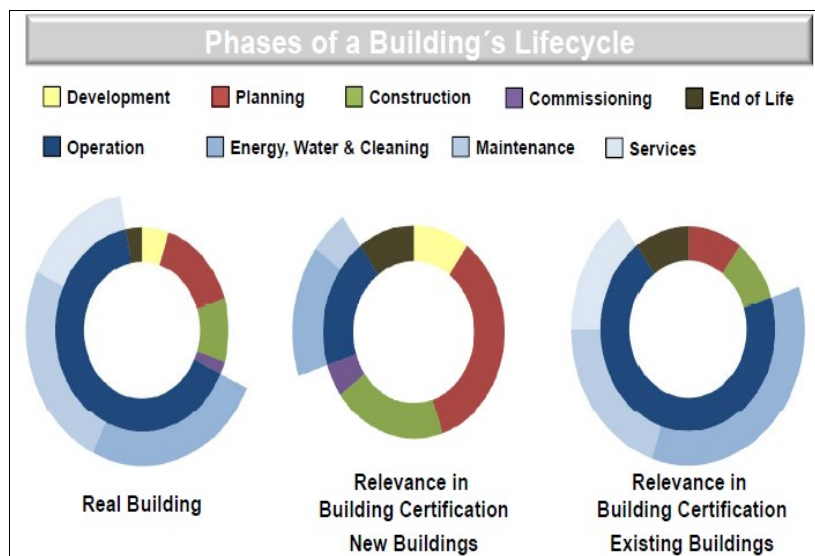


Fig. 2.242 - Rilevanza delle fasi del ciclo di vita degli edifici nei sistemi di certificazione (Lennerts K., 2012)

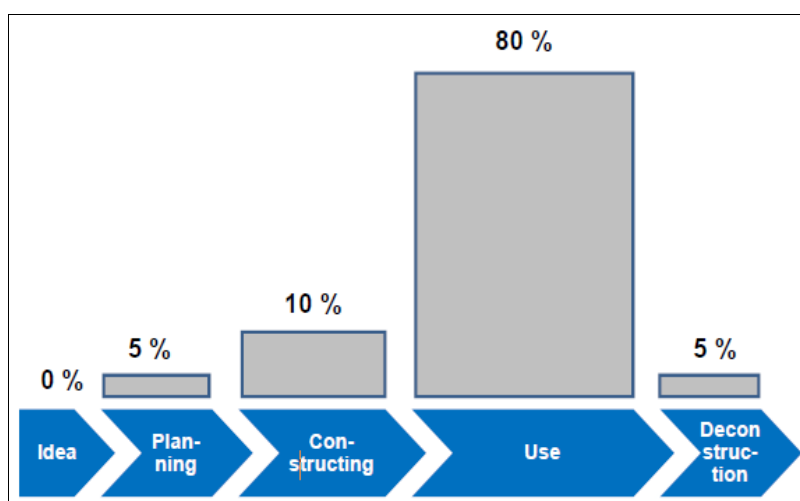


Fig. 2.243 - Incidenza percentuale delle fasi del ciclo di vita degli edifici nei sistemi di certificazione (Lennerts K., 2012)

Anche l'indagine sui circa 200 stakeholders di diversi paesi europei del processo edilizio, svolta nell'ambito del progetto europeo SuPerBuildings (Settimo Programma Quadro), ha fatto emergere la

consapevolezza dell'incidenza dei costi operativi nel ciclo di vita degli edifici e dei vantaggi offerti dagli edifici progettati e costruiti con attenzione agli aspetti della sostenibilità. Di seguito (Fig. 2.244, Fig. 2.245, Fig. 2.246) i risultati delle elaborazioni (SuPerBuildings D 3.1 - Literature and interview survey about stakeholders' needs and requirements for SB assessment and benchmarking methods) dei dati acquisiti.

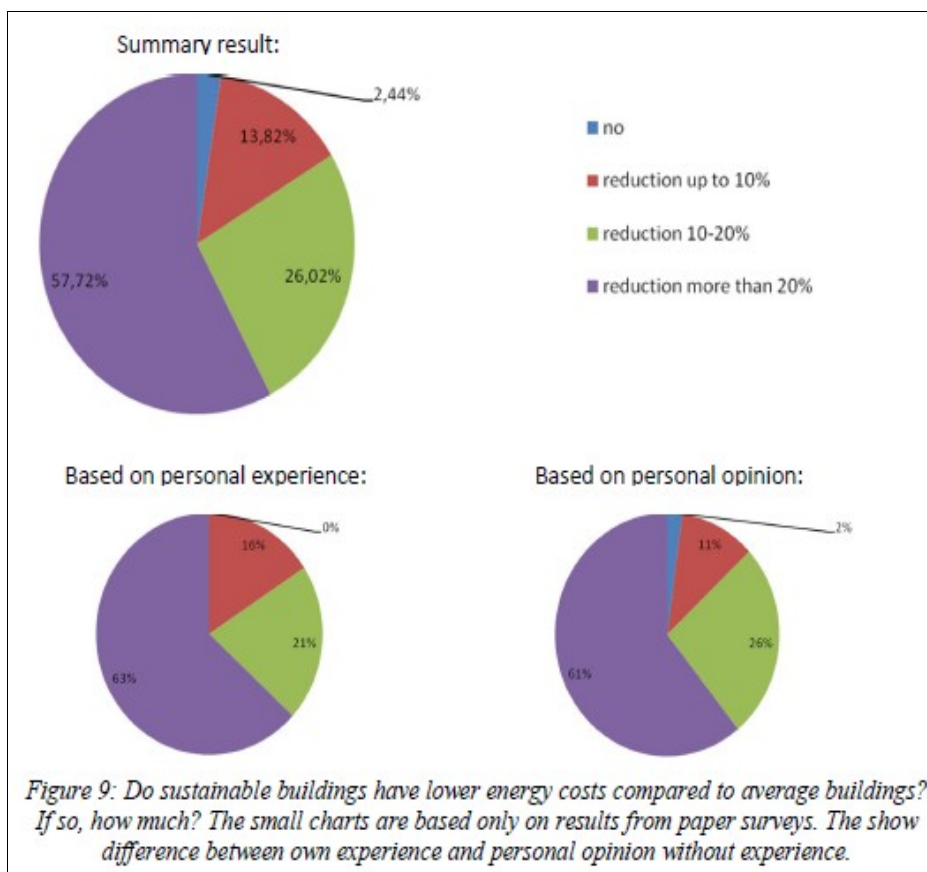


Fig. 2.244 - Risultati del sondaggio presso 200 stakeholders sui costi energetici degli edifici sostenibili confrontati con quelli convenzionali (SuPerBuildings)



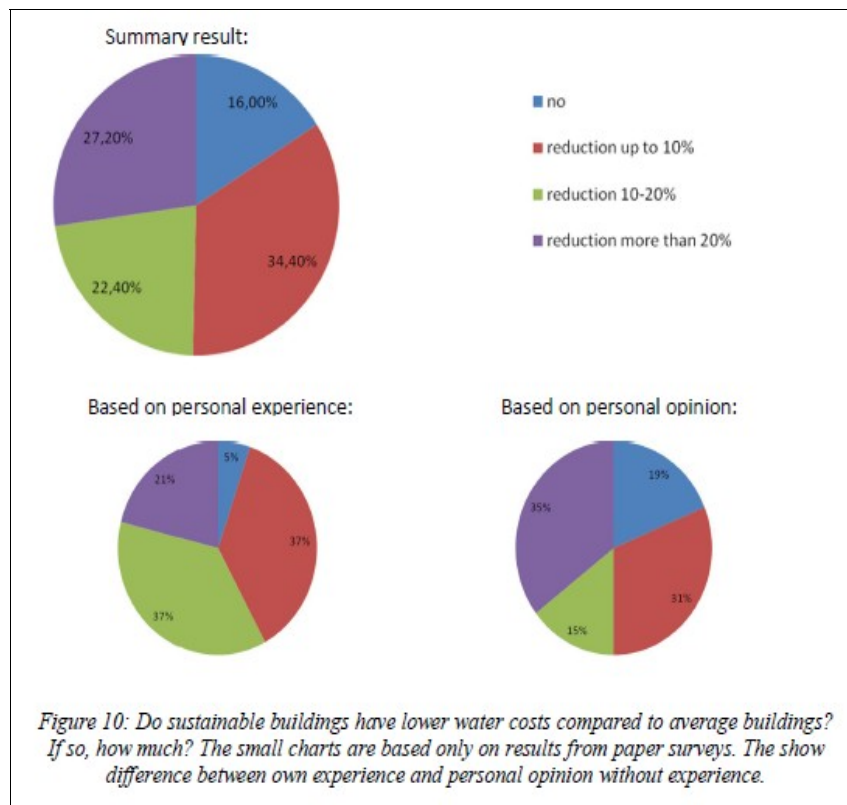


Fig. 2.245 - Risultati del sondaggio presso 200 stakeholders sui costi idrici degli edifici sostenibili confrontati con quelli convenzionali (SuPerBuildings)

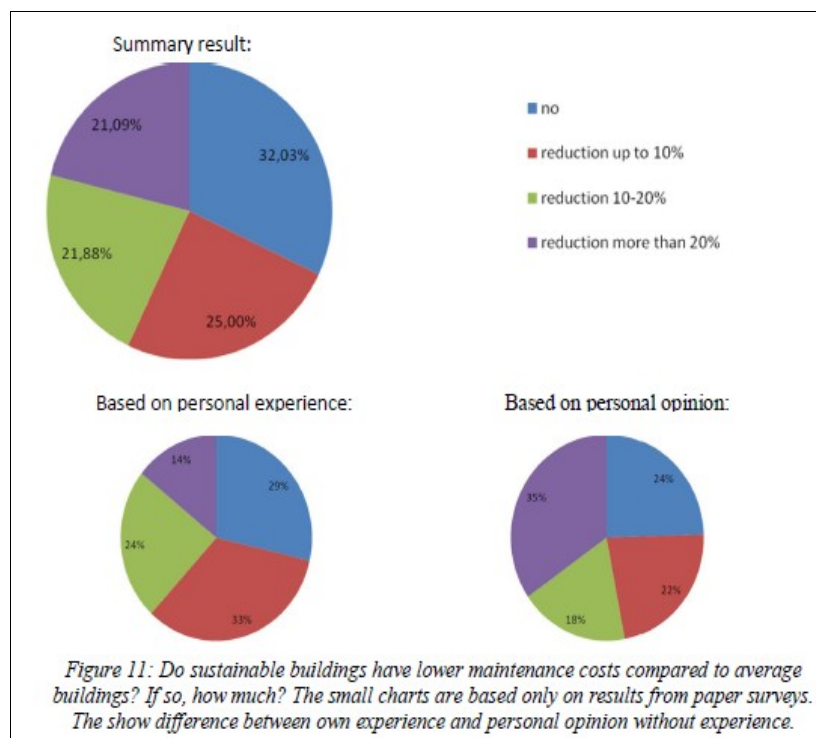


Fig. 2.246 - Risultati del sondaggio presso 200 stakeholders sui costi di manutenzione degli edifici sostenibili confrontati con quelli convenzionali (SuPerBuildings)

E' anche vero, però, che tra le prerogative degli edifici sostenibili è anche quella dell'abbattimento dei costi nel tempo, rispetto agli edifici convenzionali (Fig. 2.247). I maggiori costi iniziali vengono infatti ammortizzati negli anni e nei restanti anni di vita dell'edificio si hanno solo guadagni.

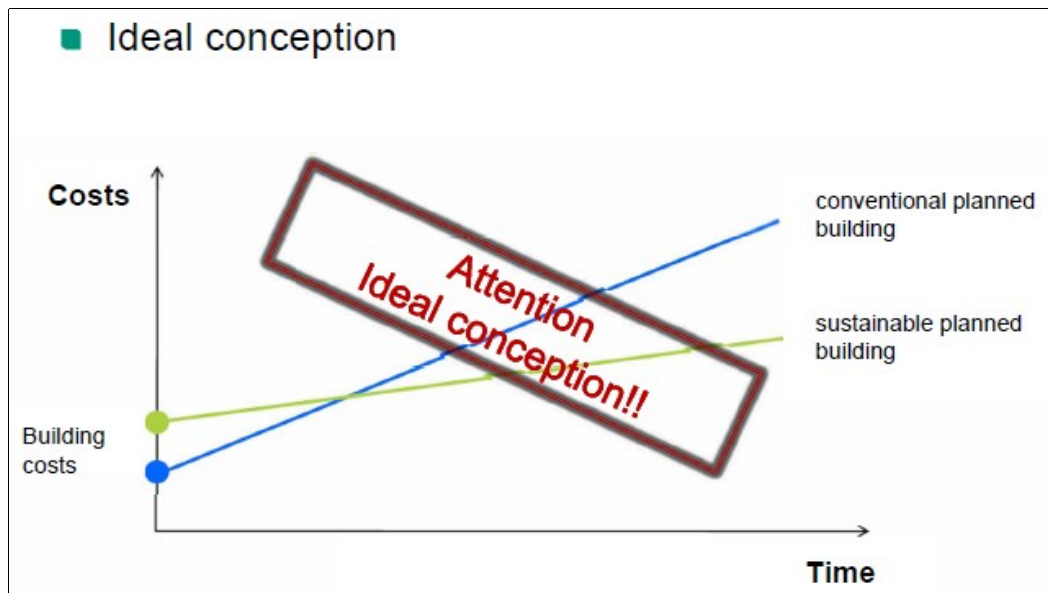


Fig. 2.247 - Differenza teorica di andamento dei costi negli edifici sostenibili e convenzionali (Lennerts K., 2012)

Non è invece vero che maggiori costi comportano di per sé minori costi di manutenzione o associati in generale alla fase d'uso, senza una adeguata qualità tecnica (Lennerts K., 2012), come dimostrano anche i risultati di alcune recenti ricerche (Fig. 2.248, Fig. 2.249, Fig. 2.250)

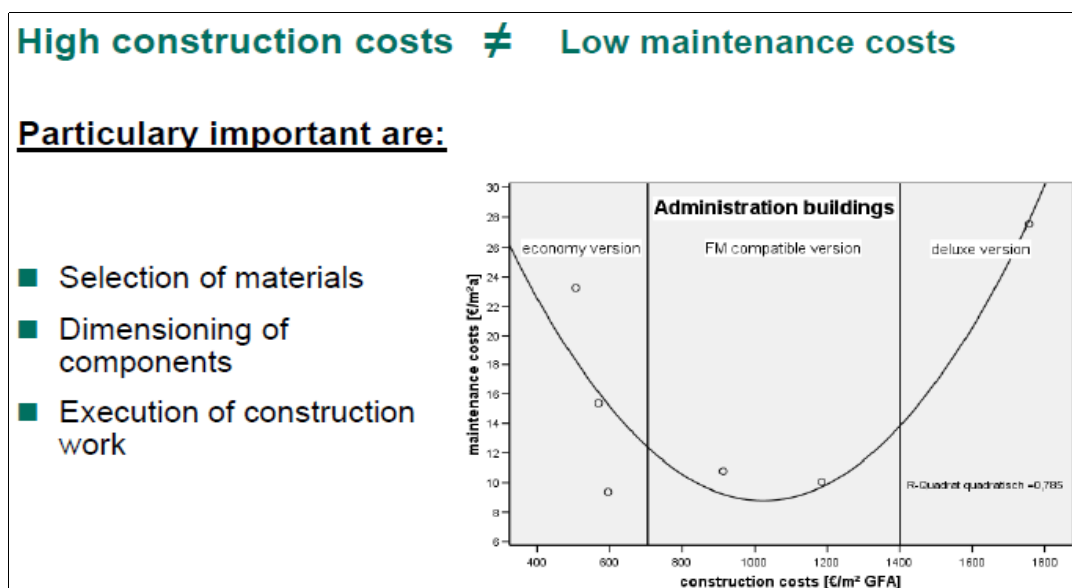


Fig. 2.248 - Relazione tra costi di costruzione e di manutenzione (Lennerts K., 2012)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

**Table 1**  
Factors affecting the electric-energy consumption of educational facilities.

Variables	Attributes	Detailed classification	Type of scale	
Independent variable	Location	Region	Seoul, Daejeon, Busan, Gwangju, Daegu, Ulsan, Incheon	Nominal
	Building	Founder type	Public school, Private school	Nominal
		Structure type	Reinforced concrete, Steel reinforced concrete	Nominal
		4 Classes of elapsed years	Class 1: 0-10 yr, Class 2: 11-20 yr, Class 3: 21-30 yr, Class 4: more than 31 yr	Nominal
		Elapsed years	() year	Ratio
		Building area	() m <sup>2</sup>	Ratio
		No. of stories	() story	Ratio
		Total floor area	() m <sup>2</sup>	Ratio
	User	No. of students	() person	Ratio
		No. of teachers	() person	Ratio
		Total No. of people	() person	Ratio
		No. of classes	() class	Ratio
No. of students per unit class		() person	Ratio	
Target variable		Energy	Electric-energy consumption	() kWh

Fig. 2.249 - Fattori che determinano il consumo energetico ed elettrico negli edifici per l'istruzione (Hong T. et al., 2012)

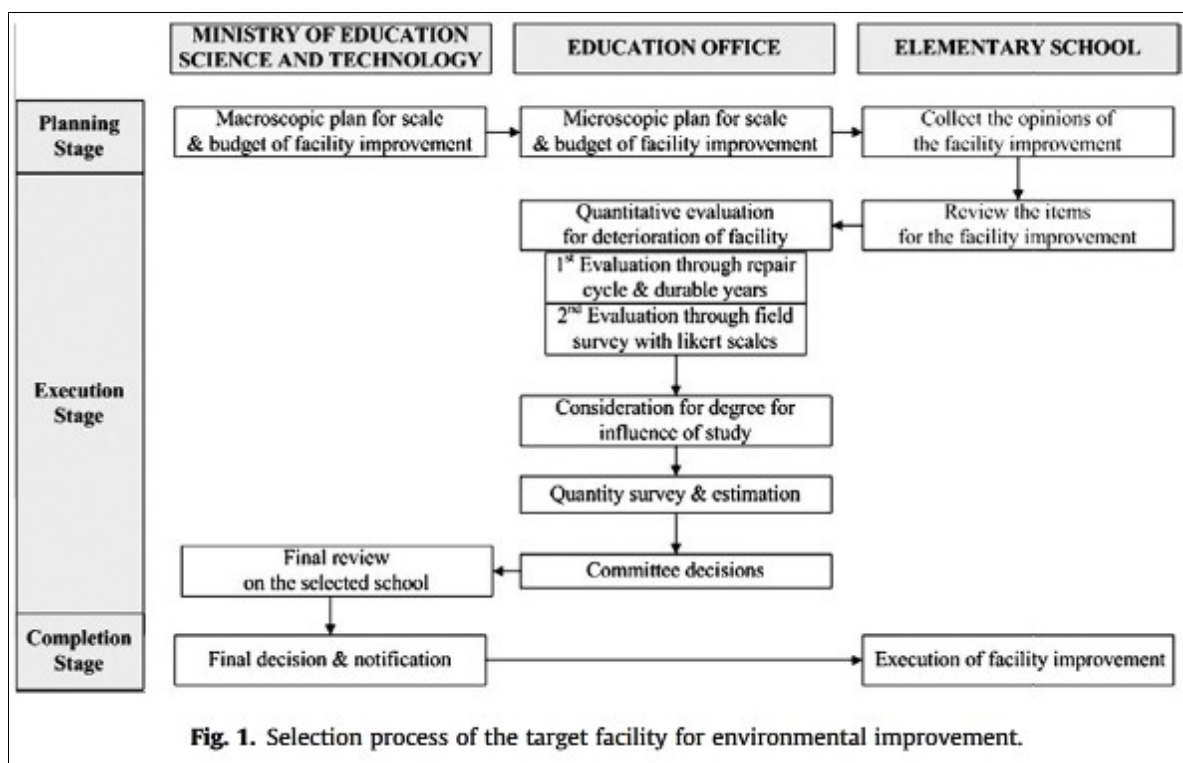


Fig. 1. Selection process of the target facility for environmental improvement.

Fig. 2.250 - Esempio di schema di processo per il miglioramento delle prestazioni ambientali negli edifici per l'istruzione (Hong T. et al., 2012)

Si consideri anche che la stessa Commissione Europea ha segnalato che, nell'ambito dei consumi energetici associati al settore residenziale (quindi derivanti prevalentemente dall'uso per riscaldamento), al di là dell'efficienza tecnica, in un'ottica di riduzione contano molto fattori più difficilmente controllabili tramite iniziative legislative-normative e tra questi è compreso il comportamento degli utenti. (Fig. 2.251)

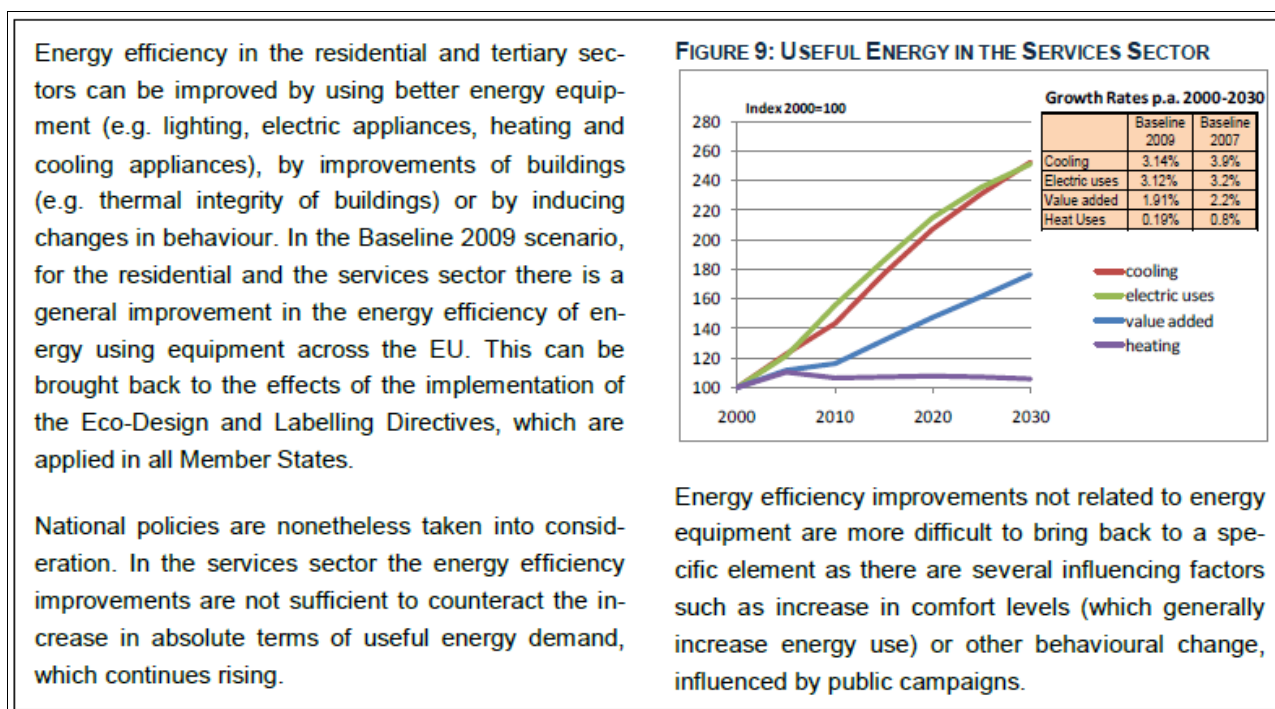


Fig. 2.251 - (Capros P. et al., 2010) Conclusioni di uno studio della Commissione Europea, Directorate-General for Energy in collaboration with Climate Action DG and Mobility and Transport DG, circa la rilevanza del comportamento degli utenti nelle azioni per il raggiungimento degli obiettivi di riduzione dei consumi energetici degli edifici al 2030

### 2.3.6.5.2 Studi e ricerche sui costi in fase d'uso

Le procedure di classificazione e di calcolo del costo totale della fase d'uso (il periodo d'osservazione) sono note, in paesi come la Germania, dove grazie all'esistenza della specifica norma DIN 18960:2008-02 è da anni possibile calcolare scientificamente il LCC, attraverso le voci di costo:

- ▲ i costi di gestione (KG 200)
- ▲ i costi operativi (KG 300)
- ▲ i costi di riparazione (KG 400).

La principale difficoltà è però relativa alla previsione dei costi operativi veri e propri, per i quali non esiste ad oggi una letteratura sufficientemente vasta né banche dati condivise o facilmente accessibili.

Negli ultimi anni sono perciò aumentati in Germania gli studi sui costi sostenuti dai proprietari / gestori degli edifici in fase d'uso, acclarata la strategicità del loro controllo non solo nella stessa fase, ma soprattutto con un approccio mirato nelle prime fasi decisionali del progetto.

Si tratta di studi molto onerosi soprattutto in termini di tempo necessario per raccogliere le grandi moli di dati soprattutto quando i soggetti che li detengono sono frammentati. La creazione di data base consente però di elaborare statistiche attraverso le quali individuare le criticità ma anche le potenzialità di risparmio economico, ma ancor più di *efficienza / efficientamento* bilanciando

opportunamente i parametri ecologici (es. energia consumata o impronta LCA associata) e quelli economici.

Per questo motivo, rispondendo alla domanda sempre più pressante in questa direzione da parte degli stakeholders interessati (progettisti, investitori, proprietari immobiliari, ecc), il BKI (Baukosteninformationszentrum <http://www.baukosten.de>), il Centro di Informazione sui Costi delle Camere tedesche degli Architetti, ha messo a disposizione per la prima volta nel 2010 una raccolta dei dati d'uso in base ai parametri di costo indicati dalla normativa tecnica, avvalendosi dello studio svolto dall'Istituto di Economia delle Costruzioni (Institut für Bauökonomie) dell'Università di Stoccarda.

Lo studio empirico ha riguardato oltre 100 edifici ubicati nella regione del Baden-Württemberg.

Ogni edificio rilevato è descritto sia dal punto di vista edilizio (tipologia, caratteristiche dimensionali), sia funzionale, così come si è indagato anche sul comportamento degli utenti.

Lo studio si rivela particolarmente utile come *base previsionale per chi voglia progettare in modo ottimizzato un nuovo edificio ma anche per confrontare in maniera trasparente gli edifici esistenti*, in riferimento alla superficie lorda e il volume lordo.

In base poi agli standard DIN 277-3:2005-04 e DIN 276-1:2008-12, i costi vengono parametrati rispetto alle quantità (sia dimensionali sia unità di utenti).

### **2.3.6.5.3 Metodo previsionale di stima dei consumi energetici per riscaldamento**

Lo studio recente (2012), svolto dal Prof. Christian Stoy e la sua assistente Dr. Elisabeth Beusker dell'Istituto di Bauökonomie della Facoltà di Architettura e Pianificazione dell'Università di Stoccarda, e il Dr. Spiro N. Pollalis dell'Università di Cambridge e pubblicato sulla rivista scientifica *Building and Environment*, ha come tema il consumo energetico per riscaldamento di 105 tra scuole, impianti sportivi e loro combinazioni (es. scuola con piscina) collocati nella regione di Stoccarda (Germania), di cui costituiscono il 54% degli edifici comunali, e la costruzione di un modello di valutazione standardizzata flessibile e trasferibile, ma flessibile per la pratica della gestione immobiliare.

Esso individua i parametri significativi per un benchmarking e la formulazione di previsioni attendibili sui consumi di energia effettivi.

Lo studio riflette tra l'altro il crescente interesse della ricerca sulle performance energetiche delle scuole, che spesso rappresentano una parte significativa dell'energia totale consumata negli edifici pubblici.

Il primo dato di partenza dello studio è che rispetto al 25% di energia totale annua consumata dal settore delle costruzioni nei paesi dell'UE, in Germania l'attuale parco immobiliare rappresenta una quota di ben il 30% del consumo finale di energia (di cui di più del 50% sono responsabili gli edifici residenziali e per servizi) e ciò è da attribuirsi in massima parte alla fase d'uso, essendo stato dimostrato che fino al 85% del consumo totale di energia è richiesto durante questa fase. Il 24% del totale dei costi operativi annuali per edifici di proprietà dello Stato in Baden-Württemberg è speso per il consumo energia termica.

Inoltre, sulla base di una valutazione del ciclo di vita (LCA), è stato anche rilevato che il consumo di gas in ambito residenziale contribuisce in modo significativo alle quattro principali categorie di indicatori di *impatto ambientale* (Abiotic depletion, Global warming, Ozone layer depletion and Human toxicity). Al riguardo uno studio olandese ha concluso che attraverso misure di contenimento dei consumi energetici in fase d'uso, si potrebbe

conseguire una riduzione del 13% sul totale degli impatti ambientali anche solo con una riduzione del 23% di consumo di gas nel corso del periodo di occupazione dell'edificio.

Mentre però sia la riduzione dell'impatto ambientale che il risparmio economico possono essere in linea di principio facilmente descritti, il trasferimento di tali informazioni nella comune pratica di gestione immobiliare attraverso uno standard condiviso ha dimostrato di essere piuttosto impegnativo, mancando ad oggi opportuni strumenti validati nella direzione della sostenibilità.

Tra le sue principali prestazioni, il modello realizzato consente:

- ▲ la stima del consumo di energia per il riscaldamento degli edifici nuovi ed esistenti basato su parametri critici
- ▲ la fissazione di valori di riferimento per i contratti del servizio energia
- ▲ il monitoraggio e l'analisi comparativa di un patrimonio edilizio in base a una classificazione di valori
- ▲ l'individuazione di valori anomali all'interno delle categorie scelte.

Quattro metodologie sono generalmente applicate per calcolare e valutare il rendimento energetico del riscaldamento degli edifici. Il primo metodo consiste in una valutazione della domanda potenziale di energia basata su ipotesi standard che sono descritte nelle norme nazionali o internazionali.

Il secondo calcola l'energia effettiva consumata sulla base di indicatori di consumo in funzione di fattori specifici (ad esempio dati climatici, tempi di funzionamento). La terza strategia si avvale di tecniche di simulazione in riferimento alle caratteristiche termo-fisiche degli edifici. Il quarto approccio comprende lo sviluppo di un modello semplificato per valutare basato sull'uso di certi parametri.

In diversi studi empirici aventi per oggetto sia scuole e impianti sportivi, sia edifici residenziali e per uffici viene sottolineata la grande necessità di individuare i parametri statisticamente validi fondati su dati affidabili, come supporto per i processi decisionali nella pratica della gestione immobiliare.

La ricerca in oggetto si basa su interviste con una vasta gamma di parti interessate (i proprietari degli immobili, architetti, gestori, ecc) e l'esame della letteratura secondaria.

Vengono individuati 3 gruppi di fattori (indicatori) critici: le caratteristiche della costruzione, il tipo d'uso e l'ubicazione. Di seguito (Fig. 2.252) è riportato l'elenco dettagliato.

Factor groups	Factors	Studies and standards
Building characteristics	Total building size and specific surface indicators	Corgnati et al. [7], Jenkins et al. [13], BMI [22], DETR [23], Jones Lang LaSalle [24], DETR [25], Hernandez et al. [27]
	Compactness	Dascalaki, Sermpetzoglou [6], Conceicao, Lucio [15], BMI [22], Depecker et al. [26]
	Thermal mass	Jenkins et al. [13], Becker et al. [14], Conceicao, Lucio [15], DETR [25], Hernandez et al. [27], Ages [28], SIA 308/1:2009 [29], Magnier, Haghghat [34]
	Standard of thermal insulation	Dascalaki, Sermpetzoglou [6], Becker et al. [14], DETR [23], Balaras et al. [30], Hasan et al. [31], Department of Asset and Construction of Baden-Württemberg [32], Filippin [35]
	Standard, condition and percentage of external glass surfaces	Dascalaki, Sermpetzoglou [6], Jenkins et al. [13], Becker et al. [14], Conceicao, Lucio [15], Depecker et al. [26], Balaras et al. [30], Hasan et al. [31], Department of Asset and Construction of Baden-Württemberg [32], DIN EN 12831 [33], Filippin [35], Magnier, Haghghat [34]
Utilization	Type of energy source	Corgnati et al. [7], Jones Lang LaSalle [24], Ages [28]
	Standard and condition of technical installations	Hernandez et al. [27], Balaras et al. [30], Filippin [35]
Utilization	Type of utilization	BMI [22], DETR [23], Ages [28], VDI 3807-2 [36]
	Intensity of utilization	Dascalaki, Sermpetzoglou [6], Stoy et al. [12], Conceicao, Lucio [15], BMI [22], DETR [23], Hernandez et al. [27], Ages [28], Filippin [35]
Location	Urban location	Corgnati et al. [7], Jenkins et al. [13], Becker et al. [14], Conceicao, Lucio [15]

Fig. 2.252 - Fattori (indicatori) per la stima dei consumi energetici per riscaldamento presenti in standard e studi (Beusker. E., et al., 2012)

^ *Dimensioni totali dell'edificio e specifici indicatori di superficie*

Secondo la valutazione degli autori, *il costo per unità di superficie tende a diminuire al crescere delle dimensioni della costruzione.*

Le scuole più grandi tendono infatti ad essere a più alta efficienza energetica. La letteratura indica diverse categorie dimensionali di edifici pubblici. In particolare, quelli senza aria condizionata, tra 5000 e 10.000 mq, costano mediamente 3,13 Euro/mq/mese e circa il 4% in meno all'anno rispetto a quelli compresi tra 1000 e 5000 mq (dati del 2009, IVA inclusa).

^ *Compattezza*

La forma geometrica dell'edificio rappresenta un fattore rilevante del consumo di energia per riscaldamento, essendo documentata la maggiore efficienza degli edifici dal minore rapporto superficie / volume, soprattutto in caso di inverni rigidi.

Alcuni studi mettono in relazione anche il costo del riscaldamento con il numero di piani. La ricerca in oggetto evidenzia una correlazione quasi lineare tra la compattezza e il numero dei piani. (Fig. 2.253)

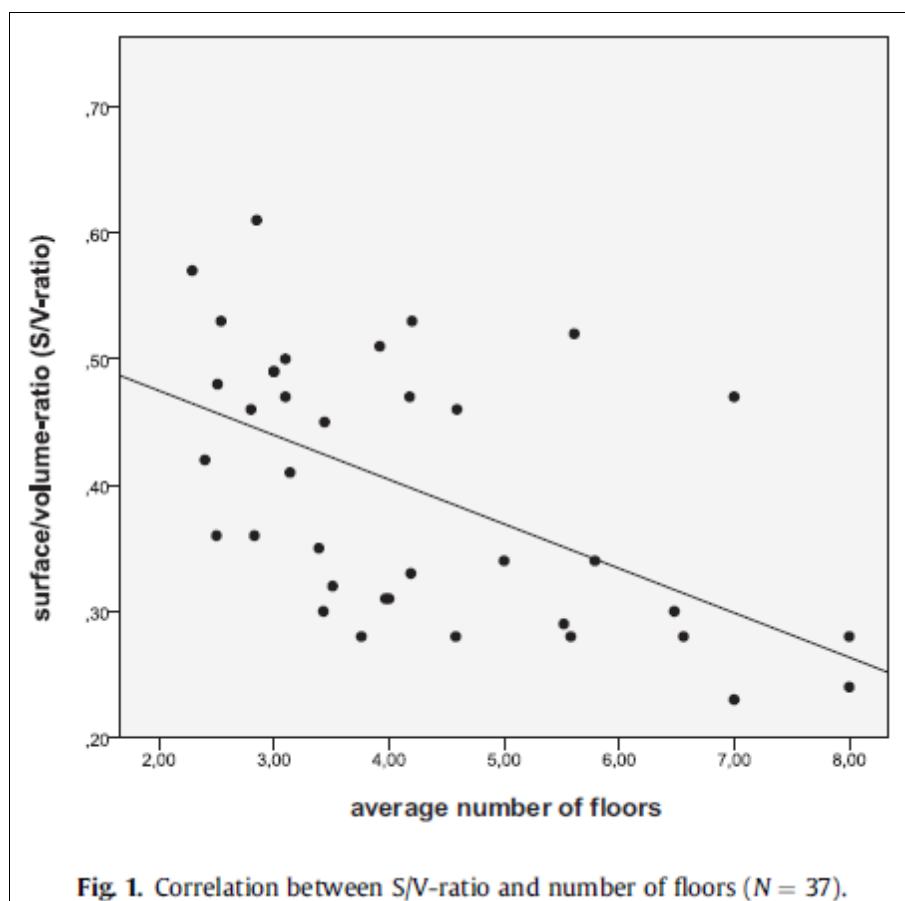


Fig. 2.253 - Correlazione tra compattezza e numero di piani (Beusker. E., et al., 2012)

▲ *Massa termica*

La capacità di accumulo termico di un edificio dipende dalla sua massa termica. Dalle analisi effettuate sul parco immobiliare esistente in Grecia circa il risparmio di energia termica, risulta che la misura più efficace è un miglioramento dell'isolamento delle pareti esterne che hanno un potenziale di risparmio del 49% rispetto al valore totale del consumo termico. Successivamente lo studio ha quantificato il potenziale di risparmio energetico per la sostituzione delle caldaie inefficienti tra il 17 e il 21%, per la tenuta delle aperture del 20%, per l'installazione di finestre a doppio vetro del 19%, per la regolare manutenzione degli impianti di riscaldamento centralizzati del 11% e per l'isolamento termico del tetto del 10%.

▲ *Standard di isolamento termico*

Uno studio successivo sul costo nel ciclo di vita costo (LCC) di una casa indipendente monofamiliare in Finlandia del potenziale di risparmio energetico derivante dall'abbassamento dei valori U sia per le superfici esterne e sia per le finestre ha dimostrato anche una significativa riduzione (tra il 23 e il 49%) del fabbisogno energetico per riscaldamento rispetto all'edificio di riferimento. Secondo il Dipartimento di Pianificazione e Costruzione del Baden-Württemberg il carico termico specifico di un edificio è in gran parte influenzato dal livello di isolamento, motivo per il quale gli edifici costruiti secondo le norme per l'isolamento termico del 1982 sono responsabili di quasi il doppio dell'energia termica consumata in confronto con gli edifici che sono stati costruiti in base alla legge nazionale del 2001 (EnEV 2001). Lo stesso dipartimento ha quantificato un aumento della massa termica di un edificio a partire dal 6% se la superficie finestrata con serramento a doppio vetro varia dal 40 al 60%.

▲ *Tipo di fonte energetica*

Ricerche relative all'uso di diverse fonti di energia per il soddisfacimento del fabbisogno energetico hanno dimostrato che il tipo di fonte energetica è da ritenersi una variabile qualitativa nel corso dell'analisi.

▲ *Standard e condizioni degli impianti tecnici*

Lo standard è rappresentato da due variabili dicotomiche: standard di building automation e standard di controllo del riscaldamento. Uno standard d'automazione facilita un controllo differenziato degli impianti di alimentazione del calore a singole zone, rispetto ad una regolazione del calore uniforme. Di conseguenza, un elevato standard di controllo del riscaldamento (giornaliero o con programmazione settimanale) consente una risposta più flessibile rispetto ad un programma annuale predefinito.

▲ *Caratteristiche dell'utilizzo (tipo e intensità)*

Il tipo e l'intensità di utilizzo di un edificio incidono sui consumi.

La ricerca svolta da E. Beusker dell'Università di Stoccarda sui costi in fase d'uso nelle scuole tedesche fornisce caratteristiche di consumo per gli specifici tipi di scuola. In questo confronto, le scuole primarie presentano il valore più alto, con una media di 140 kWh/mq anno.

Il valore minimo di riferimento è invece pari a 30 kWh/mq anno, corrispondente alle scuole professionali.



Per quanto riguarda gli impianti sportivi, invece, varia da tipologia a tipologia.

La percentuale sui costi totali di occupazione varia da circa il 17 - 19% per le scuole, al 28% per i centri sportivi, al 37% per centri sportivi con piscine e al 46% per le piscine. Quando presenti nelle scuole, le strutture sportive, soprattutto le piscine, comportano un aumento del 20% domanda di energia complessiva della scuola.

L'obiettivo dello studio citato è quello di presentare un modello flessibile che permetta stime diverse rispetto a più combinazioni di diversi tipi di utilizzo. Questo consente ai decisori del settore immobiliare di sviluppare parametri di riferimento compatibili con le esigenze individuali e di adeguare le stime al mutare delle condizioni, ma soprattutto di *confrontare scenari e fare previsioni affidabili dei consumi di un edificio in base alle sue caratteristiche (3 gruppi di fattori), alla posizione e all'utilizzo.*

Palestre e piscine sono due delle variabili indipendenti, così come altri usi (l'appartamento del custode, per esempio).

L'intensità di utilizzo descrive il consumo di energia per effetto delle ore di funzionamento dell'impianto di riscaldamento. Secondo questa analisi, le scuole con un tempo di funzionamento di circa 12 ore / giorno possono avere un aumento del 38% di consumo di gas rispetto a quelle scuole che operano per una media di 7,5 ore / giorno.

#### ▲ Posizione

Le condizioni climatiche e quindi la posizione geografica di un edificio in un ambiente urbano o rurale hanno una diretta influenza sulla domanda di energia per il riscaldamento.

In particolare, la posizione diventa un fattore rilevante per la progettazione di nuovi edifici ed è considerata come variabile qualitativa. (Fig. 2.254, Fig. 2.255, Fig. 2.256)

Factors	Levels	N	Data processing
Type of school	Elementary school	28	Property level
	Vocational school	9	Property level
	Other school types	68	Property level
Type of sport facility	With sport hall	85	Property level
	Without sport hall	20	Property level
	With swimming pool	8	Property level
	Without swimming pool	97	Property level
Additional utilization	With additional apartments	26	Property level
	Without additional utilization	79	Property level
Type of energy source	Gas	65	Property level
	District heating	40	Property level
Thermal mass	Light	8	Aggregated from building level
	Heavy	97	Aggregated from building level
Standard of building automation	Low standard	59	Aggregated from building level
	High standard	46	Aggregated from building level
Standard of heating control	Low standard	38	Aggregated from building level
	High standard	67	Aggregated from building level
Location	Innecity	19	Property level
	Suburban	70	Property level
	Rural	16	Property level

Fig. 2.254 - Elenco dei fattori qualitativi evidenziati nella ricerca: fattori misurati, a partire dal consumo di energia per riscaldamento e relativo costo (Beusker. E., et al., 2012)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

**Table 2**  
Descriptive statistics of quantitative factors included in the empirical analysis.

Factors	Minimum	Lower quartile	Median	Mean	Upper quartile	Maximum	Standard deviation	N	Data processing
Final heating energy consumption <sup>a</sup>	30.96	73.40	88.30	92.85	106.79	204.76	28.33	105	Property level
Final heating energy costs <sup>b</sup>	2.87	5.94	7.26	7.44	8.43	20.03	2.34	105	Property level
Heatable gross floor area (m <sup>2</sup> H-GROFA)	870.04	3406.97	5520.56	6874.17	7978.12	35,619.27	5217.11	105	Aggregated from room level
UFA-5/m <sup>2</sup> GROFA (%)	0.18	0.33	0.39	0.39	0.44	0.64	0.08	105	Aggregated from room level
Share of usable floor area/m <sup>2</sup> gross floor area (UFA/GROFA in %)	0.39	0.60	0.64	0.63	0.66	0.79	0.06	105	Aggregated from room level
Mean annual operating time (h)	412.00	1889.00	2159.00	2262.09	2669.00	4053.00	546.02	105	Weighted mean from building level
Average floor area (m <sup>2</sup> H-NEFA)	242.42	451.11	614.17	792.59	813.62	3267.92	570.16	105	Weighted mean from building level
Average number of floors	1.00	3.00	4.00	4.26	5.46	8.09	1.65	105	Weighted mean from building level
Share of glass surfaces of external walls and roofs/m <sup>2</sup> H-GROFA (%)	0.03	0.18	0.24	0.26	0.29	0.69	0.11	105	Aggregated from room level
Share of defective exterior glass surfaces <sup>c</sup>	0.00	0.00	0.08	0.24	0.32	1.00	0.33	105	Aggregated from building level
Share of single glazing/exterior glass surfaces (%)	0.00	0.00	0.00	0.06	0.01	0.90	0.16	105	Aggregated from building level
Share of double-glazing/exterior glass surface (%)	0.00	0.96	1.00	0.92	1.00	1.00	0.19	105	Aggregated from building level
Share of triple-glazing/exterior glass surfaces (%)	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.81	0.09	105	Aggregated from building level
Share of modernized insulation of external wall surfaces (%) <sup>d</sup>	0.00	0.00	0.00	0.14	0.20	1.00	0.22	105	Aggregated from building level
Share of inefficient condition of heat supply systems (%)	0.00	0.00	0.20	0.18	0.30	0.80	0.20	105	Aggregated from building level

<sup>a</sup> Measured in kWh/m<sup>2</sup> H-GROFA\*year.  
<sup>b</sup> Measured in Euro/m<sup>2</sup> H-GROFA\*year, costs based on 2010 figures, incl. VAT.  
<sup>c</sup> Measured in % of total exterior glass surfaces.  
<sup>d</sup> Measured in % of total external wall surfaces.

Fig. 2.255 - Risultati della ricerca: fattori misurati, a partire dal consumo di energia per riscaldamento e relativo costo (Beusker. E., et al., 2012)

**Table 5**  
Description of model<sub>1</sub> for estimating heating energy consumption (N = 105).

Factors	B	Standard error	Beta	T-value	Significance	Lower confidence limit	Upper confidence limit	Tolerance	VIF
Constant e	40.060	7.742		5.175	0.000	24.693	55.428		
X <sub>1</sub> Average number of floors (inverse)	60.530	14.158	0.294	4.275	0.000	32.427	88.634	0.878	1.139
X <sub>2</sub> Indoor swimming pool	33.536	6.934	0.316	4.836	0.000	19.772	47.300	0.978	1.022
X <sub>3</sub> Share of inefficient condition of heat supply systems (inverse)	-0.199	0.040	-0.328	-4.919	0.000	-0.279	-0.119	0.934	1.070
X <sub>4</sub> Average floor area (inverse)	10413.082	2508.092	0.284	4.152	0.000	5434.560	15391.605	0.891	1.122
X <sub>5</sub> Gas (energy source)	13.722	3.915	0.236	3.505	0.001	5.951	21.493	0.916	1.092
X <sub>6</sub> Additional apartments	14.912	4.347	0.228	3.430	0.001	6.284	23.541	0.941	1.063
X <sub>7</sub> Low thermal mass	19.087	7.238	0.180	2.637	0.010	4.720	33.453	0.898	1.113
X <sub>8</sub> Share of glass surfaces of external walls and roofs/m <sup>2</sup> H-GROFA	40.095	16.568	0.159	2.420	0.017	7.208	72.983	0.962	1.040

Dependent variable: Final heating energy consumption (kWh/m<sup>2</sup> heatable gross floor area and year), N = 105.

Fig. 2.256 - Variabili indipendenti (e dipendenti) del modello impiegato per la stima del consumo energetico per riscaldamento (Beusker. E., et al., 2012)

*Conclusioni*

Tra i maggiori risultati della ricerca, si pone il confronto tra i consumi associati a diversi scenari, cioè condizioni funzionali, architettoniche e tecnologiche. (Fig. 2.257)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

**Table 7**  
Heating energy consumption estimates for schools and sport facilities based on different scenarios for single factors and otherwise constant conditions (model,  $N = 105$ ).

Characteristics of schools and sport facilities	Level of scenario	Differences (%) in heating energy consumption/m <sup>2</sup> H-GROFA*year
Condition of heat supply systems	Properties with 25% inefficient condition in comparison with properties with 5% inefficient condition	+9% heating energy consumption
	Properties with 75% inefficient condition in comparison with properties with 5% inefficient condition	+10% heating energy consumption
Indoor swimming pool	Properties with indoor swimming pool in comparison with properties without indoor swimming pool	+84% heating energy consumption
Compactness	Single-storey pavilion with a floor area of 300 m <sup>2</sup> in comparison with a four-storey school building with an average floor area of 800 m <sup>2</sup>	+98% heating energy consumption
Type of energy source	Properties supplied by gas in comparison to district heating supply	+34% heating energy consumption
Additional utilizations	Properties with additional apartments in comparison with properties without additional utilizations	+37% heating energy consumption
Thermal mass	Properties with low thermal mass in comparison with properties with high thermal mass	+48% heating energy consumption
Share of glass surfaces of external walls and roofs	Properties with 0.5 m <sup>2</sup> exterior glass surfaces/m <sup>2</sup> H-GROFA in comparison with properties with 0.25 m <sup>2</sup> exterior glass surfaces/m <sup>2</sup> H-GROFA	+20% heating energy consumption
	Properties with 0.75 m <sup>2</sup> exterior glass surfaces/m <sup>2</sup> H-GROFA in comparison with properties with 0.25 m <sup>2</sup> exterior glass surfaces/m <sup>2</sup> H-GROFA	+40% heating energy consumption

Fig. 2.257 - Confronto tra i consumi associati a diversi scenari (Beusker. E., et al., 2012)

### 2.3.6.5.4 Pianificazione (ottimizzazione) dei costi d'uso

Se nell'ambito di un piano economico relativo ad un progetto edilizio l'obiettivo non è solo allinearsi ad un tetto dei costi, ma anche tenere conto del ciclo di vita (Daniotti B., 2012) dell'edificio, questo è il primo requisito per una pianificazione dei costi. Scopo della pianificazione dei costi legati all'uso è quello, oltre che di *individuarli* per poterli successivamente gestire, di *ottimizzarli* insieme al progetto.

Ma per una buona pianificazione occorre includere tutte le voci necessarie: costi di preparazione, progettazione ed esecuzione della costruzione, ma anche di finanziamento, di gestione immobiliare, funzionamento e manutenzione dal momento di inizio della fruizione dell'edificio fino alla sua fine vita (periodo d'uso).

Come evidenziato nei suoi articoli dal Prof. Wolfridietrich Kalusche del Brandenburgische Technische Universität (BTU Cottbus), i nodi cruciali della stima sono:

- ⤴ incertezza sulla *durata degli elementi tecnici* per il calcolo della loro vita utile ESL (Daniotti B., 2012) e di conseguenza della vita utile dell'edificio
- ⤴ incertezza sulle condizioni generali *future* (inflazione, fluttuazione dei costi energetici, variabili ambientali e sociali, cambiamenti climatici)
- ⤴ difficoltà di calcolo della *vita economica* (in economia è “il periodo in cui il bene avrà un valore economico”, mentre nell'economia applicata all'ingegneria è definita come “il tempo che minimizza il suo costo equivalente annuo” e viene indicata anche come “vita dal costo minimo” o “intervallo di sostituzione ottimale”. Inoltre la vita utile è definita come “un periodo restante di tempo stimato, dalla decorrenza del leasing e senza limitazioni nella durata del leasing, in cui si ritiene che il bene possa generare benefici economici”) (Fig. 2.258).

**Tabella 9-2** Determinazione della vita economica di un nuovo bene (Esempio 9-4) .

(1) Fine anno, $k$	(2) MV, fine anno $k$	(3) Diminuzione del valore di mercato (MV) durante l'anno $k$	(4) $iMV$ (costo opportunità del capitale = 10% del MV d'inizio anno)	(5) Costi annui ( $E_k$ )	(6) Costo incrementale per ciascun anno ( $TC_k$ )	(7) Costo equivalente annuo EUAC <sup>a</sup> relativo all'anno $k$
0	€20.000	—	—	—	—	—
1	15.000	€5.000	€2.000	€2.000	€9.000	€9.000
2	11.250	3.750	1.500	3.000	8.250	8.643
3	8.500	2.750	1.125	4.620	8.495	8.598
4	6.500	2.000	850	8.000	10.850	9.084
5	4.750	1.750	650	12.000	14.400	9.954

<sup>a</sup> Si può calcolare con la formula  $EUAC_k = \left[ \sum_{j=1}^k TC_j(P/F, 10\%, j) \right] (A/P, 10\%, k)$  o con altre equivalenti.

Fig. 2.258 - Determinazione della vita economica di un nuovo bene (Sullivan W. G. et al., 2006)

La vita d'uso negli esempi del Prof. Kalusche è sostanzialmente sovrapponibile alla vita economica e i costi d'uso sono il LCC come calcolato secondo le norme DIN (Fig. 2.259, Fig. 2.260, Fig. 2.261, Fig. 2.262).



Fig. 2.259 - Voci per il calcolo del LCC (Life Cycle Cost) secondo le norme DIN (Kalusche W., 2009)

Kategorie	Dauer	Beschreibung und Beispiele
I	bis 5 Jahre	Raum bildender Ausbau, z. B. Ladenbau
II	bis 15 Jahre	modernisierte Gebäude, z. B. Wohnungen
III	bis 20 Jahre	Gewerbeobjekte, z. B. Möbelmärkte
IV	bis 40 Jahre	Mehrzahl von Gebäuden, z. B. Bürobauten
V	bis 50 Jahre und mehr	Gebäude mit hoher Nutzungsflexibilität

Abb. 2: Kategorien der wirtschaftlichen Nutzungsdauer

Fig. 2.260 - Categorie di durata della vita economica di interventi edilizi (dagli interventi di allestimento dei negozi – 5 anni, alle ristrutturazioni delle abitazioni – 15 anni, agli edifici commerciali – 20 anni, agli edifici per uffici – 40 anni, agli edifici con alta flessibilità – 50 anni). (Stoy C., Beusker E. et al., 2010)

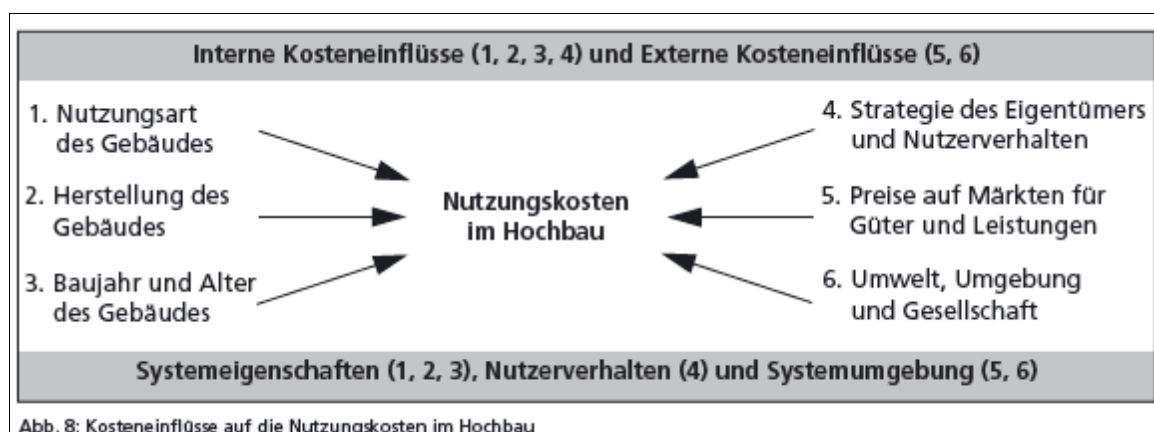


Fig. 2.261 - Fattori che influenzano i costi in fase d'uso: tipo di utilizzo, tipologia costruttiva, età di costruzione, strategie messe in atto dal proprietario e dall'utente, prezzo di mercato di beni e servizi, ambiente, vicinato e società (Stoy C., Beusker E. et al., 2010)

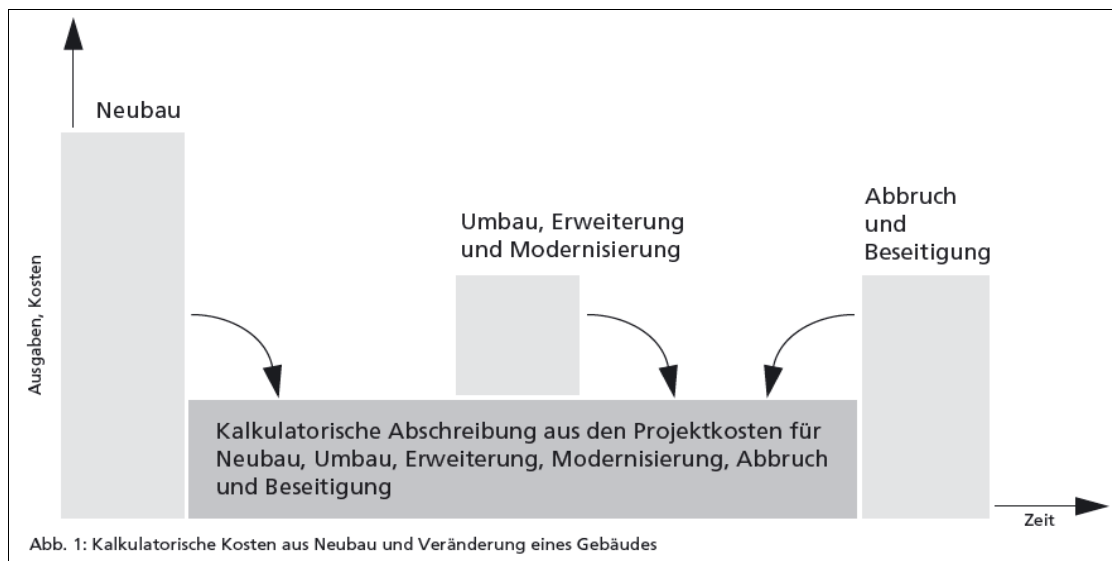


Fig. 2.262 - Confronto nelle fasi del ciclo di vita dell'edificio tra i costi di: costruzione (inizio), operativi (fase d'uso), ristrutturazione (intermedi), dismissione (fine vita) (Stoy C., Beusker E. et al., 2010)

In una ricerca condotta da Hofer G. et al. e presentata al SB11 World Sustainable Building Conference (Helsinki, 2011), è stato messo a punto un metodo ("Calculating life cycle cost in the early design phase to encourage energy efficient and sustainable buildings"), basato su un modello virtuale assistito da un apposito software e da un nutrito data base, che media l'approccio top-down suggerito dalla norma ISO per il calcolo del LCC con un approccio bottom-up che ha il vantaggio dell'accuratezza del dettaglio man mano che la progettazione va avanti (Fig. 2.263, Fig. 2.264, Fig. 2.265, Fig. 2.266).

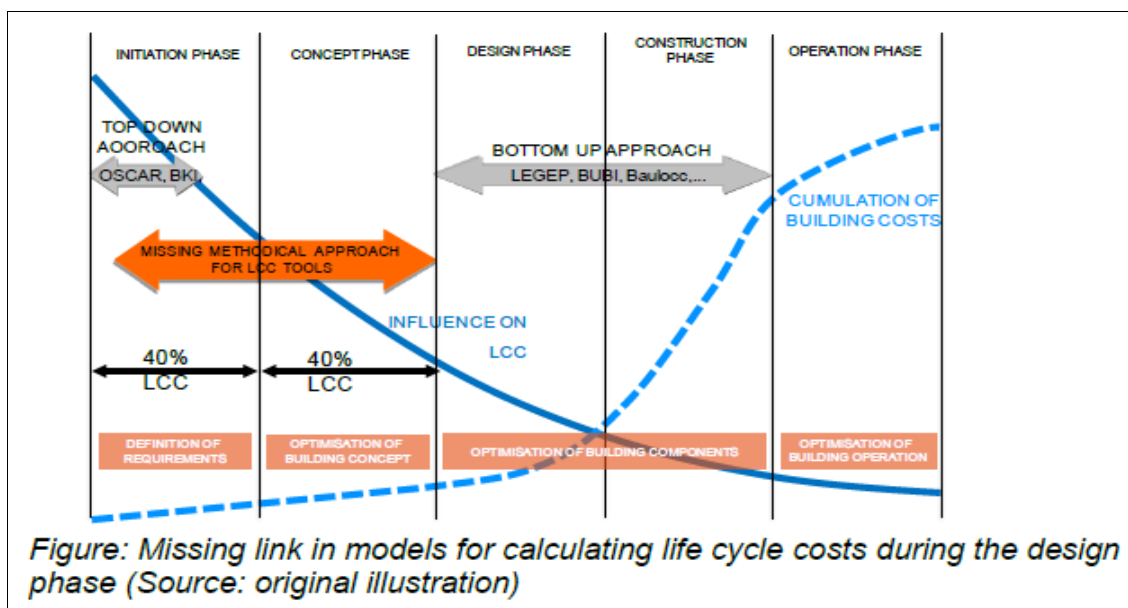


Fig. 2.263 - Individuazione delle criticità dei comuni metodi e modelli per il calcolo del LCC (Hofer G., Herzog B., Grim M., 2011)

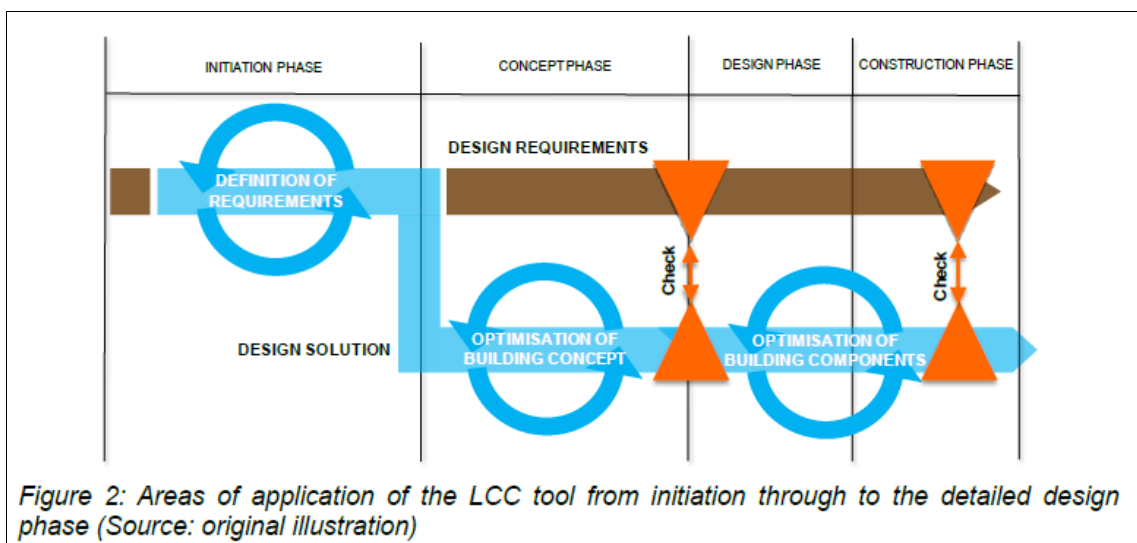


Fig. 2.264 - Aree di applicazione del metodo per il calcolo del LCC nella fase di progettazione (Hofer G., Herzog B., Grim M., 2011)

Il metodo è applicato sin dalla fase di progettazione iniziale per i seguenti scopi:

- ✦ Ottimizzazione dei costi del ciclo di vita (Daniotti B., 2012) sin dall'inizio e determinazione di un valore di riferimento per la specifica distribuzione spaziale e funzionale, prendendo in considerazione gli obiettivi di sostenibilità (Masera G., 2004)
- ✦ Confronto dei costi del ciclo di vita di progetti diversi nel contesto di un concorso di architettura
- ✦ *Ottimizzazione dei costi del ciclo di vita*, confrontando diverse soluzioni per la progettazione preliminare e quella esecutiva.

Per ogni elemento della costruzione viene inserito un costo di investimento ed un costo in fase d'uso. In questo modo ad ogni cambiamento del progetto è associato un LCC complessivo. Il metodo risulta particolarmente efficace soprattutto in relazione ai costi energetici, che vengono calcolati in funzione delle prestazioni degli elementi tecnici inseriti.

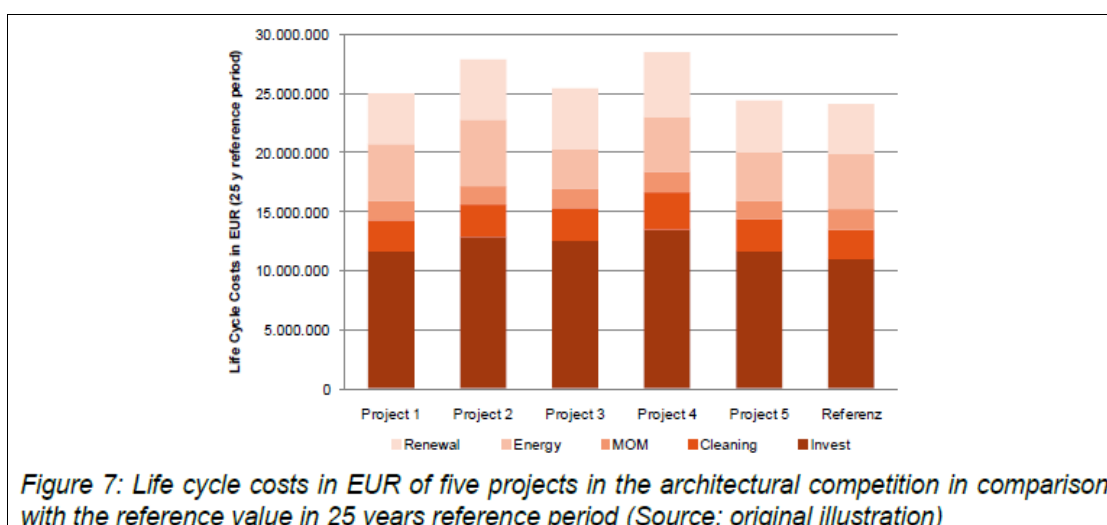


Fig. 2.265 - Confronto del LCC tra 5 progetti (RSL di 25 anni) (Hofer G. et al., 2011)

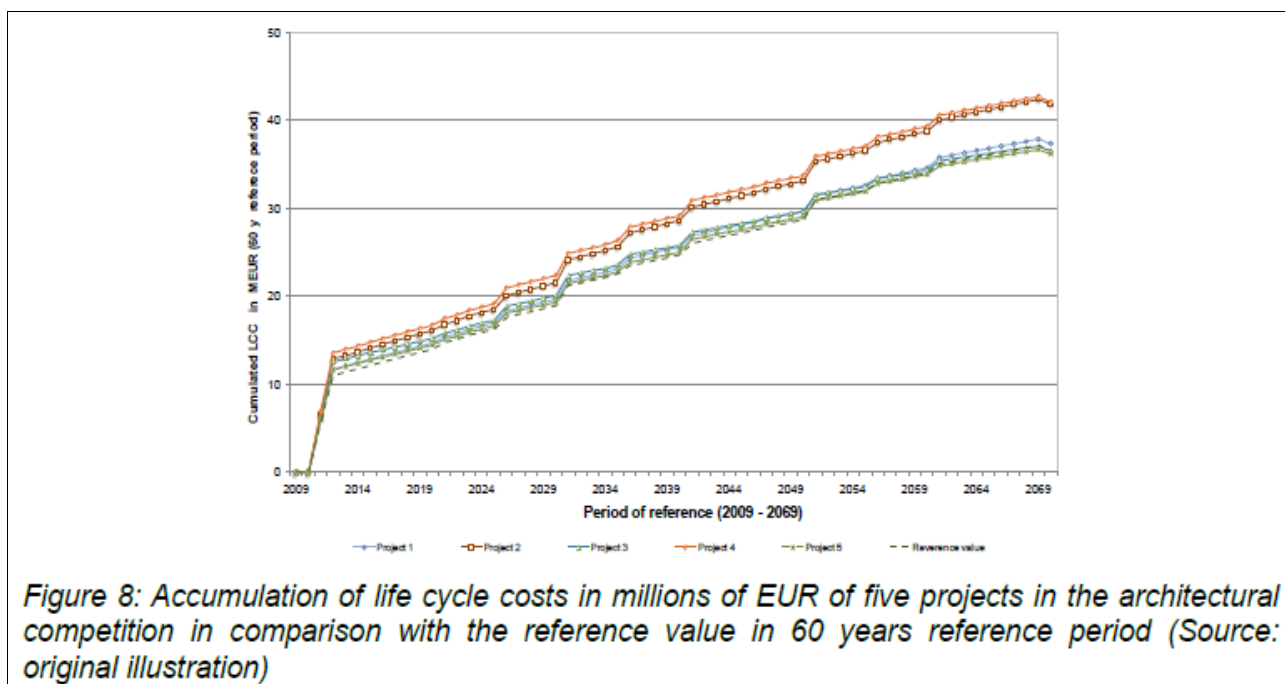


Fig. 2.266 - Confronto del LCC tra 5 progetti (RSL di 60 anni) (Hofer G. et al., 2011)

### 2.3.6.6 Criteri di sostenibilità, indicatori economici e valore di mercato

#### 2.3.6.6.1 Sostenibilità e valore dell'edificio

Svariati studi hanno dimostrato che il valore della proprietà è sempre più legato a fattori a loro volta connessi al tema della sostenibilità.

Il rapporto tra valore della proprietà e il livello di sostenibilità dell'edificio è un punto cruciale per lo sviluppo futuro di un mercato di edifici sostenibili e di conseguenza l'implementazione delle politiche di sostenibilità nell'edilizia. Uno degli ostacoli al momento sembra infatti la reticenza di ancora molti investitori a preferire di acquistare un edificio sostenibile rispetto ad uno tradizionale, dovuto al maggior costo di investimento iniziale. In realtà, le stime più accurate dimostrano non solo una serie di vantaggi sotto diversi punti di vista di un edificio sostenibile, ma poi il possesso di un valore aggiunto anche economico che giustifica ampiamente l'extra-costi iniziale. E ciò non solo per l'ottimizzazione funzionale che accompagna la progettazione di un edificio veramente sostenibile.

In realtà non sono molti a livello internazionale gli economisti che si stanno occupando di sviluppare questo tema, né i tecnici che hanno affrontato stime economiche su edifici sostenibili, data la difficoltà dell'argomento, trasversale tra i settori economico, sociale, ambientale e l'elevato background conoscitivo richiesto agli esperti a livello di management immobiliare. Il quale, come noto, è tradizionalmente sviluppato in alcuni contesti, primo fra tutto quello anglosassone.

Dopo anni di ricerche sull'argomento, nel dicembre 2011, un gruppo internazionale di esperti di 3 paesi: Germania, Svizzera e Austria ha pubblicato una guida "NUWEL, Nachhaltigkeit und Wertermittlung von Immobilien Leitfaden für Deutschland, Österreich und die Schweiz" (Guida alla sostenibilità e stima del valore degli immobili per Germania, Austria e Svizzera), su iniziativa del CCRS, Center for Corporate Responsibility and Sustainability dell'Università di Zurigo.



### 2.3.6.6.2 Scenari immobiliari e trasparenza

Lo studio svolto dal gruppo internazionale di ricercatori europei parte da alcuni presupposti. Innanzitutto, gli scenari di oggi, in cui, a differenza del passato in cui prevalevano variabili pressoché fisse come ad es. la posizione dell'immobile, sempre più variabili sono legate al tema della sostenibilità, quali i costi dell'energia, sono connotati da una natura sostanzialmente dinamica. Sono identificati quattro punti fondamentali:

5. L'incidenza dei criteri di sostenibilità sul valore dell'immobile e sull'analisi del rischio devono essere quantificati il più possibile, o quanto meno descritti.
6. Gli aspetti della sostenibilità possono essere integrati nei metodi comunemente usati per le stime del valore e l'analisi del rischio.
7. All'estimatore spetta calcolare l'influenza degli aspetti legati alla sostenibilità nel valore dell'oggetto nel caso e nel contesto concreti.
8. Tipo e grado delle caratteristiche di sostenibilità devono essere indicate e motivate trasparentemente nelle valutazioni.

L'attuale mancanza di considerazione dei fattori legato alla sostenibilità nei metodi per il calcolo della stima del valore comporta non solo una sottovalutazione, ma anche il rischio di un inconsapevole doppio conteggio.

Vale pertanto il principio che debba essere considerata l'influenza della sostenibilità sul valore di una proprietà in caso di prova e di differenziazione nel mercato.

### 2.3.6.6.3 Aspetti rilevanti della sostenibilità incidenti sul valore

La tabella richiamata nelle figure che seguono (Fig. 2.267, Fig. 2.268) riporta i fattori legati agli aspetti della sostenibilità che incidono sulla stima del valore e sull'analisi del rischio di una proprietà immobiliare. L'elenco è tra gli esiti di un progetto svolto da un gruppo internazionale di ricercatori (Meins E., Lützkendorf, T., Lorenz, D., Leopoldsberger G., Ok Kyu Frank S., Burkhard H. P., Stoy C., Bienert S.) che nel 2011 hanno redatto delle linee guida per la valutazione degli immobili orientata alla sostenibilità, *Nachhaltigkeit und Wert-ermittlung von Immobilien. Leitfaden für Deutschland, Österreich und die Schweiz (NUWEL)*, pubblicate dal CCRS, Center for Corporate Responsibility und Sustainability dell'Università di Zurigo.

Questi i fattori (rischi ed opportunità) individuati, rispetto a:

- ♣ Posizione: presenza di inquinanti, rischi naturali, presenza di attrezzature e servizi commerciali e sanitari
- ♣ Sito: presenza di inquinanti, disponibilità di accesso ad energie rinnovabili, presenza di radon.
- ♣ Edificio: durabilità, longevità, manutenibilità (compresa pulizia), riciclabilità, flessibilità, funzionalità, adattabilità, possibilità di personalizzazione, accessibilità, prestazioni energetiche e relative al risparmio di acqua, costi d'uso
- ♣ Processo: qualità della progettazione, qualità della costruzione, sicurezza e capacità di risposta ai rischi, qualità della manutenzione programmata e gestione, monitoraggio, qualità dell'informazione.

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

**Tabelle 1**  
**Nachhaltigkeitsrelevante Eigenschaften von Immobilien mit Bezug zu Wert und Risiko**

<b>Standort</b>	
<b>Gruppe von Eigenschaften</b>	<b>Kommentar zu Risikorelevanz und direkter/indirekter Wertbeeinflussung</b>
Anschluss an ÖPNV	wirkt sich positiv auf die Vermarktbarkeit aus, da mittelfristig mit einer weiteren Steigerung der Nachfrage nach ÖPNV zu rechnen ist (steigende Preise fossiler Energieträger, demografischer Wandel).
Entfernung zu relevanten Einrichtungen	wirkt sich auf die Vermarktbarkeit aus, insbesondere da mittelfristig die Nachfrage nach Immobilien mit guter Erreichbarkeit weiter steigen dürfte (z. B. Arztpraxen in der Nähe von Wohnungen im Zusammenhang mit dem demografischen Wandel).
Immissionssituation Schadstoffe Lärm	wirkt sich negativ auf die Vermarktbarkeit aus, wenn das Gesundheitsbewusstsein in der Bevölkerung steigt.
Lage bez. Naturgefahren und Umwelt- risiken	wirkt sich auf die Vermarktbarkeit aus. Aufgrund des Klimawandels ist in der Zukunft vermehrt mit Starkwetterereignissen (Hochwasser, Stürme, Starkregen, Hagel, Schneelasten, Lawinen) zu rechnen und dadurch mit einer grösseren Gefährdung von Gebäudehülle und Bauelementen.
<b>Grundstück</b>	
<b>Gruppe von Eigenschaften</b>	<b>Kommentar zu Risikorelevanz und direkter/indirekter Wertbeeinflussung</b>
Bodenbelastung (ggf. Verdacht) Schad- stoffe	kann beträchtliche Kosten zur Sanierung der Altlasten verursachen und (falls sich der Verdacht bestätigt) Projekte beträchtlich verzögern.
Versiegelungsgrad, Eignung für die Versickerung von Regenwasser	kann sich auf die Kosten für die Regenwassereinleitung auswirken.
Eignung für Nutzung erneuerbarer Energie (z. B. Solarstrahlung/Verschät- tung, Erdwärme, vorhandene Abwär- mequellen)	wirkt sich auf die Vermarktbarkeit aus, da die Nutzung von erneuerbarer Energie auf- grund steigender Preise fossiler Energien attraktiver wird.
Elektromagnetische Felder	können bei vorhandener Belastung das Leerstandsrisiko erhöhen bzw. die Vermarktbar- keit reduzieren.
Radon	kann Zusatzkosten für bauliche Massnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der Belastung verursachen (Abdichtung) oder die Vermarktbarkeit beeinflussen.
Freiflächengestaltung	Attraktive und gut nutzbare Aussenräume verbessern die Vermarktbarkeit bzw. reduzie- ren das Leerstandsrisiko.

Fig. 2.267 - Fattori determinanti per la valutazione di un immobile secondo criteri di sostenibilità, legati al contesto (posizione, sito) (Meins E., Lützkendorf T., Lorenz D. et al., 2011)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

<b>Gebäude</b>	
<b>Gruppe von Eigenschaften</b>	<b>Kommentar zu Risikorelevanz und direkter/indirekter Wertbeeinflussung</b>
Dauerhaftigkeit Langlebigkeit Widerstandsfähigkeit	wirken sich positiv auf die technische Lebensdauer aus und können damit die wirtschaftliche (Rest-)Nutzungsdauer beeinflussen, reduzieren das Substanzrisiko, reduzieren die Ausfallwahrscheinlichkeit von Bauteilen und Systemen, können zur Reduzierung von Instandhaltungskosten* beitragen.
Reinigungs-, Wartungs- und Instandhaltungsfreundlichkeit	können zur Reduzierung von Stör- und Ausfallzeiten beitragen, können zur Reduzierung der Nutzungskosten beitragen.
Rückbau- und Recyclingfreundlichkeit	z. z. aus ökonomischer Sicht i. d. R. nur für Gebäude mit kurzer Nutzungsdauer von Interesse, wirken ggf. indirekt über die Nachhaltigkeitsbewertung und -zertifizierung.
Flexibilität Anpassbarkeit Umbaubarkeit/Umnutzbarkeit	tragen zur Reduzierung des Marktänderungsrisikos bei, verbessern die Drittverwendungsfähigkeit, wirken sich positiv auf die wirtschaftliche (Rest-)Nutzungsdauer aus, reduzieren das Leerstandsrisiko.
Funktionalität	wirkt sich durch die Erfüllung von Nutzeranforderungen auf die Nutzerzufriedenheit aus, trägt zur besseren Vermarktbarkeit bei, reduziert das Leerstandsrisiko.
Flächeneffizienz	beeinflusst die Wirtschaftlichkeit der Nutzung und damit die Vermarktbarkeit.
Zugänglichkeit Barrierefreiheit/hindernisfreies Bauen	können sich je nach Gebäude- und Nutzungsart auf die Vermarktbarkeit auswirken.
Gestalterische Qualität Städtebauliche Qualität	können sich je nach Gebäude- und Nutzungsart auf Objektimage und damit auf Vermarktbarkeit auswirken.
Energetische Eigenschaften Wärmeschutz Effizienz der Energieversorgung Art des Energieträgers	wirken sich auf Energiekosten aus, tragen zur Reduzierung von Auswirkungen des Energiepreisänderungsrisikos bei, haben u.U. und je nach Energieträger Auswirkungen auf Luftqualität und Gesundheitsrisiken am Standort, wirken sich ggf. auf das Image aus, beeinflussen ggf. die Vermarktbarkeit.
Bauphysikalische Eigenschaften Thermischer Komfort Schallschutz Raumakustik Raumluftqualität Belichtung und Beleuchtung	wirken sich auf die Nutzerzufriedenheit aus, können zur Reduzierung des Leerstandsrisikos beitragen, beeinflussen ggf. die Vermarktbarkeit.
Sonstige technische Eigenschaften Standsicherheit Brandschutz	Standsicherheit wirkt sich auf die Dauerhaftigkeit und damit auf die technische Lebensdauer aus. Brandschutz ist eine Grundvoraussetzung, unzureichender Brandschutz führt im Bestand zu einem Modernisierungssau.
Wasserver- und Entsorgung Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit der Bauprodukte	wirken sich auf Betriebskosten aus. wirken sich auf Risiken für Umwelt sowie für die Gesundheit der Nutzer und Anwohner aus, reduzieren das Haftungsrisiko, werden in der Immobilienanalyse und Risikobeurteilung berücksichtigt.
Begrünung Fassadenbegrünung Dachbegrünung	können die energetischen Eigenschaften einer Immobilie beeinflussen, können sich auf das Mikroklima auswirken, wirken sich indirekt über Nachhaltigkeitsbewertungssysteme aus.
Eignung von Dach- und Fassadenflächen für nachträgliche Installation von Anlagen zur Solarenergienutzung	beeinflusst die Anpassbarkeit an künftige Entwicklungen. Wirkt sich auf die Vermarktbarkeit aus, da die Nutzung von erneuerbarer Energie aufgrund steigender Preise fossiler Energien attraktiver wird.
Traglastreserven (z. B. für Aufstockung)	bieten Potenziale im Hinblick auf die Umbaubarkeit und Umnutzbarkeit und kann damit die Wirtschaftlichkeit der Nutzung und damit die Vermarktbarkeit beeinflussen.
Nutzungskosten	gehen insbesondere über die nicht umlagefähigen Betriebskosten in die Wertermittlung ein. Umlagefähige Betriebskosten haben ggf. einen Einfluss auf das Leerstandsrisiko.
<b>Prozesse</b>	
<b>Gruppe von Eigenschaften</b>	<b>Kommentar zu Risikorelevanz und direkter/indirekter Wertbeeinflussung</b>
Qualität der Planung Qualitätssicherung Externe Prüfung	Reduzierung des Risikos von (auch langfristig wirksamen) Planungsfehlern.
Qualität der Bauausführung Qualitätssicherung Messungen	Reduzierung des Risikos von (auch langfristig wirksamen) Ausführungsfehlern.
Qualität der Bewirtschaftung Monitoring Systematische Instandhaltung Nutzerinformation und -beeinflussung	Mieterbindung.

\* Die Bezeichnung «Instandhaltung» bezieht sich auf das in Deutschland gebräuchliche Verständnis, das in Österreich dem Begriff «Erhaltung» und in der Schweiz dem Begriff «Unterhalt» entspricht. Siehe auch die Definitionen der Begriffe im Anhang.

© NUWEL, 2011

Fig. 2.268 - Fattori determinanti per la valutazione di un immobile secondo criteri di sostenibilità, legati all'edificio e al processo (Meins E., Lützkendorf T., Lorenz D. et al., 2011)

### 2.3.6.6.4 Approcci

Come spiegato nella guida Nuwel, si possono introdurre criteri di sostenibilità nei metodi di stima attraverso due *approcci*:

- ▲ *Additivo*
- ▲ *Integrativo*

L'approccio *additivo* consiste nello stimare l'incidenza sul valore esclusivamente legata agli aspetti della sostenibilità e nel tradurlo in un fattore di aumento o di sconto del valore.

Il rischio è quello di conteggiare due volte alcuni aspetti, ad es. quelli sociali, già in conto nelle comuni metodologie di stima.

L'approccio *integrativo* è reso possibile dall'adattamento dei metodi di stima alle priorità che emergono nel dibattito sulla sostenibilità. (Fig. 2.269)

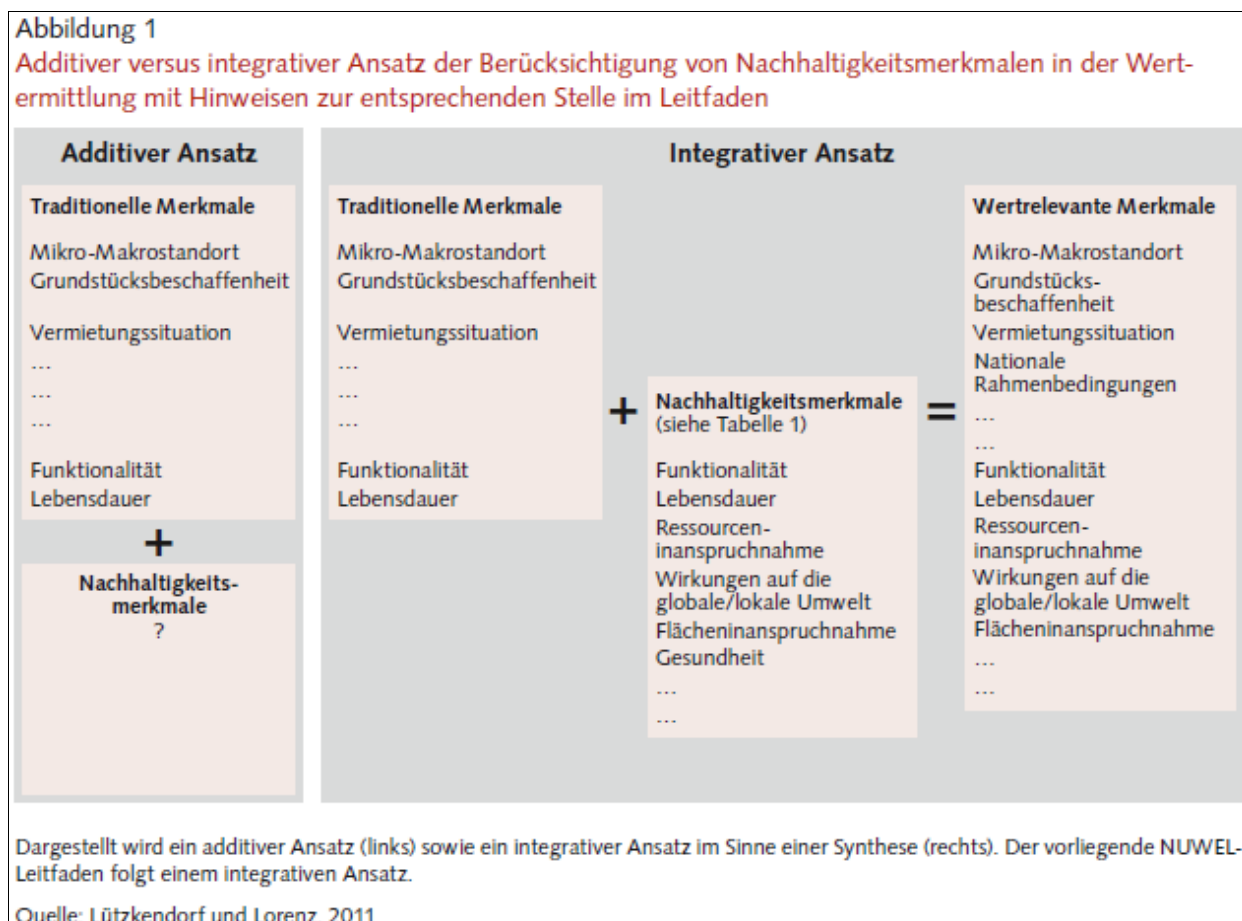


Fig. 2.269 - Schematizzazione dell'approccio "additivo" e di quello "integrativo" per la valutazione di un immobile secondo criteri di sostenibilità (Meins E., Lützkendorf T., Lorenz D. et al., 2011)

In ogni caso, occorre individuare gli aspetti della sostenibilità che incidono sul valore della proprietà.

### 2.3.6.6.5 Indicatori della sostenibilità

Le linee guida Newel indicano una lista di aspetti ed indicatori (Fig. 2.270, Fig. 2.271), da adattare ai singoli casi.

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

**Tabelle 2**  
**«Longlist» der wertrelevanten Immobilienmerkmale**

	Relevante Merkmale	Merkmale und Eigenschaften/Informationen und Indikatoren
Standort	Nationale Rahmenbedingungen	Konjunkturelles Umfeld Politische und administrative Einflüsse (z. B. Rechtssicherheit) Zinsentwicklung
	Makrostandort	Infrastruktur/überregionale Verkehrsanbindung Soziodemografische Lage, Bevölkerungsstruktur/-entwicklung Regionales Image Wirtschaftsstruktur und Wirtschaftslage Kaufkraft Verkehrsanbindung (grossräumig) Umweltsituation und Umweltrisiken Sonstige Risiken
	Mikrostandort	Eignung für Nutzungsart und Nutzergruppe Image Verkehrsanbindung (kleinräumig) Nahversorgungssituation für Nutzergruppe Immissionsituation (u. a. Lärm, Luftqualität) Umweltsituation und Umweltrisiken Sonstige Risiken
Grundstück	Grundstücksbeschaffenheit	Baurechtliche Aspekte (z. B. Bauplanungs- und Bauordnungsrecht) Grundstückszuschnitt und -neigung Medienver-/entsorgung (z. B. Energie, Abwasser) Bodenbeschaffenheit (z. B. Tragfähigkeit, Versickerungsfähigkeit, Grundwasser, Eignung für Geothermie usw.) Altlasten/Kontaminationen (z. B. durch vorherige Nutzung usw.) Sonstige Beeinträchtigungen (z. B. Radon, elektromagnetische Felder usw.) Sichtbeziehungen Besonnungssituation
	Grundstücksgestaltung	Versiegelung Begrünung/Bepflanzung/Biodiversität Zugänglichkeit Nutzung/Gestaltung von Freiflächen Sicherheit, Verkehrssicherung, Aussenbeleuchtung
Gebäude	Technische Qualität	Standsicherheit, Traglastreserven Wärme-/Feuchteschutz der thermischen Gebäudehülle Lärm-/Schallschutz (z. B. Luftschallschutz, Körperschallschutz usw.) Brandschutz (z. B. Einhaltung geltender Normen, automatische Brandmeldeanlagen, Sprinkleranlagen, Brandabschnitte usw.) Dauerhaftigkeit der Bauteile (z. B. Langlebigkeit, Widerstandsfähigkeit usw.) Reinigungs-/Instandhaltungsfreundlichkeit der Bauteile (z. B. leicht zu reinigende Oberflächen, Zugänglichkeit der Bauteile usw.) Rückbaubarkeit/Recyclingfreundlichkeit des Gebäudes (z. B. einfache Zerlegung der Bauteile in ihre Bestandteile, Entsorgungskonzept usw.) Ausstattungsqualität Sanitär/Elektro Effizienz von Heizung und Haustechnik
	Funktionale Qualität	Grundrissqualität/Flächeneffizienz (z. B. gut proportionierte Flächen, übersichtliche Gestaltung usw.) Funktionalität/Eignung für die Nutzung Barrierefreiheit (z. B. Einhaltung geltender Normen, Aufzug, ausreichend breite Türen usw.) Flexibilität und Anpassbarkeit Umbaubarkeit, Umnutzungsfähigkeit Zugänglichkeit und Erschliessung des Gebäudes Nutzung von Freiflächen (u. a. Dachterrasse) Stauraum und Stellmöglichkeiten für Fahrräder, Kinderwagen, Rollatoren etc.

Fig. 2.270 - Elenco di aspetti ed indicatori di sostenibilità individuato nelle linee guida Newel (Meins E., Lützkendorf T., Lorenz D. et al., 2011)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

	Relevante Merkmale	Merkmale und Eigenschaften/Informationen und Indikatoren
Gebäude	Umweltqualität	Ressourceninanspruchnahme Energieträger nicht erneuerbar (lebenszyklusbezogen) Ressourceninanspruchnahme sonstige Rohstoffe (lebenszyklusbezogen) Ressourceninanspruchnahme Trinkwasser (in der Nutzungsphase) Flächeninanspruchnahme (in der Nutzungsphase) Wirkungen auf die globale Umwelt (z. B. Carbon Footprint, Wirkungen auf Biodiversität usw.) Wirkungen auf die lokale Umwelt, lokale Emissionen Abfallaufkommen und Aufkommen an Abwasser
	Gestalterische Qualität	Ästhetische und architektonische Qualität Kunst am Bau
	Städtebauliche Qualität	Öffentliche Zugänglichkeit/Belebung des öffentl. Raumes – Relevanz abhängig von Gebäude- und Nutzungsart (z. B. Gestaltung des öffentl. Raumes...)
	Kultureller Wert	Baudenkmal, Ensembleschutz
	Gesundheit/ Behaglichkeit/ Zufriedenheit der Bewohner/ Nutzer/Besucher	Gesundheit und Behaglichkeit der Bewohner und Nutzer (z. B. thermischer Komfort, Innenraumluftqualität, akustischer und visueller Komfort usw.) Sicherheit Subjektives Sicherheitsempfinden (z. B. übersichtliche Wegeführung, Fluchtwege etc.) Einflussnahmemöglichkeit des Nutzers (z. B. individuelle Temperaturregulierung, öffentbare Fenster usw.)
	Ökonomische Qualität	Markt
Einzahlungen		Mieteinzahlungen, Vorauszahlungen für die Bewirtschaftung Sonstige Einzahlungen (z. B. Fassadenwerbung, Solaranlage) Mietsteigerungspotenzial, Inflationserwartung
Auszahlungen		Umlagefähige/nicht umlagefähige Bewirtschaftungsauszahlungen Vermarktungsauszahlungen Revitalisierungs-/Modernisierungsauszahlungen (ggf. auch ausgedrückt als Rückstellung zur Behebung eines Instandhaltungs- und/oder Modernisierungstaus) Auszahlungen für Entsorgung
Vermietungssituation		Vermietungsstand bzw. Leerstand Mieterfluktuation, Dauer einer Neuvermietung (Vermietungspotenzial)
Mietersituation		Anzahl der Mieter, Image und Bonität der Mieter, Dauer und Struktur mietvertraglicher Vereinbarungen
Prognosen		Wertentwicklungspotenzial, finanzielle Risiken
Objektimage		Markenwert
	Sonstiges	Namhafter Planer; erhaltene Auszeichnungen
Prozessqualität	Qualität des Planungsprozesses	Art und Umfang einer Qualitätssicherung in der Planung, Art und Umfang einer Prüfung der Planungsunterlagen durch unabhängige Dritte
	Qualität der Ausführungsprozesse	Art und Umfang der Qualitätssicherung und -überwachung sowie durchgeführter Messungen (Luftdichtheit, Thermografie, Schallschutz, Raumluft) Nachweis der Einregulierung der Haustechnik
	Qualität der Bewirtschaftung	Art und Umfang des Nachweises durchgeführter Wartungs- und Instandhaltungsmassnahmen
© NUWEL, 2011		

Fig. 2.271 - Elenco di aspetti ed indicatori di sostenibilità individuato nelle linee guida Newel (Meins E., Lützkendorf T., Lorenz D. et al., 2011)

L'elenco comprende i seguenti aspetti rilevanti e relative informazioni / indicatori:

1. Posizione nazionale:

*Struttura*

L'ambiente economico

Fattori politici e amministrativi (ad esempio, la certezza del diritto)

Tassi di interesse

*Macro-livello*

Infrastrutture del sito / collegamenti di trasporto nazionali  
Situazione socio-demografica, struttura della popolazione / sviluppo  
Immagine regionale  
Struttura economica e della situazione economica  
Potere d'acquisto  
Collegamenti di trasporto  
Condizioni ambientali e rischi ambientali  
Altri rischi

*Micro-livello*

Idoneità d'uso  
Immagine  
Trasporti (su piccola scala)  
Situazione dell'approvvigionamento locale per gruppo di utenti  
Situazione dell'inquinamento (es. rumore, qualità dell'aria)  
Condizioni ambientali e rischi ambientali  
Altri rischi

2. Suolo:

*Natura del suolo*

Rapporto con la legislazione (es. con i piani urbanistici e i regolamenti edilizi)  
Distribuzione dell'energia e smaltimento dei rifiuti  
Caratteristiche del suolo (es. la capacità, la capacità di infiltrazione, le acque sotterranee, idoneità per la produzione di energia geotermica, ecc)  
Contaminazione (es. con l'uso precedente, ecc)  
Altri effetti avversi (es. radon, campi elettromagnetici, ecc)  
Visuali  
Soleggiamento

*Caratteristiche del sito*

Confini  
Paesaggistica / Vegetazione / biodiversità  
Accessibilità  
Uso / disegno dello spazio pubblico  
Sicurezza, sicurezza stradale, illuminazione

3. Costruzione:

*Qualità tecnica*

Stabilità dell'edificio  
Caratteristiche termiche dell'involucro  
Protezione dal rumore (insonorizzazione)  
Protezione antincendio (es. rispetto delle norme vigenti, sistemi automatici di allarme antincendio, impianti di spegnimento, ecc)  
Durabilità dei componenti (es. durata, resistenza, ecc)  
Manutenibilità e pulibilità dei componenti

#### Accessibilità dei componenti

Decostruzione / riciclabilità dell'edificio (es. facilità di smontaggio dei componenti, piano di smaltimento, ecc)

Qualità degli impianti sanitari / elettrico

Efficienza del riscaldamento e HVAC

#### *Qualità funzionale*

Piano di qualità / efficienza spaziale (es. spazi ben proporzionati, buon livello di design, ecc)

Funzionalità / idoneità all'impiego

Accessibilità (es. rispetto delle norme vigenti, presenza ascensore, porte sufficientemente ampie, ecc)

Flessibilità e personalizzazione

Fattibilità di conversione

Accessibilità

Uso di spazi aperti (es. copertura terrazzata)

Spazi accessori e spazio per biciclette, passeggini, girelli, ecc

#### 4. Edificio

##### *Qualità ambientale*

Consumo di energia, risorse non rinnovabili (correlati al ciclo di vita)

Uso delle risorse (materie prime) (correlato al ciclo di vita)

Acqua potabile come utilizzo delle risorse (in fase d'uso)

Uso del suolo (in fase d'uso)

Effetti sull'ambiente globale (es. impronta ecologica, effetti sulla biodiversità, ecc)

Effetti sull'ambiente a livello locale, emissioni locali

Rifiuti e volume di acque reflue

##### *Qualità del design*

Qualità estetica e architettonica

Arte e architettura

##### *Qualità urbana*

Accessibilità al pubblico / recupero degli spazi pubblici

##### *Valore culturale*

Protezione, valore dell'insieme

##### *Salute / Comfort / Soddisfazione dei residenti / utenti / visitatori*

Salute e comfort dei residenti e degli utenti (es. comfort termico, qualità dell'aria interna, comfort acustico e visivo, ecc)

##### *Sicurezza*

Percezione soggettiva della sicurezza (es. indicazioni chiare, vie di fuga, ecc)

Possibilità di controllo dell'utente (es. controllo individuale della temperatura, movimentazione finestre, ecc)

#### 5. Qualità economica



*Mercato*

Investimenti, aspettative di ritorno

*Ricavi*

Canoni di locazione, pagamenti anticipati per la gestione

Altri proventi (es. impianti pubblicitari di facciata, sistemi per la produzione di energia solare)

Potenziale di crescita dei canoni di locazione, aspettative di inflazione

*Spese*

Recuperabili / esborsi operativi non recuperabili

Pagamenti per la rivendita

Spese per il rinnovo / ammodernamento

Pagamenti per lo smaltimento

*Situazione della locazione*

Occupazione o vacanza

Fatturato, durata di un contratto di locazione nuovo (per affitto)

Numero di inquilini, qualità degli inquilini, lunghezza e la struttura del contratto di locazione

*Previsione*

Potenziale valore di sviluppo, rischi finanziari

6. Immagine

*Valore del marchio*

Etichetta, risultato di certificazione, marchio di qualità o equivalente

*Altro*

Progettista rinomato, premi ricevuti

7. Qualità di processo

*Qualità del processo progettuale*

Consistenza della garanzia di qualità della progettazione, come certificato da terze parti indipendenti

*Qualità dei processi di controllo*

Consistenza della garanzia della qualità e di monitoraggio (misurazione della tenuta d'aria, indagini termografiche, isolamento acustico, aria interna)

*Qualità della gestione*

Consistenza delle prove effettuate e delle attività di manutenzione.

**2.3.6.6 Stima del valore in dipendenza dai criteri della sostenibilità**

Come noto, sono molteplici i metodi di stima del valore, dipendenti per lo più dall'obiettivo della stima e dal soggetto (investitore, proprietario, ecc) del quale deve rispecchiare il punto di vista.

*Metodo comparativo*

Nel caso della stima attraverso il *metodo comparativo* intervengono, tra i fattori, anche quelli legati alla sostenibilità.

Di seguito la rappresentazione prima grafica (Fig. 2.272) poi matematica (Fig. 2.273) del calcolo:

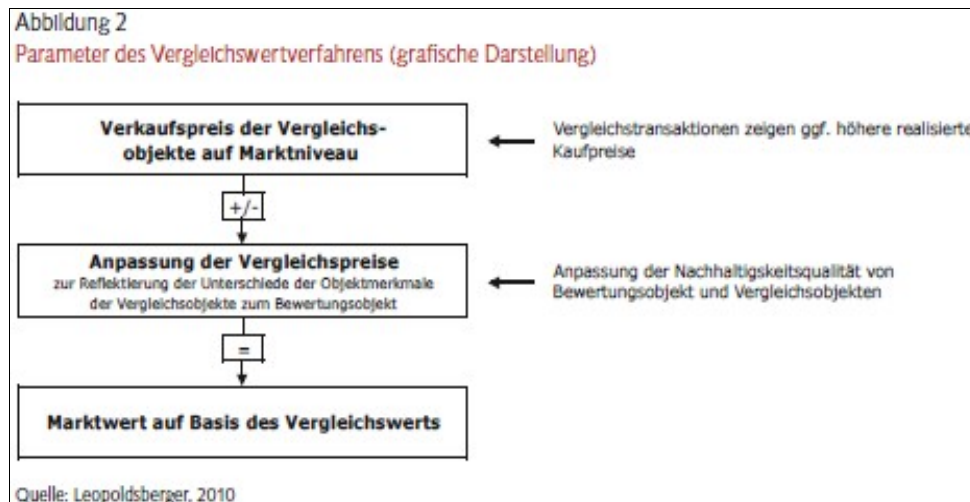


Fig. 2.272 - Rappresentazione grafica del metodo comparativo descritto nelle linee guida Newel (Meins E., Lützkendorf T., Lorenz D. et al., 2011)

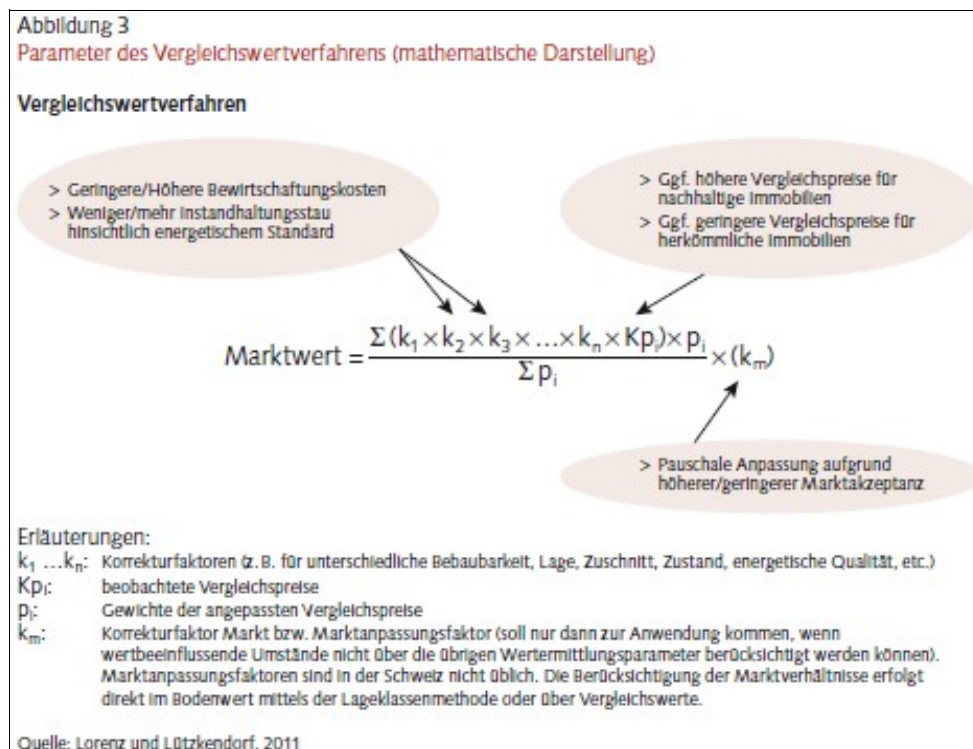


Fig. 2.273 - Rappresentazione matematica del metodo comparativo descritto nelle linee guida Newel (Meins E., Lützkendorf T., Lorenz D. et al., 2011)

Questi i fattori e le altre grandezze utilizzate nella formula:

$k_1$  ...  $k_n$ : fattori di correzione (es. dipendenti dall'ubicazione, la disposizione, le condizioni, il consumo energetico a confronto con quello standard, ecc)

$K_{pi}$ : fattore (in aumento o diminuzione) dovuto al confronto con la media degli immobili nel mercato dal punto di vista della sostenibilità

$p_i$ : pesi relativi ai prezzi comparativi

$K_m$ : fattore di correzione di mercato in base ad un benchmark da applicarsi in assenza della possibilità di determinare gli altri fattori correttivi.

### *Metodo edonistico*

Il *metodo di valutazione immobiliare edonistico* si basa sulla semplice accettazione che i prezzi e i canoni d'affitto contengono informazioni sulla valutazione delle singole qualità degli immobili. Queste qualità riguardano la posizione, il tipo, la dimensione, l'età dell'edificio: in breve, tutte le qualità di un immobile per il quale gli inquilini (o gli acquirenti) sono pronti a pagare. Il valore di questi immobili è per così dire "nascosto" nel prezzo dell'immobile e può essere individuato tramite adeguate analisi statistiche. Il canone dell'affitto, stimato per un immobile, corrisponde alla somma di tutte le qualità di rilievo. Una volta noti, questi prezzi impliciti delle qualità possono essere utilizzati per la valutazione d'altri immobili. (<http://www.homegate.ch/>)

*Metodo del prezzo edonistico*: tecnica di regressione utilizzata per stimare i prezzi di qualità o modelli non disponibili sul mercato in particolari periodi ma i cui prezzi in quei periodi sono necessari per definire i prezzi correlati. Valuta il valore di diversi aspetti ambientali tramite la WTP espressa nei mercati correlati.

Disponibilità a pagare (Willingness to pay – WTP): La WTP generalmente è l'importo monetario massimo che un individuo pagherebbe per ottenere un'unità di un bene. (Parlamento europeo, Direzione generale delle politiche interne (2009) Calcolo dei costi esterni nel settore dei trasporti)

Essendoci probabilmente nel mercato già degli aspetti di sostenibilità per i quali si è già dimostrato di essere disposti a pagare, l'applicazione di questo metodo nel caso di una stima del valore di un immobile che include anche aspetti di sostenibilità può anche essere usato in combinazione con un'analisi delle serie storiche.

### *Metodo del prezzo di sostituzione*

Il calcolo del valore in base a questo metodo (Fig. 2.274), integrato con criteri di sostenibilità, considera tra i parametri più interessanti:

- ^ La determinazione della totale e residua vita utile (Daniotti B., 2012) della proprietà
- ^ La determinazione di perdita di valore (svalutazione) dovuto all'obsolescenza o ai costi di adeguamento a nuovi più attuali standard, es. energetici.

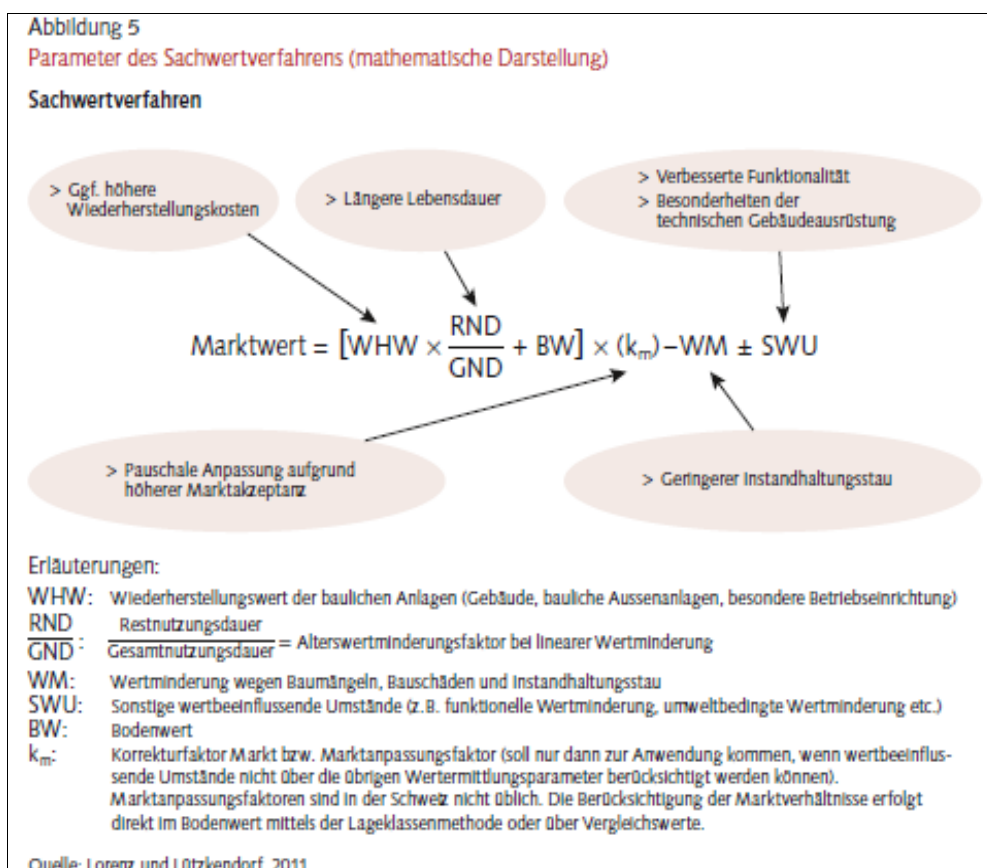


Fig. 2.274 - Rappresentazione matematica del metodo di calcolo del prezzo di sostituzione integrato con criteri di sostenibilità, descritto nelle linee guida Newel (Meins E., Lützkendorf T., Lorenz D. et al., 2011)

### Metodo del valore attuale

Il calcolo attraverso questo metodo si basa sui redditi che si prevede la proprietà produrrà nel corso degli anni. La durata della proprietà è dunque importante, così come la manutenzione di cui si dovranno sostenere i costi (minori saranno le opere, minori i costi). Al contempo, sarà vantaggioso il prezzo contrattuale più alto di un edificio “verde”.

La formula per il calcolo è diversa in Germania ed Austria rispetto al metodo internazionale. Di seguito si riportano entrambe (Fig. 2.275, Fig. 2.276).

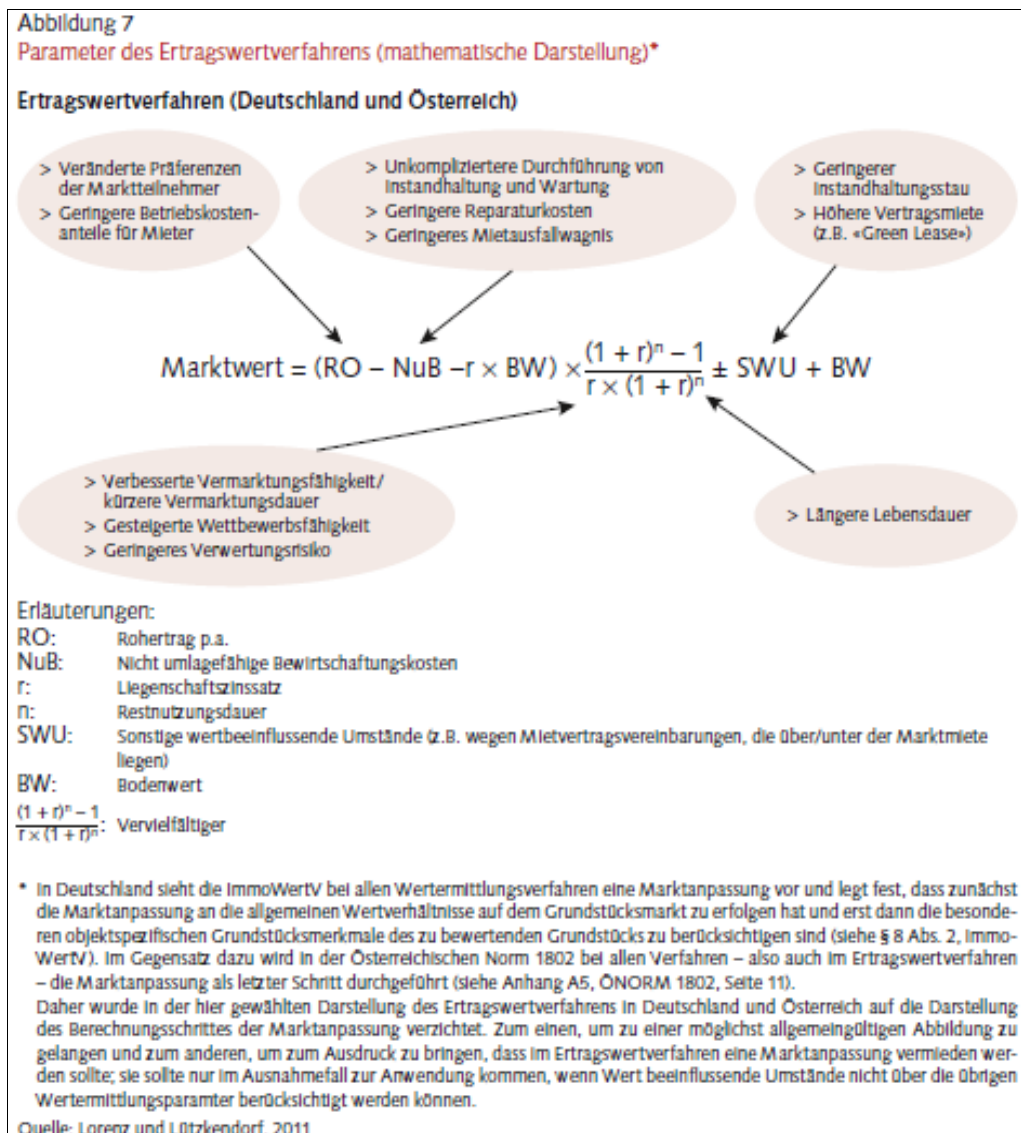


Fig. 2.275 - Rappresentazione matematica del metodo di calcolo del valore attuale integrato con criteri di sostenibilità ed impiegato in Germania, come descritto nelle linee guida Newel (Meins E., Lützkendorf T., Lorenz D. et al., 2011)

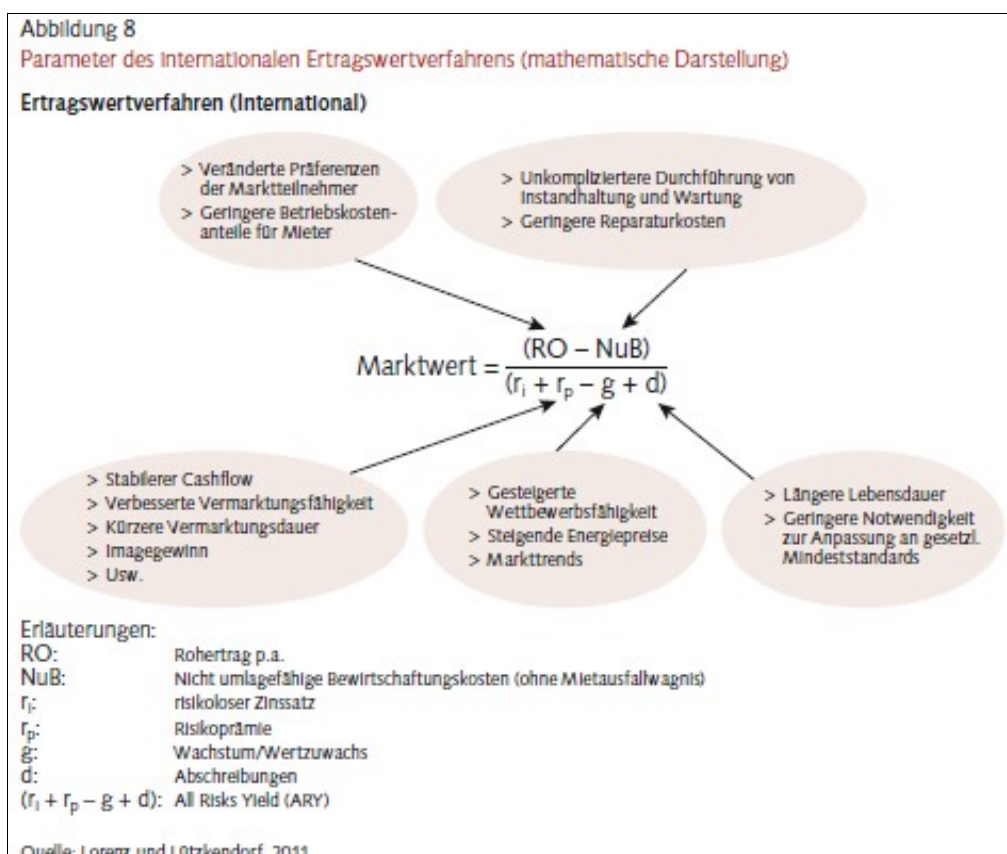


Fig. 2.276 - Rappresentazione matematica del metodo di calcolo del valore attuale integrato con criteri di sostenibilità ed impiegato in Austria, come descritto nelle linee guida Newel (Meins E., Lützkendorf T., Lorenz D. et al., 2011)

### Metodo dei flussi di cassa

Anche detto “Discounted Cash Flow – DCF Approach”, ovvero “Metodo di Capitalizzazione del reddito, si basa sull'assunzione del valore dei correnti e futuri flussi di reddito. L'orizzonte d'investimento è fissato sui 5-10 anni.

Di seguito (Fig. 2.277) è riportata la formula di calcolo.

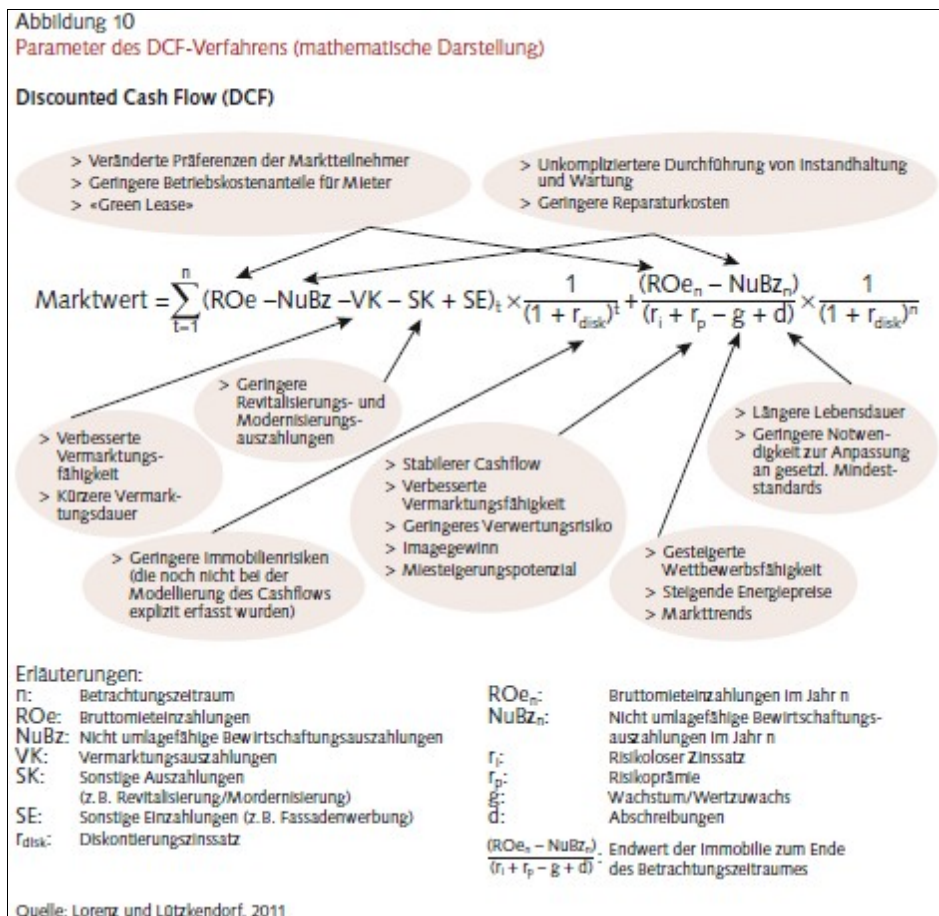


Fig. 2.277 - Rappresentazione matematica del metodo di calcolo dei flussi di cassa integrato con criteri di sostenibilità, come descritto nelle linee guida Newel (Meins E., Lützkendorf T., Lorenz D. et al., 2011)

Questi i parametri legati a fattori di sostenibilità da cui dipendono le variabili:

- ♣ Modifica delle preferenze dei partecipanti al mercato
- ♣ Riduzione dei costi d'uso per gli utenti
- ♣ “Green Lease”, ovvero l'aggiunta di valore al business ospitato dovuto alla sostenibilità dell'edificio
- ♣ Semplice esecuzione della manutenzione
- ♣ Riduzione dei costi di riparazione
- ♣ Flussi di cassa più stabili
- ♣ Miglioramento della commerciabilità
- ♣ Riduzione del rischio di sfruttamento
- ♣ Migliore immagine
- ♣ Minore rischio immobiliare
- ♣ Maggiore durata
- ♣ Maggiore competitività
- ♣ Aumento dei prezzi dell'energia
- ♣ Tendenze di mercato.

### 2.3.6.6.7 La considerazione della sostenibilità nel mercato immobiliare

La seguente tabella (Fig. 2.278) riporta la variazione media dei prezzi di mercato, per tipologie di immobili, rilevata da analisi internazionali in base a prestazioni di sostenibilità possedute dagli edifici.

Tabelle 3 Ergebnisse internationaler Studien zu Miet- und Marktpreisveränderungen						
Studien/Autoren	Land	Nutzungstyp	Bezug Nachhaltigkeit	Einfluss auf	+/-	Größenordnung
Australian Department of Environment, Water, Heritage and Arts, 2008	Australien	Einfamilienhäuser	Energieeffizienz-Rating (EER-Star Rating), (0 bis 10 Sterne; in 0.5-Sterne-Schritten)	Transaktionspreise	+	1.23%–1.91% pro 0.5 EER Stern
Banfi, Filippini, Horehajova, 2007	Schweiz	Wohnungen	Luftschadstoffe Lärm Elektromog	Mietpreise	-	0.5–2% pro 1 µg/m³ PM10 0.3–0.6% pro dB 1.8% Nähe Handy-Antenne
Brounen und Kok, 2010	Niederlande	Einfamilienhäuser	Energieausweis (Klasse A, B oder C)	Transaktionspreise	+	2.8%
City of Darmstadt, Rental Index, 2010	Deutschland (Darmstadt)	Mehrfamilienhäuser	Primärenergiekennwert unter 250 kWh/m²a Primärenergiekennwert unter 175 kWh/m²a	Mietpreise	+	0,38 €/m² 0,50 €/m²
Eichholtz, Kok und Quigley, 2010	USA	Büro	LEED Energy Star	Transaktionspreise Mietpreise Transaktionspreise Mietpreise	+	11.1% 5.9% 13% 6.6%
Feige et. al, forthcoming	Schweiz	Wohnungen	Economic Sustainability Indicator ESI	Mietpreise	+	+1.6% für Ressourcenverbrauch (Energie u. Wasser), +1.3% Gesundheit und Komfort, +0.5% Sicherheit (jeweils für jede Zunahme der Bewertung um 0.1 Punkte)
Fuerst und McAllister, 2010	USA	Büro	LEED Energy Star	Leerstandsdaten	+	8% 3%
Fuerst und McAllister, 2008	USA	Büro	LEED, Energy Star	Transaktionspreise Mietpreise	+	31%–35% 6%
Griffin et. al, 2009	USA (Portland/Seattle)	Einfamilienhäuser	Label: Built Green, Earth Advantage, Energy Star oder LEED	Mietpreise Vermarktungszeitraum	+	3%–9.6% -18 Tage
Möri, Rappi und Bröhl, 2011	Schweiz	Wohnungen	Lärmbelastung	Mietpreise	-	0.19% pro dB
Pivo und Fischer, 2010	USA	Büro	Energy Star Label; Nähe zu öffentlichem Nahverkehr; Lage in städtebaulichen Sanierungsgebieten	Net Operating Income (NOI) Mietpreise Leerstandsdaten Marktwert Income Returns/ Cap Rates	+	2.7%–8.2% 4.8%–5.2% 0.2%–1.3% 6.7%–10.6% -0.4%–1.5%
Pivo und Fischer, 2011	USA	Büro, Verkauf, Industrie und Wohnungen	«Walkability» (Laufdistanz zu folgenden Einrichtungen: Schulen, Einzelhandel, Lebensmitteläden, Erholungs- und Freizeiteinrichtungen) gemessen als «Laufdistanz-Score» von 0–100	Marktwert (Büro, Verkauf) Marktwert (Wohnungen) NOI (Büro, Verkauf) Income Returns/ Cap Rates	+	0.9% für jede Einheit Zunahme der Laufdistanz 0.1% für jede Einheit Zunahme der Laufdistanz 0.7% für jede Einheit Zunahme der Laufdistanz -0.007% für jede Einheit Zunahme der Laufdistanz
Salvi et. al, 2008	Schweiz	Einfamilienhäuser Wohnungen	MINERGIE-Label	Transaktionspreise Transaktionspreise	+	7% 3.5%
Salvi et. al, 2010	Schweiz	Wohnungen	MINERGIE-Label	Mietpreise	+	6%
Wameling, 2010	Deutschland (Nienburg)	Einfamilienhäuser	Primärenergiebedarf pro m² und Jahr (kWh/m²a)	Transaktionspreise	+	ca. 1,40 €/m² pro reduzierte kWh/m²a
Wiley, Benefield und Johnson, 2008	USA	Büro	LEED, Energy Star	Mietpreise Leerstandsdaten	+	7%–17% 10%–18%
Wüest und Partner: Immo-Monitoring 2011/1	Schweiz	Einfamilienhäuser Wohnungen Wohnungen	MINERGIE-Label	Transaktionspreise Transaktionspreise Mietpreise	+	4.9% 0% 6.5%
Yoshida and Sugiura, 2010	Japan (Tokyo)	Mehrfamilienhäuser	Tokyo Green Labelling System	Transaktionspreise	-	6%–11%

© NLWEL, 2011

Fig. 2.278 - Variazione media dei prezzi di mercato, per tipologie di immobili, rilevata da analisi internazionali in base a prestazioni di sostenibilità possedute dagli edifici (Meins E., Lützkendorf T., Lorenz D. et al., 2011)



Invece, la tabella sottostante (Fig. 2.279) riporta la percentuale aggiuntiva di massima disponibilità a pagare per un edificio sostenibile rispetto ad uno tradizionale, a livello internazionale, rispettivamente da parte del proprietario, dell'investitore e delle autorità pubbliche.

Tabelle 4 Überblick über erfragte Zahlungsbereitschaften weltweit			
Maximale zusätzliche Zahlungsbereitschaft für nachhaltige Immobilien in % – Durchschnitt*			
	Eigentümer	Investoren	öffentl. Hand
Mittelwert ausgewählter Länder	7	7	10
Australien	5	5	13
Brasilien	10	10	0
Canada	5	5	15
China	10	10	10
Hong Kong	8	8	13
Irland	5	5	5
Indien	10	10	12
Russland	10	10	3
Südafrika	5	5	10
USA	7	5	10
Vereinigte Arabische Emirate	10	8	10
Frankreich	5	5	10
Deutschland	5	8	15
Spanien	5	5	9
Grossbritannien	5	5	10

\* nur Länder mit mehr als 7 Antworten wurden einzeln aufgeführt  
Quelle: RICS Economics: Q3 Global Property Sustainability Survey, 2009

Fig. 2.279 - Percentuale aggiuntiva di massima disponibilità a pagare per un edificio sostenibile rispetto ad uno tradizionale, a livello internazionale, rispettivamente da parte del proprietario, dell'investitore e delle autorità pubbliche (Meins E., Lützkendorf T., Lorenz D. et al., 2011)

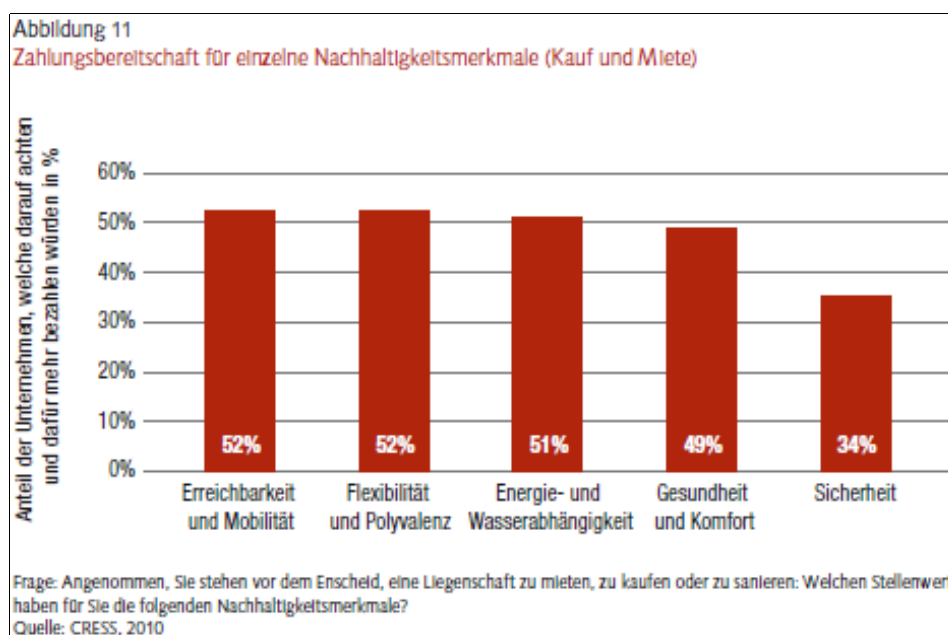


Fig. 2.280 - Incidenza per categorie di aspetti della sostenibilità, della massima disponibilità a pagare per un edificio sostenibile rispetto ad uno tradizionale, a livello internazionale (Meins E., Lützkendorf T., Lorenz D. et al., 2011)

I risultati (Fig. 2.280) sono i seguenti:

- ⤴ Accessibilità e mobilità: 52%
- ⤴ Flessibilità e versatilità: 52%
- ⤴ Indipendenza energetica e idrica: 51%
- ⤴ Salute e comfort: 49%
- ⤴ Sicurezza : 34%.

La sicurezza, che fino a pochi anni fa era considerato un valore importante, risulta oggi ampiamente superato da altri “valori”.

I grafici successivi (Fig. 2.281, Fig. 2.282), elaborati nell'ambito della ricerca del CRESS (Corporate Real Estate and Sustainability Survey) del CCRS, Center for Corporate Responsibility und Sustainability an der Universität Zürich: “Betriebsimmobilien und Nachhaltigkeit in der Schweiz, 2011/2012”, mostrano infatti chiaramente la crescita nel corso degli ultimi anni, tra gli investitori del settore immobiliare, del peso dato alla sostenibilità nelle decisioni e la differenza di disponibilità a pagare nel caso di sostenibilità certificata e non certificata.

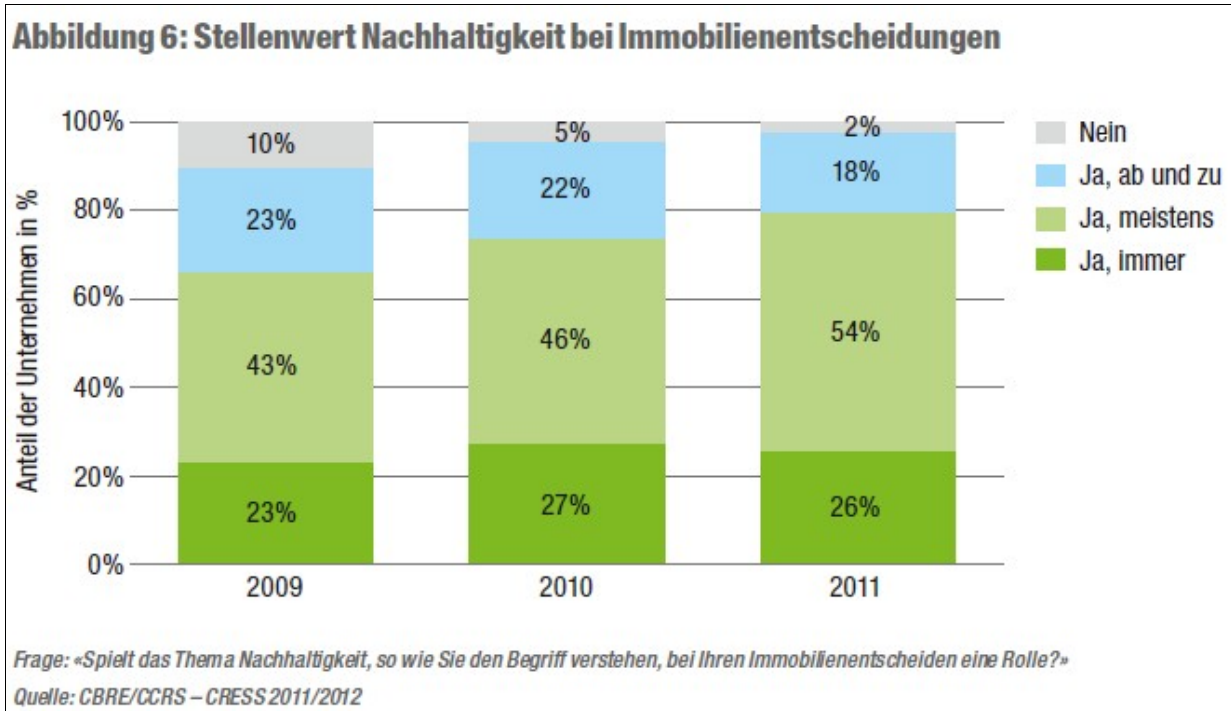


Fig. 2.281 - Confronto tra anni, del peso dato alla sostenibilità nelle decisioni dagli investitori del settore immobiliare (CCRS Center for Corporate Responsibility und Sustainability an der Universität Zürich, 2011)



Fig. 2.282 - Differenza di disponibilità a pagare nel caso di sostenibilità certificata e non certificata da parte degli investitori del settore immobiliare (CCRS Center for Corporate Responsibility und Sustainability an der Universität Zürich, 2011)

Tuttavia, si è anche rilevato che la differenza a pagare per un immobile avente prestazioni migliori rispetto agli immobili tradizionali diminuisce per certi aspetti man mano che la legislazione diventa più severa, e ciò è particolarmente evidente in tema di energia, campo in cui tendono ad assottigliarsi le differenze tra immobili standard e a prestazioni migliorative.

Il grafico successivo (Fig. 2.283) evidenzia invece il valore dato alla sostenibilità in generale nella decisione di acquistare (o ristrutturare) / prendere in affitto un immobile. Come si può notare, nel settore immobiliare il "peso" della sostenibilità è costantemente in crescita (dal 41 al 51 % in due anni).

Mentre nelle decisioni finalizzate all'affitto, seppur raggiunga quasi il 40% del peso, si mantiene costante, negli acquisti in soli due anni si è assistito ad una crescita di oltre il 20%.

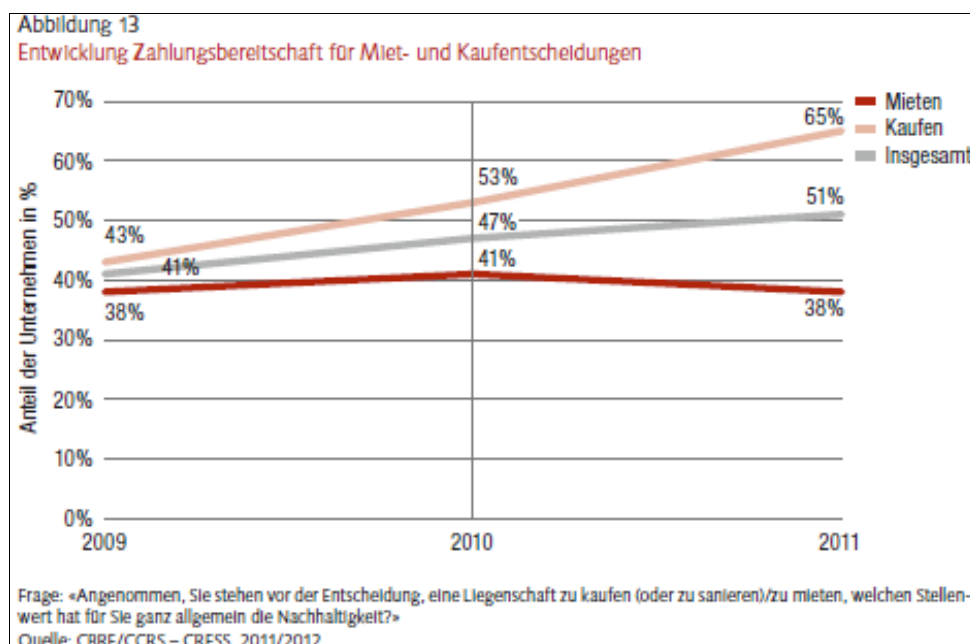


Fig. 2.283 - Confronto negli anni del valore dato alla sostenibilità in generale nella decisione di acquistare (rosa) / prendere in affitto (rosso) un immobile. La curva in grigio rappresenta la media (Meins E., Lützkendorf T., Lorenz D. et al., 2011)

E' soprattutto nella fascia degli immobili per uffici che la sostenibilità è apprezzata (Fig. 2.284)

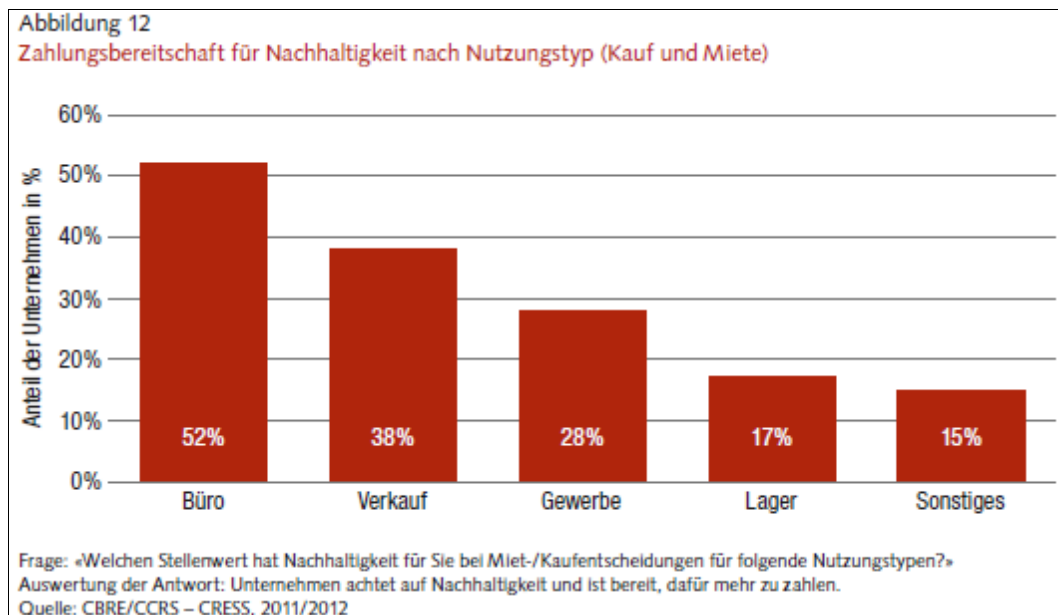


Fig. 2.284 - Confronto sul livello di apprezzamento della sostenibilità tra i settori del terziario: uffici, vendita all'ingrosso, vendita al dettaglio, stoccaggio, altro (Meins E., Lützkendorf T., Lorenz D. et al., 2011)

Seppur venga rilevata una tendenza positiva della disponibilità a pagare, il prezzo, come il grafico seguente (ricerca svolta dal CCRS di Zurigo su un campione di 200 potenziali investitori tra imprese e famiglie) dimostra (Fig. 2.285), costituisce ancora il principale fattore che guida la scelta dell'acquisto o dell'affitto, tra i seguenti, ordinati secondo la preferenza:

- ⤴ Prezzo
- ⤴ Distribuzione spaziale e flessibilità
- ⤴ Accessibilità al trasporto pubblico
- ⤴ Sostenibilità
- ⤴ Disponibilità di servizi per la mobilità privata (traffico, parcheggi)
- ⤴ Posizione centrale
- ⤴ Presenza di strutture
- ⤴ Tassazione comunale
- ⤴ Vicinanza all'aeroporto.

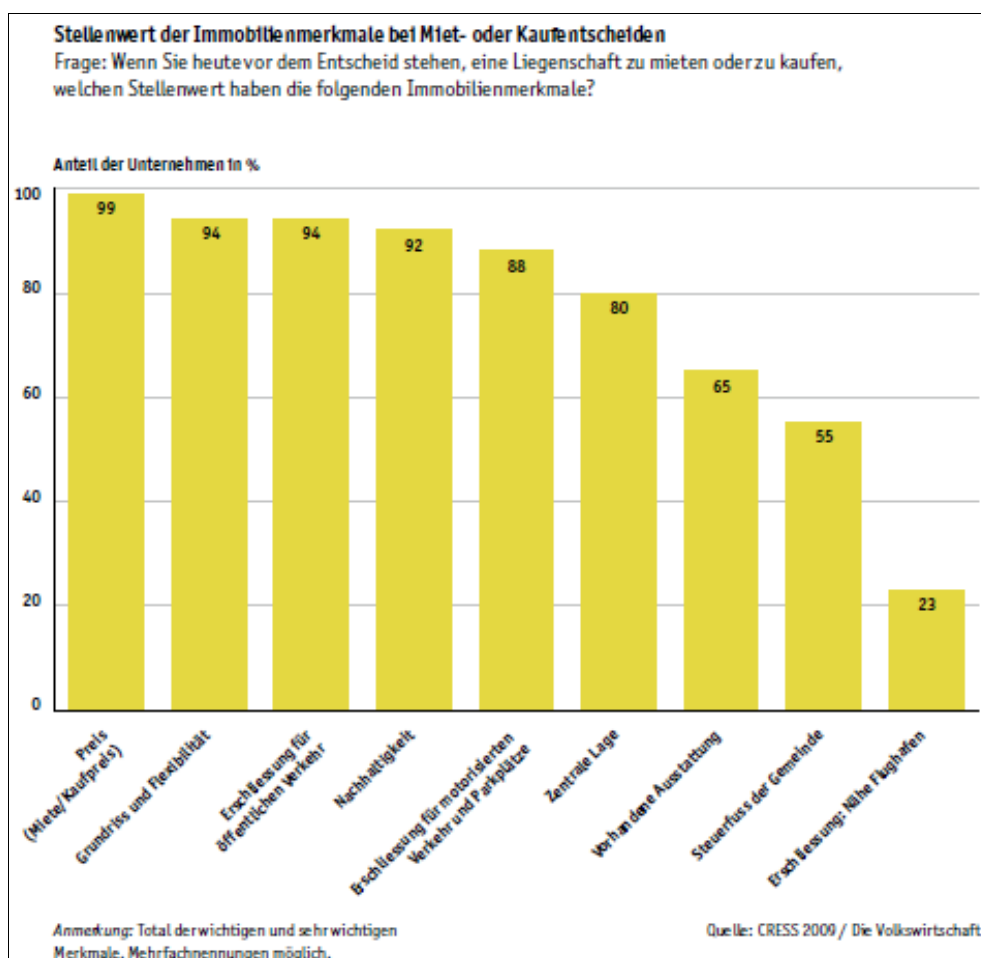


Fig. 2.285 - Distribuzione per rilevanza dei fattori che guidano la scelta dell'acquisto o dell'affitto (Prezzo, Distribuzione spaziale e flessibilità, Accessibilità al trasporto pubblico, Sostenibilità, Disponibilità di servizi per la mobilità privata, Posizione centrale, Presenza di strutture, Tassazione comunale, Vicinanza all'aeroporto) (SECO Staatssekretariat für Wirtschaft, Bern, Switzerland, 2010)

### 2.3.6.6.8 Gli sviluppi futuri

Come gli autori dello studio evidenziano, le rilevazioni statistiche dimostrano che il settore immobiliare si sta muovendo, attraverso i suoi attori, in un viaggio a lungo termine, verso la ricerca di una qualità più ampia, in cui i temi legati allo sviluppo sostenibile occupano una posizione di primo piano. Questo sviluppo dovrà essere supportato da modelli e lo sviluppo in questa direzione delle metodologie per il calcolo del valore, ovvero attraverso:

- ▲ l'integrazione degli aspetti / criteri / indicatori connessi agli obiettivi della sostenibilità
- ▲ l'integrazione nel processo degli esperti delle discipline coinvolte
- ▲ lo sviluppo di un processo di comprensione unificato
- ▲ lo sviluppo di ricerche empiriche per la costruzione di banche dati sui prezzi rilevati nel mercato
- ▲ l'individuazione di performances.

Alcuni modelli (Fig. 2.286) sono stati studiati per descrivere scenari a supporto di un'analisi del

rischio, connessa all'aumento dei prezzi dell'energia.

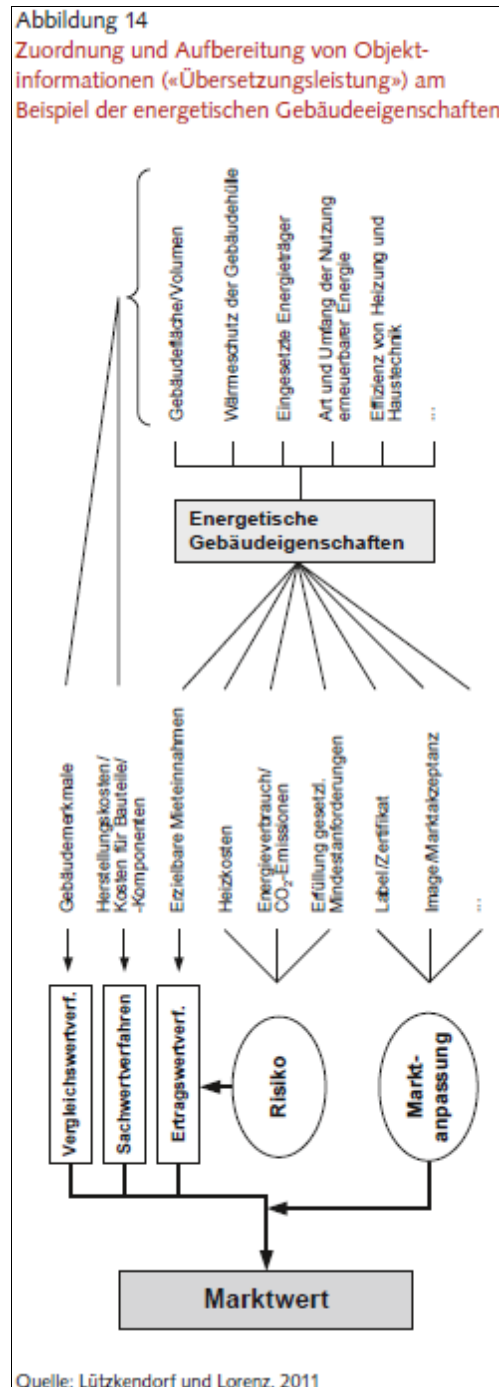


Fig. 2.286 - Modello messo a punto per descrivere scenari a supporto di un'analisi del rischio, connessa all'aumento dei prezzi dell'energia, nel determinare il valore di mercato di un immobile (Meins E., Lützkendorf T., Lorenz D. et al., 2011)

In questo approccio “top down” l'esempio successivo (Fig. 2.287) mostra come si possono integrare aspetti della sostenibilità in un metodo di valutazione.

Abbildung 15  
Verfahrensspezifische «Übersetzungsleistung» am Beispiel des Sachwertverfahrens

Merkmale und Eigenschaften (der Kategorie energetische Gebäudeeigenschaften)	«Übersetzung»	Normalherstellungskosten	Wertminderung Modernisierungsgestau, Schäden	Gesamtnutzungsdauer Restnutzungsdauer	Sonstige werbeeinflussende Umstände	Marktanpassung
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wärmeschutz der Gebäudehülle</li> <li>- Effizienz von Heizung und Haustechnik</li> <li>- Ressourceninanspruchnahme</li> <li>- Wirkungen auf die globale Umwelt (Emissionen)</li> <li>- Thermischer Komfort</li> </ul>	- Herstellungskosten	X				
	- (Mehr-)Kosten für Besonderheiten der techn. Gebäudeausrüstung				X	
	- Modernisierungsgestau (Kosten zur Erreichung eines energetischen Mindestniveaus)		X			
	- Lebensdauer		X	X		
	- Image / Marktakzeptanz					X

Quelle: Lützkendorf und Lorenz, 2011

Fig. 2.287 - Esempio di come si possono integrare aspetti della sostenibilità in un metodo di valutazione con approccio "top down". A sinistra della check list sono elencati gli indicatori di efficienza, comfort ambientale, ecc.; al centro i fattori sui quali incidono (es. durata della vita, immagine sul mercato, ecc) e che determinano le voci del valore dell'immobile in rapporto al mercato (a destra) (Meins E., Lützkendorf T., Lorenz D. et al., 2011)

### 2.3.6.7 Indicatore ESI di sostenibilità economica

#### 2.3.6.7.1 Contesto e problemi

Se si esaminano alcuni mercati immobiliari significativi, come quello svizzero o statunitense, si nota che *proprietà energeticamente efficienti, sia che si tratti di residenze sia uffici, sono ben valutate, ovvero hanno un valore extra rispetto alle altre*, che può arrivare anche ad un 7%. Allo stesso modo, anche gli affitti sono maggiori. E ciò è ancora più evidente quando l'efficienza energetica è anche certificata / marchiata.

*Tuttavia, l'efficienza energetica è solo uno degli aspetti della proprietà sostenibile, e la crescita del prezzo dell'energia è solo uno dei cambiamenti a lungo termine che oggi vengono previsti.*

Altri cambiamenti includono il riscaldamento globale, i cambiamenti demografici e degli standard sociali, i quali dovrebbero essere coperti da una valutazione di sostenibilità olistica.

Alcuni di questi sviluppi possono anche avere impatto sul valore di un patrimonio immobiliare e i proprietari immobiliari ne stanno diventando sempre più consapevoli.

Questa è una delle ragioni per cui si sta passando da una prima generazione di certificazioni / marchi di sostenibilità fondamentalmente focalizzati sugli aspetti ambientali / energetici ad una seconda, determinando un'evoluzione anche in protocolli come Leed e Bream, dietro l'esempio di Dgnb, che invece da tempo ha incluso, seppur con una serie di limiti, anche gli indicatori economici nella propria metodologia di valutazione.

Un'altra considerazione fatta dai ricercatori Erika Meins, Holger Wallbaum, Regina Hardziewski e Annika Feige del CCRS Center for Corporate Responsibility und Sustainability dell'Università di



Zurigo nell'articolo "Sustainability and Property Valuation - A Risk-Based Approach" pubblicato in *Building Research & Information*; *Building Research & Information* è che, considerato che l'interesse degli investitori è che il valore della proprietà resti il più possibile invariato o aumenti a lungo termine, questo in effetti incontra i principi della sostenibilità. In altre parole, nelle logiche degli operatori del mercato immobiliare i benefici economici derivanti da una proprietà sono legati dagli stessi interessi a quelli ambientali e sociali e pertanto la sostenibilità è un valore positivo nel mercato.

Da un punto di vista finanziario dinamico, poi, una proprietà è sostenibile se può facilmente far fronte ai cambiamenti del quadro delle condizioni ambientali, sociali ed economiche (in pratica l'*adattabilità*) e minimizzare il rischio di una riduzione del valore o aumento dell'opportunità di una diminuzione del valore stesso. Una proprietà che resta fresca in estate per la qualità della sua costruzione sarà oggetto di un aumento di valore maggiore quanto più giorni caldi si verificheranno a causa dei cambiamenti climatici. Per questo, è importante conoscere i rapporti di causa-effetto tra le condizioni esterne e la proprietà.

Inoltre, recenti studi hanno rilevato che la percentuale di immobili sostenibili nel patrimonio edilizio totale rimane bassa. Come affermato anche dai ricercatori Erika Meins, Holger Wallbaum, Regina Hardziewski e Annika Feige del CCRS nello stesso articolo, uno dei motivi è che il valore finanziario aggiunto derivante dalla sostenibilità non è sufficientemente preso in considerazione nelle valutazioni decisionali riguardanti gli investimenti nelle proprietà, a causa della tendenza delle valutazioni attraverso i metodi comunemente usati a restare indietro le tendenze del mercato.

Gli stessi ricercatori si sono per questo dedicati allo sviluppo di un nuovo approccio che tenta di fornire le informazioni quantitative necessarie per integrare gli aspetti di sostenibilità nei calcoli del valore, cercando di colmare il gap del ritardo delle metodologie.

### 2.3.6.7.2 Scopo

L'indicatore *ESI (Economic Sustainability Indicator)* è stato messo a punto nel 2007 dal gruppo del *CRESS (Corporate Real Estate and Sustainability Survey)*, formato da Novatantis, SEK / SVIT, Città di Zurigo, ZKB VEF e fondazioni per la valutazione della proprietà, nell'ambito delle attività del CCRS Center for Corporate Responsibility und Sustainability dell'Università di Zurigo.

L'approccio ESI (Fig. 2.288) combina un approccio accademico con uno pratico.

Esso è un *indicatore aggiunto (modulo) di sostenibilità* ed è un *indicatore del rischio per un immobile di perdere o guadagnare valore per lo sviluppo di aspetti legati alla sostenibilità*.

Inoltre, dall'applicazione su oltre 200 edifici appartenenti a 8 differenti proprietari pubblici e privati, si è visto come, *riducendo al minimo il rischio di perdita di valore in base agli sviluppi futuri, le caratteristiche di sostenibilità contribuiscono al valore della proprietà*.

Il concetto non era però totalmente nuovo, in quanto da alcuni anni alcune banche tedesche usano criteri di rating che permettono di trattare l'insostenibilità come fattore di rischio di una proprietà.

L'indicatore è oggi usato per integrare le metodologie di calcolo del valore di un immobile, come introdotto successivamente, nel 2011, dal gruppo di lavoro internazionale svizzero-tedesco-austriaco attraverso il progetto che ha portato alla redazione di "NUWEL, Nachhaltigkeit und Wertermittlung von Immobilien Leitfaden für Deutschland, Österreich und die Schweiz" (Guida alla sostenibilità e stima del valore degli immobili per Germania, Austria e Svizzera), su iniziativa



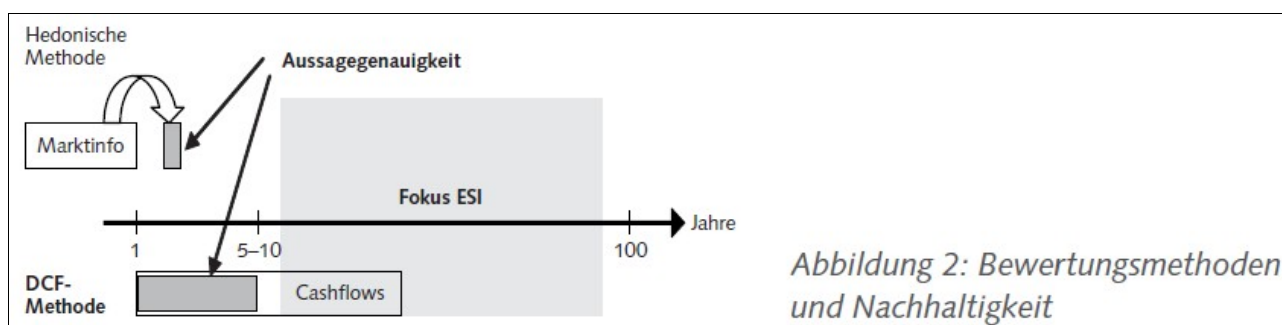


Fig. 2.289 - Applicazione dell'indicatore ESI al metodo DCF (Discount Cash Flow) (Burkhard H. P., Brühlmann A. et al., 2007)

### 2.3.6.7.3 Sviluppo e risultati

Lo sviluppo del modulo ESI ha seguito quattro fasi:

1. Identificazione delle condizioni relative all'ambiente, la sanità pubblica, la società e l'economia, i cui cambiamenti a lungo termine influenzano il valore della proprietà.
2. Individuazione delle caratteristiche dell'immobile, relativamente alle quali l'ambiente può modificare il valore relativo, positivamente o negativamente. Queste caratteristiche sono determinanti per la sostenibilità dell'immobile.
3. *Quantificazione di queste caratteristiche: selezione di appropriati indicatori, specificazione di sotto-indicatori, ponderazione e sintesi per l'Indicatore di Sostenibilità.*
4. Determinazione dei casi in cui oggi l'indicatore di sostenibilità dovrebbe essere preso in considerazione nelle valutazioni.

Sono state individuate 5 categorie di caratteristiche (Fig. 2.290), influenzate da fattori esterni (il valore di un patrimonio immobiliare dipende fundamentalmente dall'evoluzione del quadro di condizioni esogene), sulle quali altrettanti gruppi di lavoro hanno approfondito lo studio, alla ricerca di sub-indicatori:

1. *Flessibilità / versatilità* (cambiamenti sociali in atto; futuri cambiamenti non prevedibili oggi anche tecnologici, come ad es. non era previsto in passato l'avvento della cablatura; cambiamenti nell'utenza, es. accesso di persone anziane, bambini, disabili)
2. *Dipendenza energetica e idrica* (possibilità di consumi bassi, o di fonti energetiche decentralizzate, o dotazione di sistemi per il recupero dell'acqua, che possano contrastare il costante aumento dei prezzi)
3. *Accessibilità e mobilità* (connessione e vicinanza alla rete dei trasporti pubblici, disponibilità di reti ciclabili e pedonali, così come vicinanza a negozi e servizi, per far fronte all'aumento del prezzo dei carburanti)
4. *Sicurezza e protezione* (minimizzazione dei rischi di danno dovuto alle attese condizioni climatiche estreme come alluvioni, inondazioni, ecc, compresa buona accessibilità ai servizi di protezione ed emergenza es. illuminazione delle vie di accesso ai garage sotterranei; sistemi di prevenzione incendi)

5. *Salute e comfort* (elevata qualità dell'aria interna, compreso basso livello di ozono, polveri sottili ed esposizione alle radiazioni; materiali ecologici; basso livello di rumori; buona illuminazione naturale, anche per far fronte ai crescenti prezzi dell'energia).

Sustainability features	External conditions
1. Flexibility and polyvalence 1.1 Flexibility of use 1.2 Adaptability to users	Demographics, structure of households
2. Energy and water dependency 2.1 Energy demand and production 2.2 Water use and wastewater disposal	Climate change, energy and water prices
3. Accessibility and mobility 3.1 Public transport 3.2 Pedestrians and non-motorized vehicles 3.3 Accessibility	Percentage of aged population, cost of fossil fuels
4. Safety / security 4.1 Location regarding natural hazards 4.2 Building safety and security measures	Climate change, need for safety and security
5. Health and comfort 5.1 Inside air quality 5.2 Noise 5.3 Daylight 5.4 Radiation 5.5 Ecological construction materials	Need for safety, health awareness, building services

Fig. 2.290 - Fattori di sostenibilità degli immobili e relazione con fattori esterni (Burkhard H. P., Brühlmann A. et al., 2007)

Per la selezione dei sub-indicatori (o *indicatori parziali*) si è verificata l'effettiva misurabilità, visitando le banche dati del Cantone di Zurigo. Si è poi proceduto alla pesatura dei sub-indicatori (Fig. 2.291) per la formazione dell'*Indicatore aggregato ESI*.

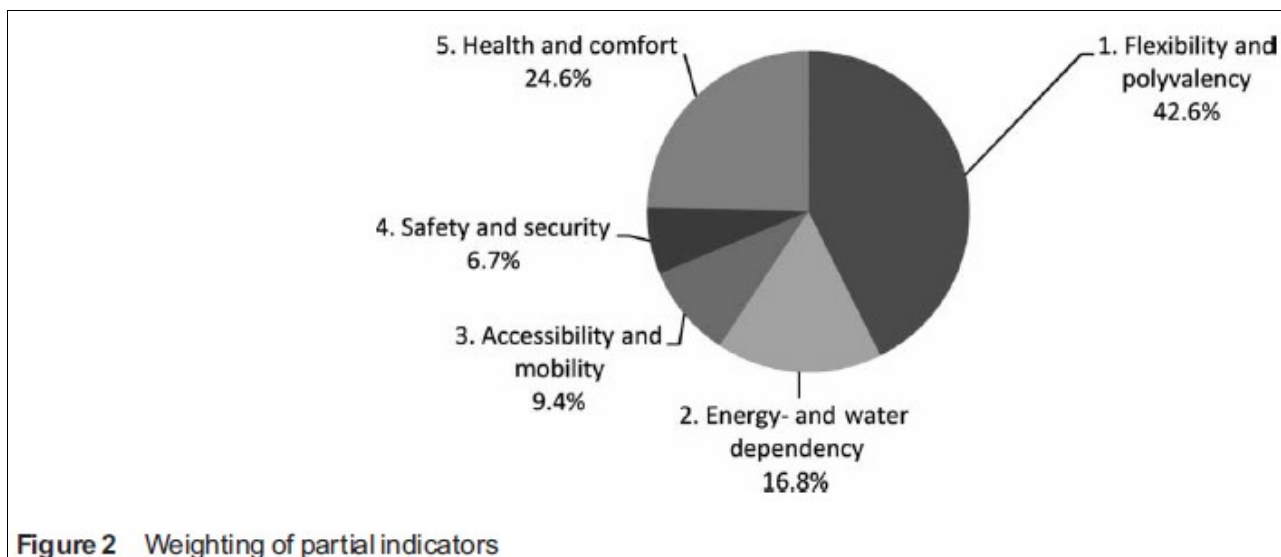


Fig. 2.291 - Peso dei sub-indicatori dell'indicatore aggregato ESI (Meins E., Wallbaum H. et al., 2010)

Il risultato della ricerca degli indicatori parziali ha portato alla stesura degli elenchi seguenti (Fig. 2.292, Fig. 2.293):

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

*Tabelle 1: Zusammensetzung des Nachhaltigkeitsindikators ESI*

Immobilienmerkmale	Einbezug aufgrund erwarteter Veränderung der folgenden Rahmenbedingungen	Teilindikatoren
1. Flexibilität, Polyvalenz	Demographie, Struktur Haushalte	<b>1.1 Nutzungsflexibilität</b> 1.1.1 Bauweise 1.1.2 Raumhöhe 1.1.3 Zugriff Kabel/Leitungen/Haustechnik 1.1.4 Reservekapazität Kabel/Leitungen/Haustechnik  <b>1.2 Lebensphasenflexibilität</b> 1.2.1 Vorhandensein Lift für alle Stockwerke 1.2.2 Höhendifferenzen unüberwindbar 1.2.3 Genügend breite Türen/Gänge 1.2.4 Zugang und Flexibilität Küche 1.2.5 Zugang Dusche/Badewanne 1.2.6 Platz für Deponieren Gehhilfe/Kinderwagen 1.2.7 Balkon mit Durchblick 1.2.8 Nutzbarkeit Aussenraum
2. Energieabhängigkeit	Klimawandel, Energiepreise	<b>2.1 Energieverbrauch</b> 2.1.1 Energiekennzahl Wärme in MJ/m2a  <b>2.2 Energieträger</b> 2.2.1 Heizenergiequelle 2.2.2 Warmwasserenergiequelle 2.2.3 Eigene Stromerzeugungsquelle
3. Erreichbarkeit Infrastruktur	Veränderung Altersstruktur, Energiepreise (Transport)	<b>3.1 Erreichbarkeit Infrastruktur</b> 3.1.1 Distanz Einkaufsmöglichkeiten tägl. Bedarfs 3.1.2 Distanz lokales/regionales Zentrum (gemäss Raumplanung) 3.1.3 Distanz Naherholung 3.1.4 Distanz ÖV 3.1.5 Qualität ÖV
4. Naturgefahren	Klimawandel	<b>4.1 Entwicklung Hochwasser-/Erdbehrtschgefährdung</b> 4.1.1 Zukünftige Hochwassergefährdung 4.1.2 Zukünftige Erdbehrtschgefährdung
5. Immissionen	Öffentliche Infrastruktur, Verkehrs- und Raumentwicklung	<b>5.1 Luft-, Lärm- und übrige Belastung</b> 5.1.1 Ozon (Approx. durch NO2) 5.1.2 Feinstaub 5.1.3 Lärmbelastung 5.1.4 Belastung durch Elektromog 5.1.5 Belasteter Standort 5.1.6 Kritische Bausubstanz

Fig. 2.292 - Indicatori parziali dell'indicatore ESI (Burkhard H. P., Brühlmann A. et al., 2007)

Inoltre, si è verificata la validità degli indicatori per le categorie di edifici tipo (Fig. 2.293, Fig. 2.294):

**Table 2: Specification of CCRS Economic Sustainability Indicator ESI®**

Sustainability features	Partial indicators	Apartment building	Office	Retail
1. Flexibility and Polyvalence	1.1 Flexibility of use			
	1.1.1 Floor plan	x	x	x
	1.1.2 Storey height	x	x	x
	1.1.3 Accessibility, reserve capacity, and wiring / pipes / building services	x	x	x
	1.2 Adaptability to users			
	1.2.1 Wheelchair accessibility	x	x	x
	1.2.6 Flexibility of kitchen layout	x		
	1.2.7 Room for storage of walker / pram	x		
	1.2.8 Balcony with window	x		
	1.2.9 Usability of outside space	x		
2. Energy and Water Dependency	2.1 Energy	x	x	x
	2.1.1 Energy	x	x	x
	2.1.2 Locally produced renewable energy			
	2.2 Water			
	2.2.1 Water use	x	x	x
	2.2.2 Wastewater disposal	x	x	x
	2.2.3 Rainwater use	x	x	x

Fig. 2.293 - Applicabilità degli indicatori parziali (flessibilità e dipendenza energetica ed idrica) ESI alle categorie di edifici: residenziali e terziario (commercio, uffici) (Burkhard H. P., Brühlmann A. et al., 2007)

3. Accessibility and Mobility	3.1 Public Transport	x	x	x
	3.1.1 Good connection to public transport			
	3.2 Non-motorized vehicles			
	3.2.1 Bicycle parking near the building	x	x	x
	3.3 Accessibility			
	3.3.1 Distance to local / regional centre			
	3.3.2 Distance to shops	x		
	3.3.3 Distance to local recreation area	x		
4. Safety and Security	4.1 Location regarding natural hazards			
	4.1.1 Location regarding natural hazards (Risk of floods, avalanches, landslides, collapse)	x	x	x
	4.2 Building safety and security measures			
	4.2.1 Object related safety and security measures	x	x	x
	4.2.2 Safety and security measures related to people	x	x	x
5. Health and Comfort	5.1 Health and Comfort			
	5.1.1 Inside air quality	x	x	x
	5.1.2 Noise exposure	x	x	
	5.1.3 Sufficient natural light	x	x	
	5.1.4 Radiation exposure	x	x	x
	5.1.5 Ecological construction materials	x	x	x

Fig. 2.294 - Applicabilità degli indicatori parziali (accessibilità, sicurezza, salute e comfort) ESI alle categorie di edifici: residenziali e terziario (commercio, uffici) (Burkhard H. P., Brühlmann A. et al., 2007)



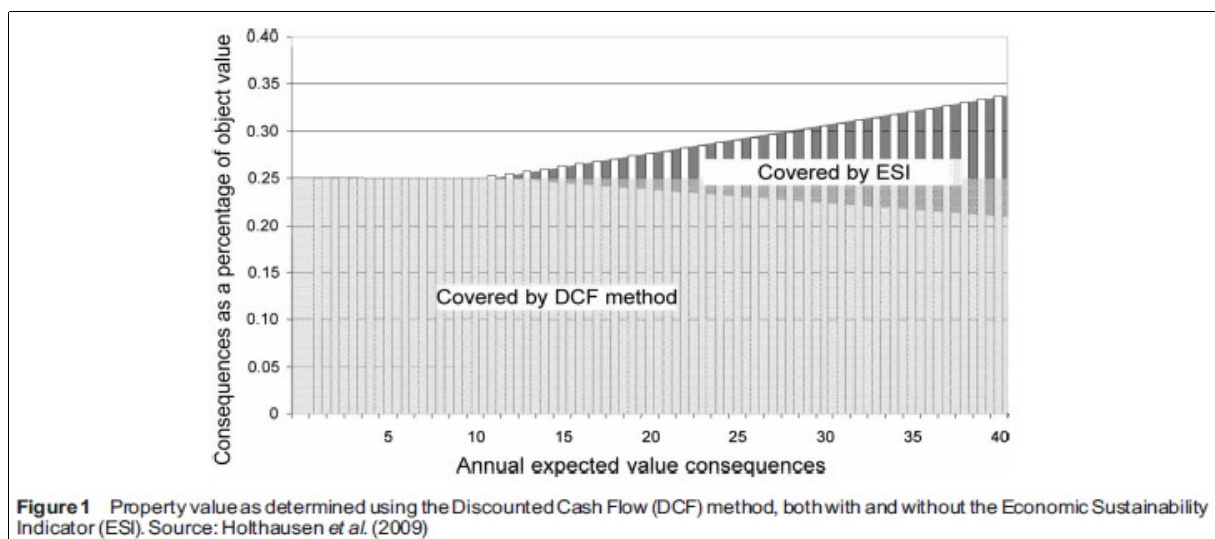


Fig. 2.295 - Valore della proprietà calcolato, senza e con l'indicatore ESI, attraverso il metodo DCF (Meins E., Wallbaum H. et al., 2010)

La figura soprastante (Fig. 2.295) mostra il contributo, crescente negli anni del periodo di analisi, dell'indicatore ESI alla procedura di calcolo del valore determinato attraverso il metodo DCF (Discount Cash Flow), evidenziando pertanto il valore aggiunto derivato dalle maggiori prestazioni tecniche, che si traducono anche in economiche, di un edificio sostenibile rispetto ad uno convenzionale.

#### 2.3.6.7.4 Dall'indicatore ESI al fattore ESI

L'indicatore ESI è integrato nel metodo DCF nel tasso di sconto, cioè *come rischio della proprietà o come rischio aggiuntivo*. Attraverso il supporto di un modello è stato possibile determinare e quantificare il peso dell'indicatore quando incorporato nel DCF. In alternativa all'approccio basato sul rischio, i flussi di cassa possono essere modellati per la vita totale della proprietà mettendo in conto le conseguenze degli sviluppi a lungo termine. La ricerca sull'ESI ha tuttavia dimostrato la non convenienza di questa seconda alternativa. (Meins E., Wallbaum H. et al., 2010)

L'indicatore ESI di sostenibilità economica è calcolato come la *somma pesata dagli indicatori parziali* (+1 e -1 sono i valori corrispondenti alla situazione più e meno sostenibile, lo 0 è la media di un nuovo edificio in relazione all'esistente) (Fig. 2.296). E' differente per appartamenti, uffici ed edifici commerciali. E' disponibile un software per il calcolo.

La tabella seguente (Fig. 2.297) mostra un calcolo per un edificio che mostra buone prestazioni in ogni gruppo di indicatori parziali. L'*indicatore ESI di sostenibilità economica* risulta pari a +0,5.

Il passo successivo è nel determinare il valore ESI basato su una comune valutazione DCF.

Per calcolare il fattore di correzione, l'indicatore ESI del valore di +0,5 è moltiplicato per il fattore di pesatura pari a 6,6% (che corrisponde alla stimata sovrastima del valore della proprietà). Il calcolo porta ad un fattore di correzione di 3,3% (aumento del valore di mercato). Applicando il fattore correttivo al tasso di sconto di una valutazione DCF convenzionale, la componente di rischio ESI può essere calcolata. In questo caso ammonta a -0,14%. Il *tasso di sconto ESI* dalla valutazione ESI consiste nei seguenti componenti:

Tasso base libero da rischio (nominale):	3,00%
Tasso di inflazione:	-1,20%

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni  
per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Rischio di proprietà generale:	2,10%
Rischio specifico di proprietà:	0,40%
<i>Tasso di sconto convenzionale (DCF):</i>	4,30%
Componente di Rischio ESI:	-0,14%
<i>Tasso di Sconto ESI:</i>	4,16%

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

**Table 5: Detailed determination of ESI<sup>®</sup>-Indicator for the practical example**

Sustainability features	Partial indicators	Appartment Building	Weighting %
		Central Switzerland	
1. Flexibility and Polyvalence	<b>1.1 Flexibility of use</b>		
	1.1.1 Floor plan	1	
	1.1.2 Storey height	0	
	1.1.3 Accessibility wiring / pipes / building services	1	
	1.1.4 Reserve capacity wiring / pipes / building services	1	
	Average (Min:-1 / Max: 1)	0.8	
	<b>1.2 Adaptability to users</b>		
	1.2.1 Lift existing for all stories if multi-story	1	
	1.2.2 Manageable differences in height, interior and exterior	1	
	1.2.3 Sufficiently wide doors	0	
	1.2.4 Sufficiently wide halls	-1	
	1.2.5 Wheelchair accessible washrooms	-1	
	1.2.6 Flexibility of kitchen layout	1	
	1.2.7 Room for storage of walker / pram	1	
	1.2.8 Balcony with window	1	
	1.2.9 Usability of outside space	1	
	Average (Min:-1 / Max: 1)	0.4	
Average 1.1 / 1.2	0.6	42.6	
2. Energy and Water Dependency	<b>2.1 Energy</b>		
	2.1.1 Energy demand		
	2.1.1.1 Hot water usage in MJ/m <sup>2</sup> a	0	
	2.1.1.2 Cooling	1	
	<b>2.1.2 Locally produced renewable energy</b>		
	2.1.2.1 To cover all warming needs	-1	
	2.1.2.2 To cover all electrical needs	-1	
	Average (Min:-1 / Max: 1)	-0.3	
	<b>2.2 Water</b>		
	2.2.1 Water use	1	
	2.2.2 Wastewater disposal	1	
2.2.3 Rainwater use	-1		
Average (Min:-1 / Max: 1)	0.3		
Average 2.1 / 2.2	0.0	16.7	
3. Accessibility and Mobility	<b>3.1 Public Transport</b>		
	3.1.1 Good connection to public transport		
	3.1.1.1 Distance bus/tram	1	
	3.1.1.2 Distance rapid-transit railway/train	1	
	3.1.1.3 Frequency bus/tram	1	
	3.1.1.4 Frequency rapid-transit railway/train	1	
	Average (Min:-1 / Max: 1)	1.0	
	<b>3.2 Non-motorized vehicles</b>		
	3.2.1 Bicycle parking near the building	0	
	Average (Min:-1 / Max: 1)	0.0	
	<b>3.3 Accessibility</b>		
	3.3.1 Distance to local / regional centre	1	
	3.3.2 Distance to shops	1	
3.3.3 Distance to local recreation area	1		
Average (Min:-1 / Max: 1)	1.0		
Average 3.1 / 3.2 / 3.3	0.7	9.4	

Fig. 2.296 - L'indicatore ESI di sostenibilità economica è calcolato come la somma pesata dagli indicatori parziali (Meins E., Wallbaum H. et al., 2010)

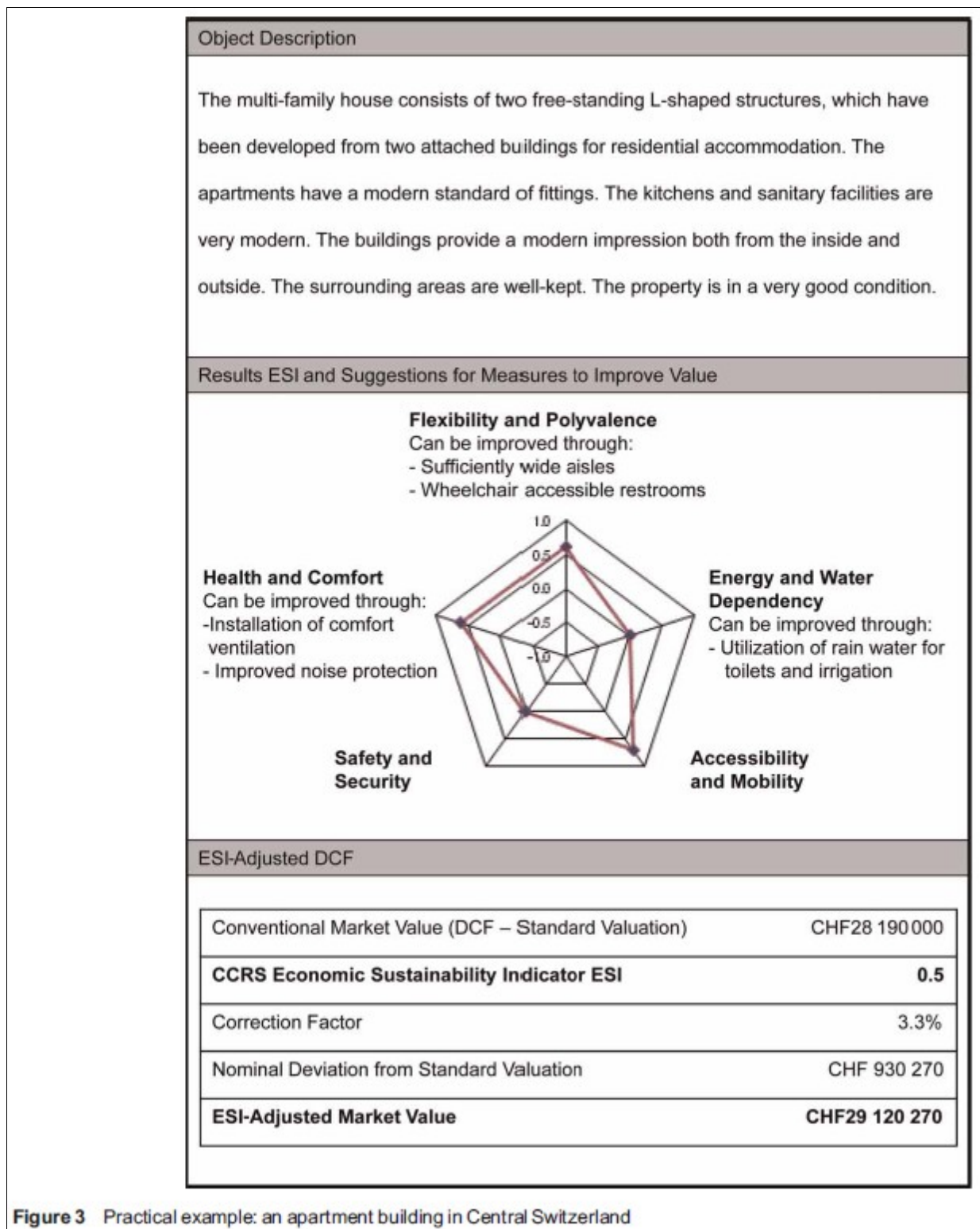


Figure 3 Practical example: an apartment building in Central Switzerland

Fig. 2.297 - Esempio di calcolo dell'indicatore ESI di sostenibilità economica, per un edificio che mostra buone prestazioni in ogni gruppo di indicatori parziali, risultando pari a +0,5 (Meins E., Wallbaum H. et al., 2010)

### **2.3.6.7.5 Potenzialità e limiti dell'indicatore di sostenibilità economica ESI**

La fase di validazione dell'indicatore ESI ha dimostrato che non soltanto questo è utile per il *calcolo del valore di un immobile*, ma anche nella *pianificazione strategica* per un intervento immobiliare e nella *gestione di un intero portafoglio* (es. a supporto di decisioni di rinnovamento di un patrimonio immobiliare con sostituzioni di edifici).

L'uso di questo metodo è utile a supporto delle decisioni in ogni fase del processo edilizio, dalla pianificazione e uso al rinnovo e dismissione ed in tutte le valutazioni sull'acquisto o la vendita.

Il fatto che diversi investitori importanti in Svizzera abbiano commissionato ai loro valutatori stime dei propri portafogli basate sulla valutazione ESI significa che una domanda di questo tipo di strumenti esiste e che, al momento, l'approccio ESI la incontra.

Nonostante porti a individuare in anticipo e quantificare le conseguenze dei cambiamenti a lungo termine come l'aumento dei pezzi dell'energia, i cambiamenti demografici e climatici sul valore della proprietà, fornendo ai valutatori le informazioni quantitative necessarie e basate sui rischi per ridurre il ritardo delle valutazioni rispetto agli andamenti del mercato, l'approccio ha i suoi limiti.

Innanzitutto, non riduce i limiti generali delle stime previsionali, ovvero quelli dovuti all'alto potenziale di incertezza, problema che non può in nessun caso essere risolto.

In secondo luogo, seppure il metodo di valutazione ESI possa essere applicato in ogni paese, esso è stato pensato in particolare per la Svizzera, per cui deve essere adattato alle altre singole realtà, dagli aspetti che concorrono alla descrizione della sostenibilità alla procedura operativa che traduce l'indicatore ESI nei tassi finali, integrandoli e testandoli nei modelli edonici, alla pari di come avvenuto in passato per altri metodi, ad es. relativamente all'efficienza energetica.

Un altro sviluppo futuro potrebbe essere l'investigazione di come una proprietà valutata secondo ESI possa essere paragonata nei dettagli con una certificazione Leed / Breeam.

Un altro punto da approfondire è la differente pesatura dei criteri di sostenibilità in base alle diverse categorie di edifici.

Infine, resta da sviluppare come ESI possa, al di là del metodo DCF, essere integrato in altri metodi di valutazione correntemente usati.

### **2.3.6.8 Sintesi e conclusioni sugli aspetti economici della sostenibilità**

#### **2.3.6.8.1 Gli sviluppi internazionali**

Negli ultimi anni sono state svolte a livello internazionale alcune ricerche sul tema Economia-Sostenibilità.

Si tratta di ricerche spesso indipendenti, ma per questo motivo hanno sviluppato più aspetti dell'argomento.

Esse hanno in comune gli obiettivi di:

- ▲ *fornire informazioni a supporto dei processi decisionali che tengano in conto gli obiettivi e le modalità per il raggiungimento della sostenibilità*
- ▲ *spingere il mercato immobiliare verso la diffusione di edifici sostenibili, facendo leva sui vantaggi economici che offrono gli edifici sostenibili in confronto a quelli convenzionali.*

Esse interessano tutta la catena degli stakeholders coinvolti nel processo edilizio, o se vogliamo nel

ciclo di vita (Daniotti B., 2012) dell'edificio, nel momento in cui si ritrovano a dover fare valutazioni (confronti, verifica di disponibilità) finalizzate a decisioni:

- ^ Investitori – proprietari (verifica della congruità del prezzo d'acquisto, confronto tra alternative, previsione dei rischi d'investimento)
- ^ Investitori - finanza (verifica della convenienza dell'investimento)
- ^ Conduttori - utenti (controllo dei costi d'uso, dalla manutenzione ordinaria-straordinaria ai consumi)
- ^ Progettisti (ricerca delle soluzioni architettoniche e tecnologiche per ottimizzare i costi)
- ^ Produttori – imprese (ricerca, sviluppo di innovazioni ed esecuzione di soluzioni tecniche efficienti per ottimizzare i costi).

I temi-chiave sono sostanzialmente due:

- ^ le implicazioni (aspetti, performances) economiche lungo il *ciclo di vita come aspetto della sostenibilità*, secondo l'approccio Life Cycle nel quale stanno confluendo le metodologie di valutazione europee, tramite l'attività del Comitato CEN / TC350
- ^ le implicazioni (cause-effetti) economiche delle performance di sostenibilità sul *valore di mercato*.

Per comprendere quali aspetti economici possano essere utilizzati nel metodo oggetto di tesi, e come, si sono in particolare studiati i seguenti argomenti, esperienze ed attività in corso:

- ^ Norme armonizzate CEN / TC 350: Economic performance – EN 15643-4
- ^ L'analisi Life Cycle Costing secondo lo standard ISO
- ^ Integrazione della LCC nei sistemi di valutazione della sostenibilità (DGNB, BNB)
- ^ Economia delle costruzioni e costi d'uso
- ^ Costi associati alla fase d'uso
- ^ Criteri di sostenibilità, indicatori economici e valore di mercato
- ^ Indicatore ESI di sostenibilità economica e sintesi sull'approccio economico.

Di seguito un loro quadro riassuntivo, con evidenziazione degli input per la costruzione del metodo obiettivo della tesi.

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

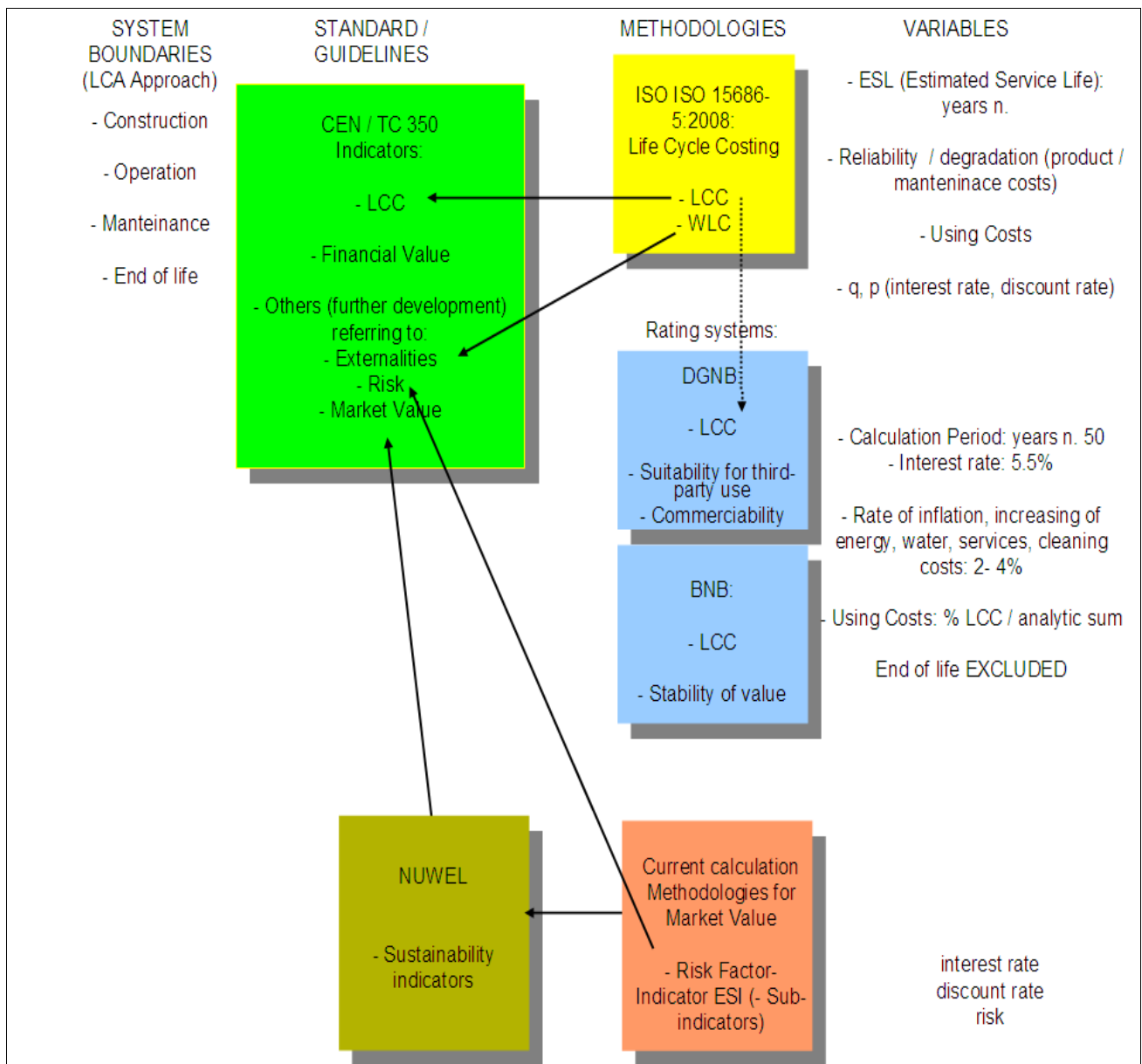


Fig. 2.298 - Quadro dello stato dell'arte dello sviluppo della componente della prestazione economica nella valutazione di sostenibilità nelle costruzioni

**2.3.6.8.2 Norme armonizzate CEN / TC 350: Economic performance – EN 15643-4**

La norma armonizzata europea EN 15643-4 si applica a tutte le tipologie di nuovi edifici per la valutazione della prestazione economica su tutto il loro *ciclo* e agli edifici esistenti sulla loro restante service life (Daniotti B., 2012) e fino alla fine della fase di vita.

La valutazione della prestazione economica di un edificio riguarda i costi del ciclo di vita (Fig. 2.299) e altri aspetti economici, tutti espressi attraverso *indicatori quantitativi*. Esclude la valutazione del rischio economico e calcoli sul ritorno dell'investimento.





### 2.3.6.8.3 L'analisi Life Cycle Costing secondo lo standard ISO

L'approccio alla valutazione del valore di un immobile "Life Cycle Costing", di natura *previsionale*, consente di *calcolare i costi necessari alla gestione futura*, andando a sommare tutti gli oneri che si prevede si sosterranno per il funzionamento dell'edificio, per poter stanziare anticipatamente i fondi necessari alla copertura delle spese (Fig. 2.300).

Lo standard *ISO 15686-5:2008(E) Buildings and constructed assets — Service-life planning — Part 5: Life-cycle costing* (Fig. 2.301), definisce il life-cycle costing "tecnica di valutazione usata per prevedere e valutare la prestazione di costo di un progetto" ed è un tipico metodo di *calcolo dinamico del valore attuale netto per annualità*.

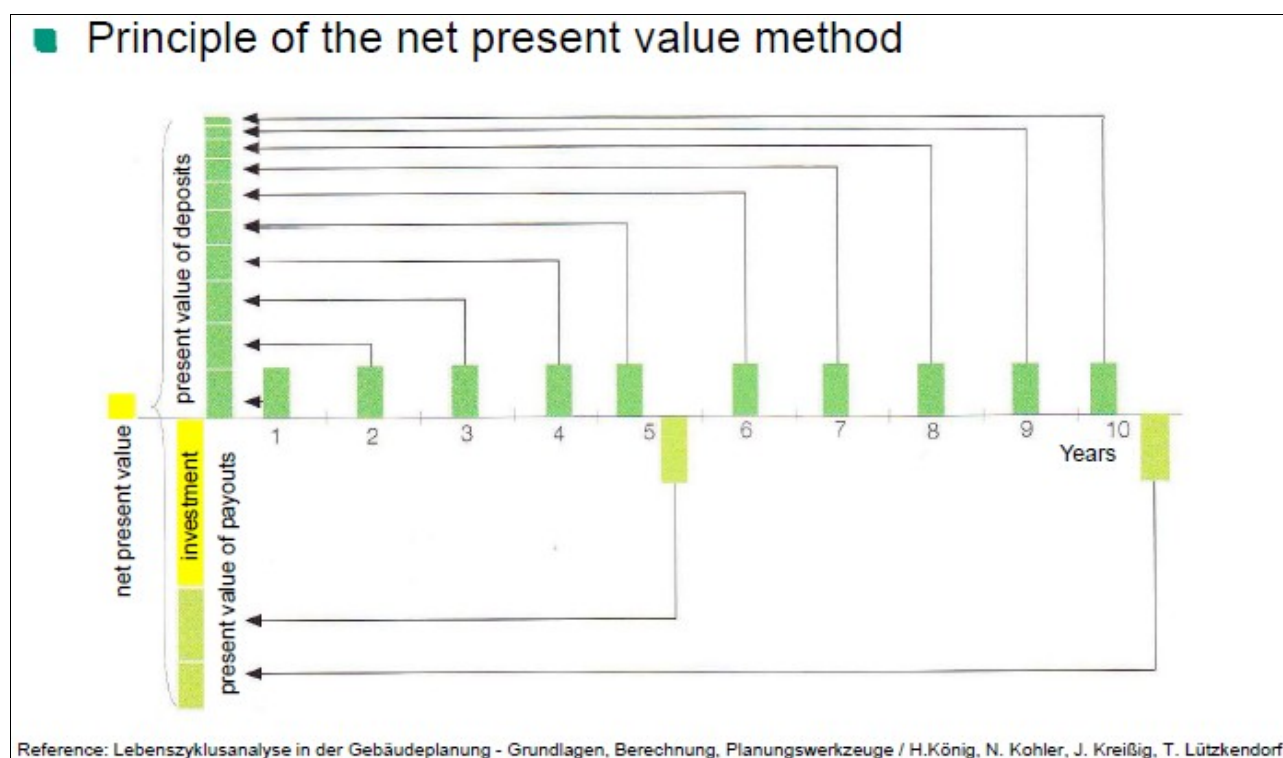


Fig. 2.300 - Visualizzazione del principio sul quale si basa il metodo di calcolo del valore di un immobile attraverso il "Life Cycle Costing" secondo lo standard ISO 15686-5:2008(E) (Lennerts K., 2012)

Tra gli elementi di criticità di questo approccio vi sono difficoltà di:

- ⤴ reperimento dei dati sulla *durata del ciclo di vita*
- ⤴ previsione dei *costi di manutenzione* (sistema edilizio e sistema impiantistico) e loro distribuzione temporale.

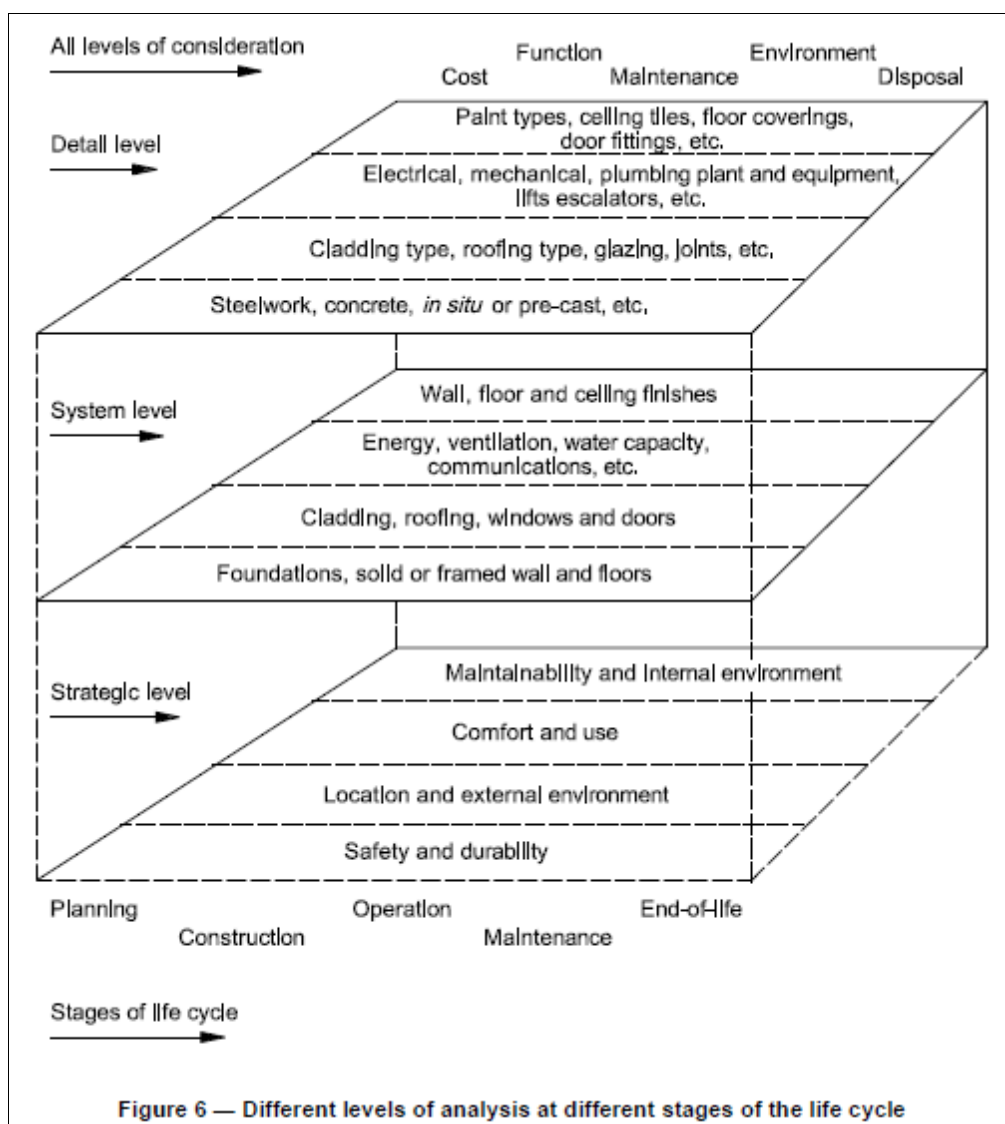


Fig. 2.301 - Differenti livelli di analisi per differenti fasi del ciclo di vita. Fonte: ISO 15686-5:2008(E)

Il *WLC* (*Whole Life Cost*) è invece l'insieme di tutti i significativi e rilevanti, iniziali e futuri, costi e benefici su un asset, attraverso il suo ciclo di vita (Daniotti B., 2012), necessari per rispondere ai requisiti prestazionali. E' la metodologia che prende in considerazione economica non solo i costi, ma anche i benefici (entrate, finanziamenti) e le esternalità (impatti economici positivi o negativi sul contesto) (Fig. 2.302).

Figure 2 indicates graphically the costs that should be included in life-cycle costing and those wider costs and incomes that should be referred to as whole-life costs.

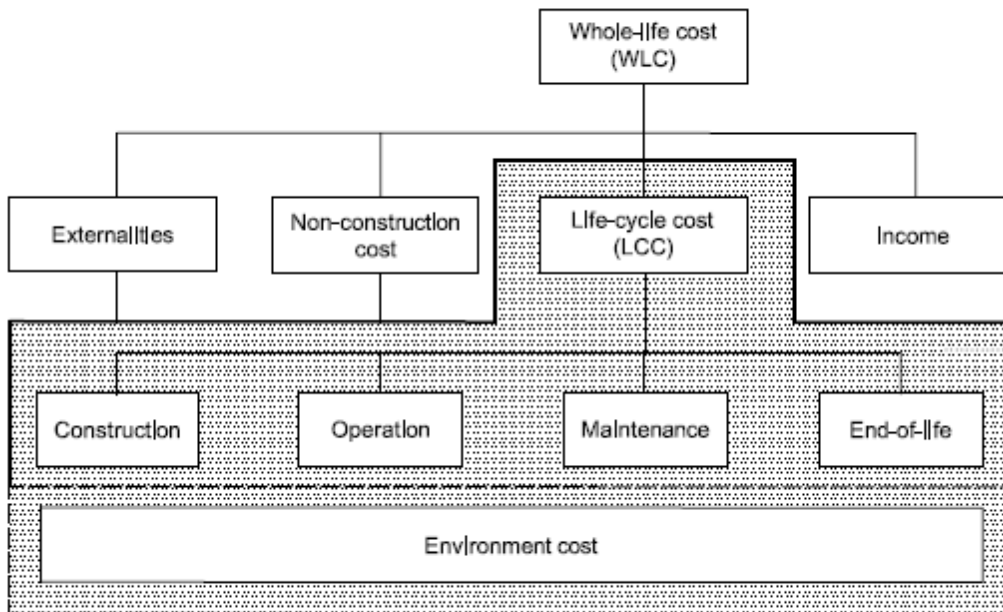


Figure 2 — WLC and LCC elements

Fig. 2.302 - Elementi da considerare per il calcolo del LCC e del WLC. Fonte: ISO 15686-5:2008(E)

I parametri che intervengono nella LCC sono:

- ⤴ ESL
- ⤴ Tassi di sconto (dipendenti dall'inflazione e dagli aumenti di costo dell'energia).

#### 2.3.6.8.4 Sistemi di valutazione della sostenibilità che includono gli aspetti economici (DGNB, BNB)

I sistemi di valutazione tedeschi DGNB e BNB, a differenza di Leed e Breeam sono gli unici a includere anche gli aspetti / indicatori economici nella valutazione (Tab. 2.6), rispettivamente raggruppati sotto i seguenti macro-criteri:

Tab. 2.6 - Macro-criteri ed assunzioni considerati nei sistemi di valutazione DGNB e BNB per la stima della componente economica della sostenibilità

<i>Sistemi di rating</i>	<i>Macro-criteri</i>	<i>Assunzioni</i>
DGNB	<ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ LCC (costi del ciclo di vita)</li> <li>⤴ Adattabilità all'uso di una terza parte</li> <li>⤴ Commerciabilità</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ Periodo di calcolo: 50 anni</li> <li>⤴ Indicatore: Euro/mqBGF/y dove, in base alle Norme DIN 277 (2005), BGF (Brutto-Gründungsfläche) è la superficie lorda coperta (mq) y sta per anno</li> <li>⤴ Confronto con costi di riferimento (benchmarks), calcolati con lo stesso modello di calcolo, per differenti categorie</li> <li>⤴ Valutazione in crediti derivanti dal confronto con il benchmark</li> <li>⤴ Tasso di interesse pari a 5,5%</li> <li>⤴ Inflazione 2,0%</li> <li>⤴ Tasso di sconto nominale pari a 3,5% (5,5-2,0)</li> <li>⤴ Tasso di crescita dei costi dell'Energia (gas, elettricità, ecc) 4%</li> <li>⤴ Tasso di crescita dei costi dell'Acqua e per lo scarico dell'Acqua 2%</li> <li>⤴ Tasso di crescita dei costi dei servizi di manutenzione ordinaria e del servizio di pulizia 2%</li> </ul>
BNB	<ul style="list-style-type: none"> <li>⤴ LCC</li> <li>⤴ Stabilità del valore</li> </ul>	

L'estensione di 50 anni, non motivata scientificamente, costituisce in realtà un compromesso tra il breve punto di vista temporale degli investitori (20-30 anni) e il lungo periodo usato nella LCA (100 anni). Infatti, tra i limiti principali della metodologia DGNB, i LCC, a differenza di quanto indicato nello standard CEN / TC 350 e di quanto stabilito nella metodologia ISO, sono basati su un approccio legato alla vita economica dell'immobile, visto più come bene da sfruttare economicamente che come edificio e quindi identificato da un preciso ciclo di vita (approccio LCA). Da qui discendono:

- ⤴ *il limite dei 50 anni del periodo di calcolo*
- ⤴ *l'esclusione della fase di fine vita dal calcolo.*

Le ricerche che hanno supportato lo sviluppo di questi standard negli ultimi anni hanno avvicinato gli approcci *LCC* e *LCA*, mostrando i legami tra indicatori economici e indicatori ambientali. *Controllando (e riducendo) infatti i costi in fase di costruzione ed uso ad es. attraverso la minimizzazione della domanda di energia o l'uso di energia rinnovabile, si riducono anche le emissioni climalteranti.*

### 2.3.6.8.5 Costi d'uso

Nel calcolo dei LCC la fase d'uso incide mediamente in maniera rilevante, potendo i costi relativi raggiungere l'80% di quelli calcolati in tutto il ciclo di vita.

La valutazione economica della fase d'uso è caratterizzata dai seguenti dati di input e output, quantitativi, monetari e qualitativi, nonché esternalità (Prof. Christian Stoy: Corso di Economia delle Costruzioni 2012, Università di Stoccarda):

#### *Input*

- ⤴ quantitativi: fabbisogno energetico (KWh)
- ⤴ monetari: costi di manutenzione
- ⤴ non monetari: effetti nocivi alla salute dovuti ai materiali da costruzione
- ⤴ esternalità negative: effetto sprawl nel territorio

#### *Output*

- ⤴ quantitativi: riscaldamento (KWh)
- ⤴ monetari: reddito da locazione
- ⤴ non monetari: qualità dell'abitare
- ⤴ esternalità positive: abbellimento del paesaggio.

Recenti studi hanno individuato fattori-chiave che influenzano i costi in fase d'uso:

- ⤴ Dimensioni totali dell'edificio e specifici indicatori di superficie
- ⤴ Compattezza
- ⤴ Massa termica
- ⤴ Standard d'isolamento termico
- ⤴ Tipo di fonte energetica
- ⤴ Standard e condizioni degli impianti tecnici
- ⤴ Caratteristiche dell'utilizzo (tipo e intensità)
- ⤴ Posizione.

### 2.3.6.8.6 Conclusioni sullo stato dell'arte della componente economica della sostenibilità

Dall'esame delle attività e delle ricerche in corso e svolte a livello internazionale sulla componente economica per la valutazione della sostenibilità nelle costruzioni si possono trarre le seguenti conclusioni:

- ⤴ Dopo quella ambientale e sociale, la componente relativa alla valutazione delle prestazioni economiche per la valutazione della sostenibilità totale è quella su cui più recentemente sono state avviate attività di normazione armonizzata a livello europeo. Un primo framework è già disponibile e si appoggia allo standard ISO per il calcolo del LCC (*Life Cycle Cost*), primo indicatore individuato e condiviso, *strategico* per l'*ottimizzazione* dei processi lungo il ciclo di vita dell'edificio. Si attendono i futuri sviluppi, con l'aggiunta di ulteriori indicatori condivisi dai gruppi di lavoro europei, in particolare relativi al *Valore di mercato*. Lo sviluppo dello standard CEN / TC 350 in vista dell'allargamento della lista degli indicatori validati dovrà pertanto favorire ulteriori ricerche su questi aspetti e recepire i

risultati di ricerche già svolte, tra cui quella descritta nelle linee guida *Nuwel (Nachhaltigkeit und Wert-ermittlung von Immobilien. Leitfaden für Deutschland, Österreich und die Schweiz)*.

Inoltre, come già evidenziato nello standard, che stabilisce che i costi lungo il ciclo di vita possano essere calcolati mediante la metodologia ISO ma anche sulla base di dati storici, dovranno aumentare gli *studi empirici* necessari per costruire banche dati, nazionali ed internazionali, sempre più efficaci ed attendibili (come quelle del BKI Baukosteninformationszentrum).

- ▲ L'introduzione degli aspetti economici nella promozione della sostenibilità nelle costruzioni è potenzialmente strategica, agendo nel mercato, in quanto i *costi* costituiscono ancora una barriera alla diffusione delle costruzioni sostenibili.
- ▲ La materia dell'economia delle costruzioni è storicamente una materia complessa, multidisciplinare, che coinvolge un gran numero di *stakeholders del processo edilizio*, soprattutto nelle prime fasi, quelle previsionali. Negli anni si è sviluppata con proprie modalità, producendo e applicando un certo numero di metodologie. Come alcune ricerche dimostrano (es. Nuwel), se da un lato l'integrazione tra sostenibilità ed economia si attua attraverso l'introduzione della *componente economica nelle metodologie di valutazione della sostenibilità*, dall'altro è la *sostenibilità a dover essere introdotta nelle metodologie correntemente usate in economia delle costruzioni*. Le ricerche che hanno prodotto e impiegato l'indicatore e il fattore *ESI (Economic Sustainability Indicator)*, Meins, Wallbaum, Hardziewski, Feige, 2010) lo dimostrano.
- ▲ Dalle ricerche svolte si riscontra sempre più *interdipendenza tra la componente economica e quelle ambientale e sociale* e sempre più spesso che favorire le componenti ambientale e sociale non comporta necessariamente un aumento dei costi, ma piuttosto agire su una riduzione dei costi può portare anche ad una riduzione degli effetti negativi sull'ambiente (König, De Cristofaro, 2012). Ciò da un lato accresce la strategicità degli sviluppi riguardanti le performances economiche, dall'altro potrebbe sviluppare in futuro un'integrazione tra l'*approccio LCA* (su cui si basa lo sviluppo dei sistemi di valutazione della sostenibilità di seconda generazione) e l'*approccio LCC*. Questi sviluppi costituirebbero una base utile per la futura revisione degli standard CEN / TC 350, che, come già anticipato, affronteranno il tema della sostenibilità nelle costruzioni in una *prospettiva integrata*, ovvero non più multi-disciplinare (prestazioni ambientali, sociali ed economiche) ma inter-disciplinare.
- ▲ Lo sviluppo di una prospettiva integrata ambientale-sociale-economica potrebbe influenzare anche gli sviluppi dell'economia delle costruzioni, allargando gli obiettivi e i punti di vista / interessi dei soggetti per conto dei quali una stima viene fatta.  
L'affiancamento delle componenti ambientale e sociale a quella economica amplia infatti il concetto di "convenienza" e "beneficio" sociale in senso etico e a lungo termine verso la crescente domanda di una sempre maggiore assunzione di responsabilità sociale degli investitori immobiliari proveniente dalla società civile.  
Come dimostrato da recenti ricerche, cresce la consapevolezza tra i proprietari (CRESS Corporate Real Estate and Sustainability Survey, 2011; Meins, Wallbaum, Hardziewski, Feige, 2010) che una scelta di proprietà a favore della *sostenibilità riduce i rischi futuri, premiando la disponibilità a pagare dell'investitore* a lungo termine, tempo in cui gli interessi finiscono per allinearsi a quelli della collettività, che richiede all'oggi dell'investimento l'impegno a favore di prestazioni ambientali e sociali.
- ▲ Un altro possibile sviluppo può prevedersi nell'approfondimento del *rapporto tra ESL (Estimated Service Life)* dell'edificio e i suoi elementi tecnici e il *periodo di calcolo del*

*LCC*, che oggi non è condiviso, soprattutto per il fatto che la ricerca sulle previsioni e sull'uso nelle metodologie di calcolo, della Service Life, della vita utile economica e del periodo di riferimento per il LCC è svolta da gruppi diversi e non interagenti.

- ⤴ Ora che lo standard armonizzato prodotto dal CEN / TC 350 sancisce l'introduzione delle performance economiche nella valutazione della sostenibilità nelle costruzioni, i *sistemi rating* nazionali e internazionali ancora di prima generazione *dovranno adeguarsi*, introducendo, oltre alle componenti ambientale e sociale, anche quella economica. I sistemi DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V) e BNB (Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen für Bundesgebäude) sono avvantaggiati rispetto agli altri, avendo già integrato questa componente nella loro metodologia di calcolo. Tuttavia, per *allinearsi completamente*, dovranno inserire la *fase del fine vita* e tener conto delle relative implicazioni economiche, positive (riuso, recupero, riciclo) e negative (spese dismissione).

#### **2.3.6.8.7 Output dell'analisi utili per lo sviluppo del metodo**

Analizzati gli indicatori economici definiti dagli standard correnti e dalle ricerche svolte, la tabella che segue (Tab. 2.7) riporta, indicatore per indicatore e secondo una logica top-down:

- ⤴ la valutazione (e le ragioni) della rilevanza per la costruzione di un metodo di gestione della sostenibilità applicato al caso studio del Campus sostenibile
- ⤴ l'individuazione delle variabili da cui dipendono gli indicatori
- ⤴ l'indicazione delle strategie di ottimizzazione della sostenibilità, in una prospettiva life cycle e di processo edilizio, attraverso i rispettivi indicatori economici

Tab. 2.7 - Tabella riassuntiva degli indicatori di sostenibilità economica

<b>Indicatore di sostenibilità economica e target</b>	<b>Livello di rilevanza (basso / medio / alto)</b>	<b>Motivazioni della rilevanza</b>	<b>Variabili (indipendenti, da cui dipende l'indicatore)</b>	<b>Strategie di ottimizzazione della sostenibilità</b>
<i>LCC</i> Minimizzazione	alto	In una valutazione nell'interesse di tutti gli stakeholders immobiliari, specialmente quando il proprietario coincide con il conduttore/gestore dell'immobile, la LCCA deve condurre ad un risultato efficiente	- ESL (elementi tecnici, edificio) Affidabilità / degrado Fabbisogno energetico, idrico Accessibilità/smontabilità per la pulizia (costi in fase d'uso)  - Riciclabilità, riusabilità (costi fine vita)	- Uso appropriato, manutenzione frequente, scelta di materiali/elementi tecnici con elevato grado di affidabilità, ottimizzazione tecnologica del sistema edificio / impianti e tecnologico / funzionale dei suoi componenti - Previsione in fase di progettazione di possibili soluzioni alternative di riuso, versatilità e attrezzabilità, smontabilità, uso di materiali riciclabili
<i>Valore finanziario</i> Massimizzazione	basso	Le rendite non sono una voce significativa per un proprietario pubblico, se non quelle derivanti ad es. dalla vendita di energia alla rete	Produzione di energia in eccesso rispetto al fabbisogno	Ottimizzazione della progettazione impiantistica (efficienza e basse perdite)
<i>Esternalità</i> Minimizzazione	medio	Alcuni interventi nel Campus sostenibile possono produrre effetti sul contesto esterno della città	Qualità dell'aria e degli spazi interni ed esterni; scelta di materiali eco; disponibilità di posti bici, servizi e tecnologie per il miglioramento della mobilità; servizi e tecnologie per la riduzione delle emissioni in aria, in acqua e dei rifiuti (prevenzione)	Attenzione al benessere in fase progettuale; predisposizione di collegamenti e servizi ai trasporti urbani più sostenibili; progettazione di servizi e tecnologie per una migliore mobilità; progettazione di servizi e tecnologie per la riduzione delle emissioni in aria, in acqua e dei rifiuti
<i>WLC</i> Minimizzazione	medio	Le esternalità positive sono da valorizzare	- Variabili del LCC Rendite  - Finanziamenti Produttività ed efficienza del Politecnico Valorizzazione della città e del Paese (attrazione	- Ottimizzazione dei processi e dei prodotti e delle tecnologie - Qualità dell'offerta formativa e della produzione scientifica Qualità e innovazione nella progettazione e



"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

			degli investimenti) Alleggerimento della rete cittadina dei trasporti di persone e dei trasporti di energia, acqua e rifiuti	nell'esecuzione Progettazione di servizi e tecnologie per la riduzione dei carichi di mobilità e dell'uso delle risorse
<i>Rischio (ESI)</i> Minimizzazione	alto	Interventi sostenibili giustificano maggiori investimenti iniziali per un maggior valore della proprietà a medio e lungo termine	Sub-indicatori dei gruppi: Flessibilità / versatilità Dipendenza energetica e idrica Accessibilità e mobilità Sicurezza e protezione Salute e comfort	Ottimizzazione della progettazione spaziale, funzionale, tecnologica; qualità nella esecuzione e nei materiali / prodotti
<i>Valore di mercato</i> Massimizzazione	basso	Nella proprietà pubblica il valore di mercato non è utile, essendo prioritarie altre prestazioni a breve-medio termine	Indicatori di sostenibilità, dalle prestazioni di livello nazionale a quelle dell'edificio	Impossibilità di agire sugli aspetti nazionali. Ottimizzazione della qualità urbana, tecnica, funzionale, ambientale, di processo, sanitaria, della sicurezza, ecc.
<i>Stabilità del valore</i> Massimizzazione	medio	In una prospettiva a lungo termine, in cui la proprietà pubblica è patrimonio / capitale e un bene può essere messo in vendita per ottenere liquidità o favorire altri investimenti immobiliari, è importante che la proprietà non si deprezzi	Affidabilità dell'edificio e dei suoi componenti Condizioni esterne	Analisi dello scenario finanziario e / o cosiddette "simulazioni con il metodo Monte Carlo" per il calcolo della deviazione attesa, derivante dalla modellazione, dal valore corrente dell'edificio al variare delle condizioni future. Ottimizzazione di prodotto e di processo

## 2.3.7 Progetti europei per lo sviluppo di metodi di valutazione della sostenibilità

### 2.3.7.1 I progetti del Settimo Programma Quadro

Nell'ambito del Settimo Programma Quadro della Commissione Europea, sono stati realizzati due progetti, che hanno contribuito al processo di sviluppo degli standard per la valutazione della sostenibilità degli edifici: Open-House e SuperBuildings. Nell'attività in corso da parte dei gruppi CEN (Grosso M., 2008) si stanno integrando ulteriori risultati dei progetti.

### 2.3.7.2 Il progetto Open-House

*Open-House*: coordinato dal DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen), ha avuto come obiettivo sviluppare e attuare un modello di valutazione comune europeo trasparente, integrando quelli già esistenti e riducendo ad un massimo di 30 i 580 indicatori complessivi, impiegando un approccio aperto e una piattaforma tecnica ([www.openhouse-fp7.eu](http://www.openhouse-fp7.eu)) (Fig. 2.303, Fig. 2.304).

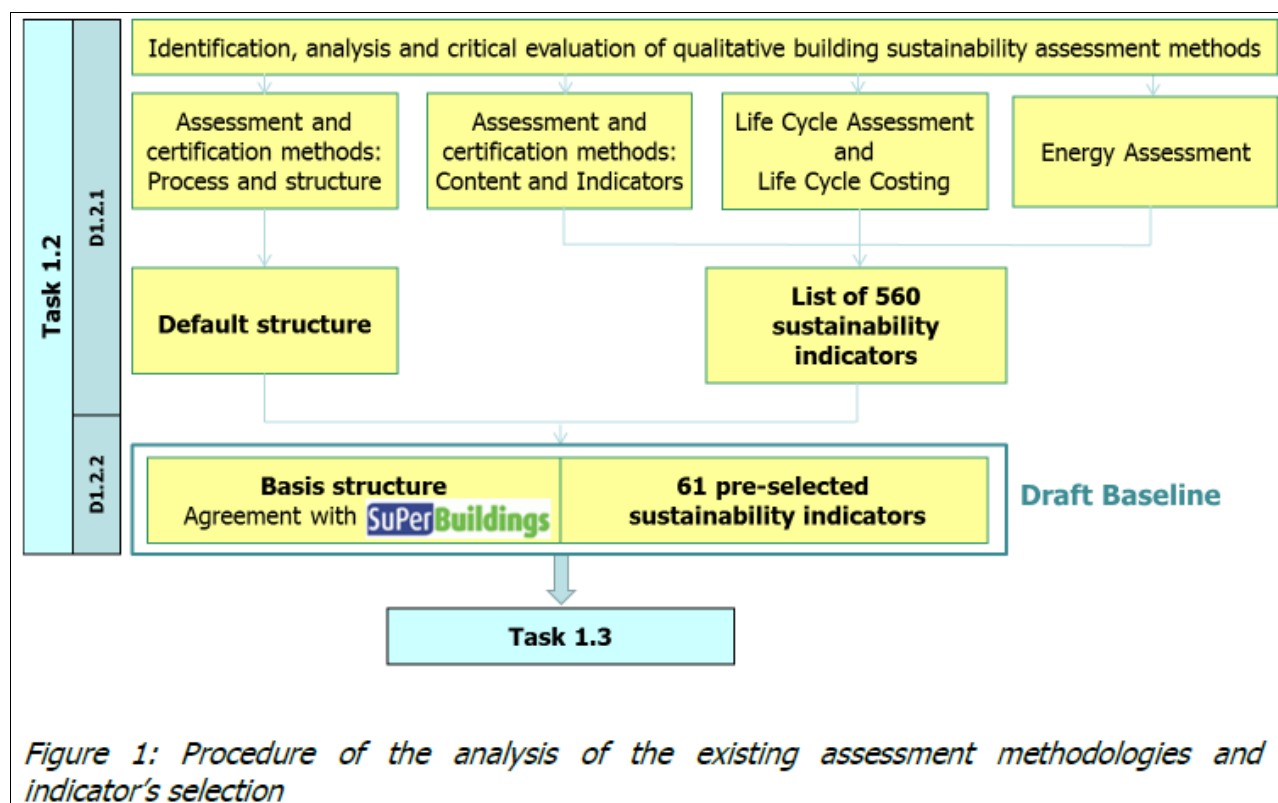


Fig. 2.303 - Schema della procedura di analisi delle metodologie di valutazione esistenti e di selezione degli indicatori (Open-House, 2010)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Primary Quality	OPEN HOUSE Full System Indicators	Points Indicator	Points maximal	Degree of performance Indicator	Indicator Weighting	Category Weighting	Degree of performance overall
Environmental Quality	1.1 Global Warming Potential (GWP)	67	100	67%	1	33%	
	1.2 Ozone Depletion Potential (ODP)	50	100	50%	1		
	1.3 Acidification Potential (AP)	10	100	10%	1		
	1.4 Eutrophication Potential (EP)	0	100	0%	1		
	1.5 Photochemical Ozone Creation Potential (POCP)	25	100	25%	1		
	1.6 Risk from materials	100	100	100%	1		
	1.7 Biodiversity and Depletion of Habitats	100	100	100%	1		
	1.8 Light Pollution	75	100	75%	1		
	1.9 Non-Renewable Primary Energy Demand (PDn)	50	100	50%	1		
	1.10 Total Primary Energy Demand and Percentage of Renewable Primary Energy	100	100	100%	1		
	1.11 Water and Waste Water	100	100	100%	1		
	1.12 Land use	10	100	10%	1		
	1.13 Waste	25	100	25%	1		
	1.14 Energy efficiency of building equipment (ifts, escalators, etc.)	25	100	25%	1		
Social / Functional Quality	2.1 Barrier-free Accessibility	100	100	100%	1	33%	66%
	2.2 Personal Safety and Security of Users	55	100	55%	1		
	2.3 Thermal Comfort	100	100	100%	1		
	2.4 Indoor Air Quality	75	100	75%	1		
	2.5 Water Quality	25	100	25%	1		
	2.6 Acoustic Comfort	75	100	75%	1		
	2.7 Visual Comfort	50	100	50%	1		
	2.8 Operation Comfort	65	100	65%	1		
	2.9 Service Quality	20	100	20%	1		
	2.10 Electro Magnetic Pollution	10	100	10%	1		
	2.11 Public Accessibility	0	100	0%	1		
	2.12 Noise from Building and Site	0	100	0%	1		
	2.13 Quality of the Design and Urban Development of the building and Site	0	100	0%	1		
	2.14 Area Efficiency	25	100	25%	1		
	2.15 Conversion Feasibility	50	100	50%	1		
	2.16 Bicycle Comfort	100	100	100%	1		
	2.17 Responsible Material Sourcing	100	100	100%	1		
2.18 Local Material	100	100	100%	1			
Economic Quality	3.1 Building-related Life Cycle Costs (LCC)	85	100	85%	1	33%	
	3.2 Value Stability	100	100	100%	1		
Technical Characteristics	4.1 Fire Protection	0	100	0%	1		56%
	4.2 Durability of the structure and Robustness	75	100	75%	1		
	4.3 Cleaning and maintenance	25	100	25%	1		
	4.4 Resistance against hail, storm high water and earthquake	75	100	75%	1		
	4.5 Noise Protection	50	100	50%	1		
	4.6 Quality of the building shell	65	100	65%	1		
	4.7 Date of Deconstruction, Recycling, and Dismantling	100	100	100%	1		
Process Quality	5.1 Quality of the Project's Preparation	0	100	0%	1		46%
	5.2 Integral Planning	100	100	100%	1		
	5.3 Optimization and Complexity of the Approach to Planning	75	100	75%	1		
	5.4 Evidence of Sustainability during Bid Invitation and Awarding	25	100	25%	1		
	5.5 Construction Site Impact/ Construction Process	75	100	75%	1		
	5.6 Quality of the Executing Contractors/Pre-Qualification	50	100	50%	1		
	5.7 Quality Assurance of Construction Execution	65	100	65%	1		
	5.8 Commissioning	20	100	20%	1		
	5.9 Monitoring, Use and Operation	0	100	0%	1		
The location	6.1 Risk at the Site	75	100	75%	1		55%
	6.2 Circumstances at the Site	0	100	0%	1		
	6.3 Options for Transportation	25	100	25%	1		
	6.4 Image and Condition of the Location and Neighbourhood	50	100	50%	1		
	6.5 Vicinity to amenities	100	100	100%	1		
	6.6 Adjacent Media, Infrastructure, Development	80	100	80%	1		

*Table 6. OPEN HOUSE weighting*

Fig. 2.304 - Pesatura di un panel di indicatori selezionato tra quelli esistenti (Open-House, 2010)

### 2.3.7.3 Il Progetto SuPerBuildings

Il Progetto SuPerBuildings "Sustainability and Performance assessment and Benchmarking of Buildings", coordinato dal VTT ([www.vtt.fi](http://www.vtt.fi), Technical Research Centre of Finland - Business from Technology), parte dalla consapevolezza che i sistemi di rating volontari nazionali che sono in uso in alcuni Paesi europei da alcuni anni non hanno sortito gli effetti desiderati per il progresso della edilizia sostenibile. Il grande numero di sistemi diversi ostacola perfino l'accettazione e la trasferibilità dei sistemi in Europa. I principi della sostenibilità prestazionale degli edifici e la conoscenza dei livelli di prestazione dovrebbero essere noti in tutte le fasi di progettazione e di costruzione, nonché nella gestione della manutenzione degli edifici e degli interventi di ristrutturazione, per essere efficaci. SuperBuildings si è prefisso di contribuire strategicamente ad una comprensione comune e alla diffusione della sostenibilità in edilizia utilizzando i metodi di valutazione comparativa, quali leve di valorizzazione nel mercato immobiliare. Al progetto SuPerBuildings hanno partecipato attivamente anche alcuni istituti di ricerca tedeschi. La Germania di fatto ha contribuito attivamente sin dall'inizio alle attività di standardizzazione, anche supportandole con proposte. Il KIT di Karlsruhe, il DGNB e il Fraunhofer Institut sono i maggiori attori di questa collaborazione. In particolare, il contributo tedesco riguarda:

- ▲ studi sugli *interessi degli stakeholders*
- ▲ *tipo e struttura degli indicatori*
- ▲ struttura del report diagnostico dell'oggetto della valutazione
- ▲ definizione di funzionale equivalente
- ▲ modello del ciclo di vita degli edifici (Fig. 2.305)
- ▲ controllo di completezza della diagnosi di un oggetto.

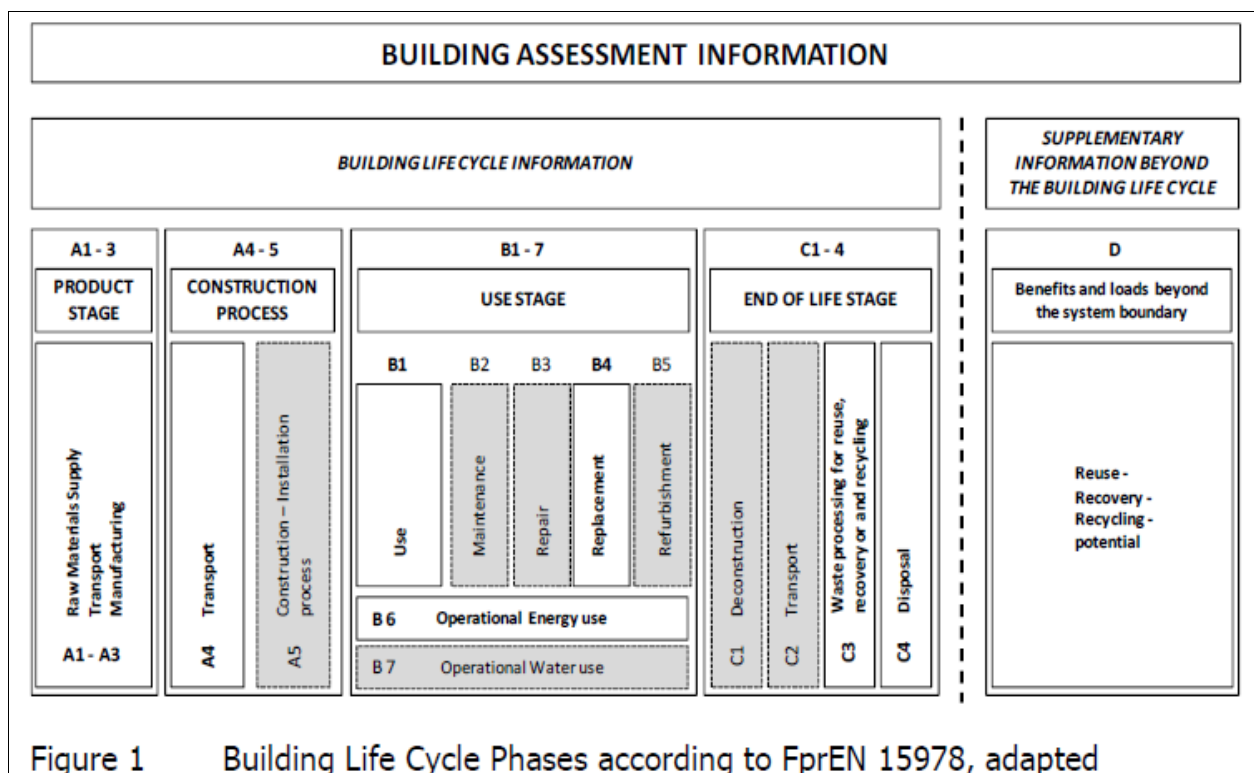


Fig. 2.305 - Organizzazione delle fasi del ciclo di vita degli edifici, sviluppata nel progetto Open-House sulla base degli schemi definiti dal CEN / TC 350 (Open-House, 2010)

### 2.3.7.4 Obiettivi generali di SuPerBuildings

Il progetto SuPerBuildings intende dimostrare che è possibile:

- ^ Migliorare l'*efficacia* dei sistemi sostenibili di benchmarking
- ^ Sviluppare una *struttura logica* per la valutazione della sostenibilità degli edifici considerando l'impatto ambientale, prestazioni economiche e sociali degli edifici
- ^ Definire *indicatori di sostenibilità* per gli edifici e *livelli minimi di prestazione*
- ^ Definire *criteri di valutazione comparativa* per gli edifici sostenibili
- ^ Utilizzare efficacemente indicatori di sostenibilità in diverse *fasi del processo edilizio*, in particolare nella fissazione degli obiettivi, progettazione, costruzione e procedure di appalto, nella gestione della manutenzione e delle ristrutturazioni edilizie
- ^ Utilizzare gli indicatori di sostenibilità come *strumento di governo* dell'edilizia sostenibile.

Il quadro per la valutazione delle prestazioni ambientali, sociali ed economiche viene attualmente sviluppato nell'ambito dei processi normativi in corso CEN e ISO. Il progetto prende in considerazione gli output dei processi di normalizzazione e si concentra sullo sviluppo dei livelli di performance e di usabilità dei sistemi di benchmarking e di etichettatura degli edifici sostenibili.

### 2.3.7.5 Obiettivi specifici di SuPerBuildings

Gli obiettivi specifici del progetto consistono in:

- ^ Sviluppare una *comprensione comune* sulle potenzialità della sostenibilità attraverso i metodi di valutazione e benchmarking e incoraggiare lo sviluppo sostenibile anche attraverso lo sviluppo di servizi
- ^ Esaminare e trarre conclusioni circa *l'utilità e le potenzialità* di valutazione della sostenibilità e dei metodi di analisi comparativa nelle diverse fasi dei processi di costruzione e studiare le potenzialità di queste linee guida in situazioni differenti (Fig. 2.306)
- ^ *Sviluppare indicatori* per valutare l'impatto ambientale, sociale ed economico prestazioni di edifici (Fig. 2.307)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

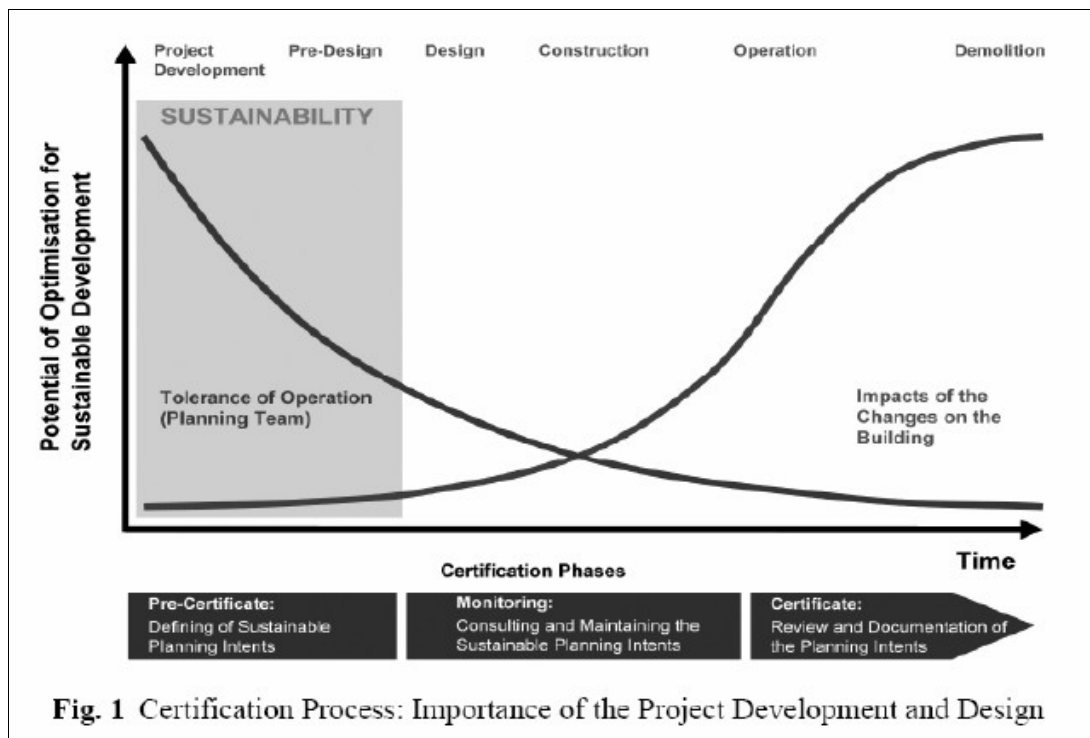


Fig. 2.306 - Grafico derivante dallo studio sul potenziale di ottimizzazione dello sviluppo sostenibile nelle fasi di certificazione (Open-House, 2010)

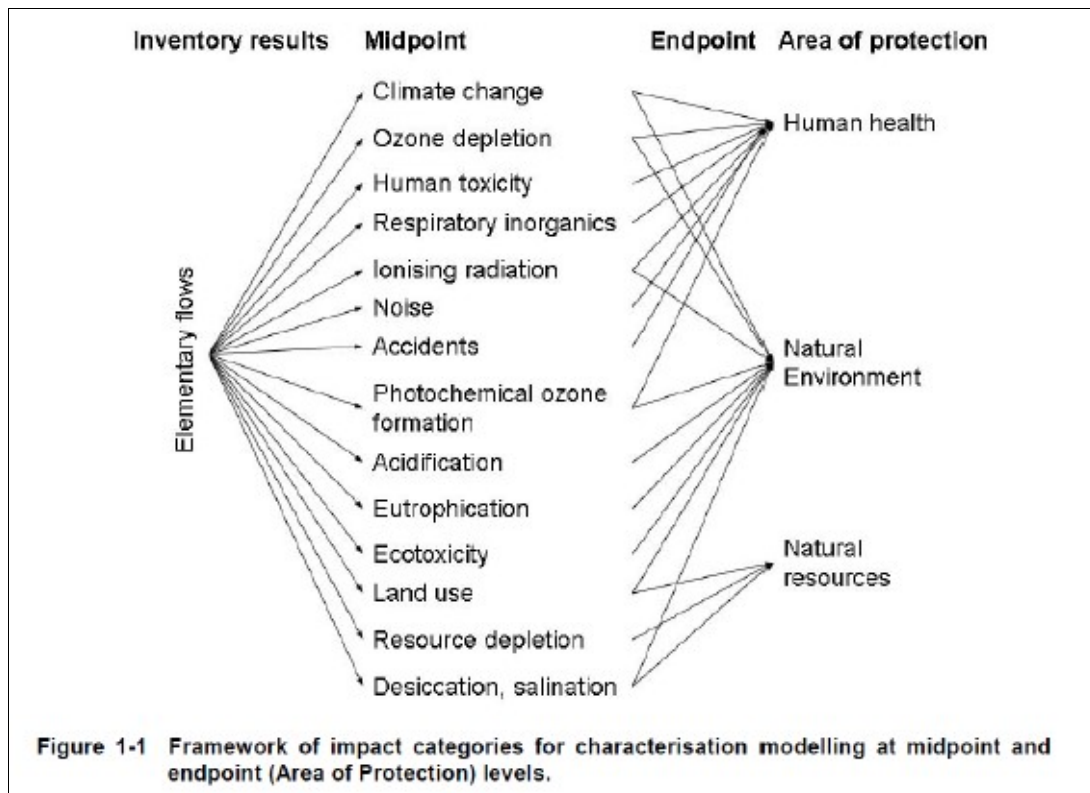


Fig. 2.307 - Grafico di studio delle categorie di impatto (SuPerBuildings, 2010)

### 2.3.7.6 Assunti specifici

Lo sviluppo del progetto si basa su una serie di assunti, che sono di seguito sintetizzati.

Aspetti / prestazioni / impatti *ambientali*:

- ⤴ L'impatto ambientale degli edifici può essere valutato con il supporto del metodo di valutazione lungo il *ciclo di vita*.
- ⤴ Questo avviene facendo un inventario sulle *risorse materiali ed energetiche* necessarie per la produzione e manutenzione della costruzione e valutando e controllando il consumo di energia (Masera G., 2004) necessaria per mantenere le prestazioni desiderate nell'edificio.
- ⤴ I risultati delle stime delle risorse impiegate e relative emissioni prodotte possono essere utilizzati come misure di prestazione ambientale attraverso indicatori degli impatti ambientali, tra i quali il *potenziale impatto sul cambiamento climatico*.
- ⤴ A questo modello per flussi entranti ed uscenti vanno aggiunti anche altri parametri, come la *durata e vita utile dei prodotti da costruzione e la flessibilità della struttura*.
- ⤴ Gli oneri ambientali di un edificio dipendono inoltre anche dalla sua *posizione* e dall'*accesso ai servizi*, che possono essere presi in esame anch'essi attraverso la valutazione del ciclo di vita, simulando l'uso dell'edificio e il comportamento degli utenti e valutando i relativi impatti legati ai trasporti e mobilità.
- ⤴ Tuttavia, è più facile semplificare la valutazione utilizzando l'accesso a servizi come misura di performance che indica il potenziale impatto ambientale.

Aspetti / prestazioni / impatti *sociali-economici*:

- ⤴ Gli impatti sociali ed economici degli edifici sono descritti dal livello di soddisfazione degli utenti, di salute e parità degli utenti, della produttività e dei profitti.
- ⤴ Le prestazioni dell'edificio e la sua posizione incidono su questi impatti. Ad esempio per quanto riguarda la localizzazione, l'accesso e la disponibilità di servizi e aree verdi, l'accessibilità e la qualità dell'ambiente interno, ma a anche la sicurezza.
- ⤴ Tuttavia, il problema fondamentale per quanto riguarda la valutazione di questi effetti è la commistione con altre cause. Per esempio, la produttività solo in parte dipende dalla costruzione e può essere difficile distinguere le prestazioni dell'edificio da altri aspetti legati al benessere degli utenti.
- ⤴ Un'altra questione di cui tener conto è che le prestazioni dell'edificio e la sua posizione non sono connesse solo agli impatti sociali ed economici, ma anche alle esigenze degli utenti, a partire dalla destinazione d'uso dell'edificio.
- ⤴ Un limite degli indicatori comuni è la mancanza di considerazione dell'adattabilità ai cambiamenti climatici.
- ⤴ Un altro fattore da considerare è che l'uso dell'edificio può variare durante il suo ciclo di vita, mentre il design si basa su ipotesi e valori impostati di default, che possono pertanto diventare insufficienti. A sua volta, ciò può avere un enorme impatto sulla soddisfazione degli utenti e le prestazioni dell'edificio.

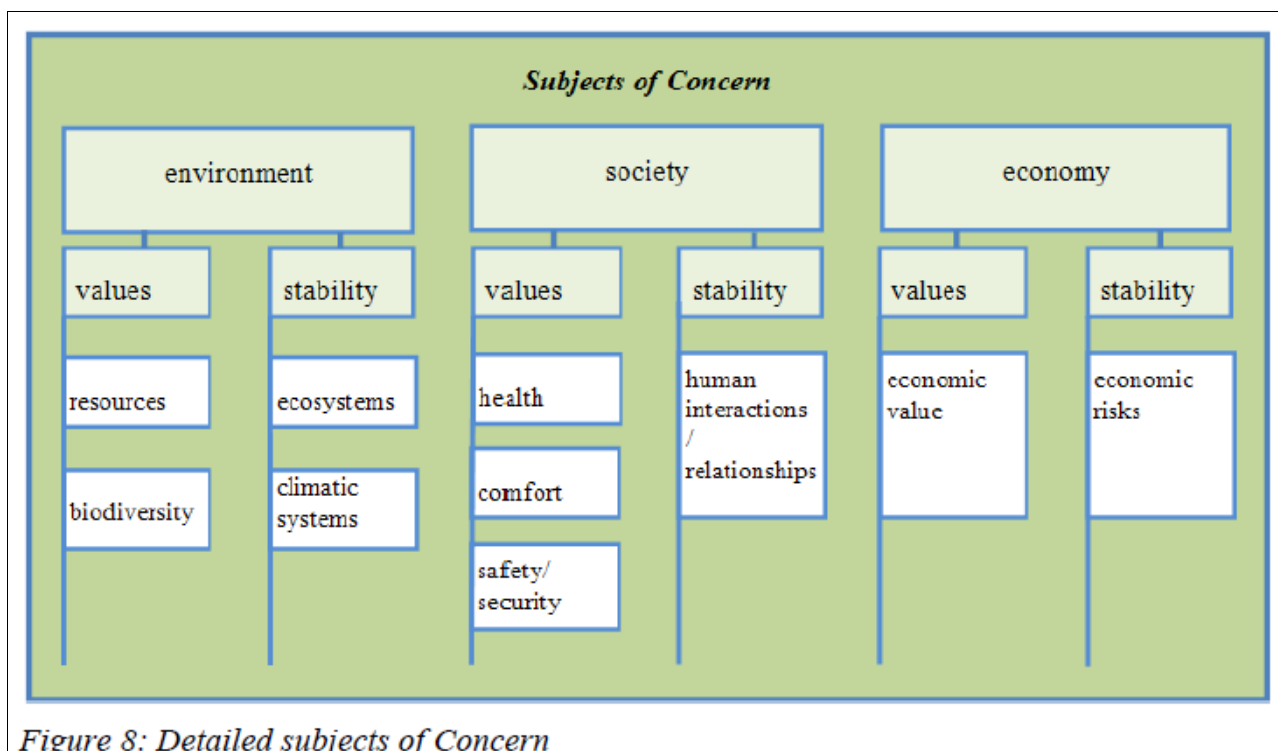


Fig. 2.308 - Quadro di base concettuale (SuPerBuildings, 2010)

### 2.3.7.7 L'approccio di SuPerBuildings (coinvolgimento degli stakeholders e obiettivi prestazionali)

Quello che è particolarmente interessante ed innovativo nel nuovo panorama europeo, soprattutto evidenziato dal Progetto Super Buildings, è lo spiccato orientamento a tutta la gamma degli *stakeholders* (progettisti, decisori politici, committenti, produttori, costruttori, ecc), i soggetti che saranno chiamati a tradurre concretamente i valori associati agli indicatori in tecnologie, progetti, piani, ecc. Questo tipo di approccio ha aperto nuovi scenari e lascia intravedere interessanti potenzialità.

Il programma ha, in effetti, sin da subito coinvolto gli stakeholders (Fig. 2.309), chiedendo, attraverso la somministrazione di un questionario (Fig. 2.310, Fig. 2.311) ai diversi gruppi, di indicare gli aspetti di loro maggiore interesse che una metodologia dovrebbe prendere in considerazione. Le *performances* associate alla valutazione diventano così *obiettivi prestazionali* che genereranno *innovazione*.

Il cosiddetto "*performance based building concept*", sul quale si è basato sin dall'inizio il processo di standardizzazione di livello europeo, è un concetto ben definito, collegato alla *Qualità Totale* degli edifici, principalmente in termini di *funzionalità* e *prestazioni tecniche* (Foliente G., 2006; documenti del network tematico sulla Performance-Based Building PeBBu).

Il concetto ricalca il principio già applicato nell'implementazione della Direttiva EPBD (2002/91/EC Energy Performance Building Directive) con il recepimento nelle legislazioni degli Stati Membri.

L'approccio prestazionale ha sostituito quello prescrittivo e ha innescato dei processi virtuosi, avviando la riduzione dei consumi energetici, che già dopo alcuni anni ha prodotto risultati



interessanti. Ma ha anche sensibilizzato il settore delle costruzioni e l'utenza finale ed attivato lo sviluppo di know-how, tecnologie e prodotti industriali nella direzione dell'efficienza energetica e dell'uso di rinnovabili.

Al contempo, l'approccio basato su una descrizione piuttosto tecnica e la valutazione delle prestazioni e della funzionalità si è orientato verso l'*inclusione di aspetti economici, ambientali e sociali*. La descrizione e la valutazione degli aspetti della sostenibilità (Scudo G., 2008) considerano infatti la prestazione economica, quella ambientale e sociale. Tale prestazione si collega alla prestazione tecnica e ai requisiti di funzionalità.

In altre parole, sta emergendo sempre più un *ponte tra il "performance based building" e la sostenibilità nell'edificio*, ovvero i due concetti stanno convergendo.

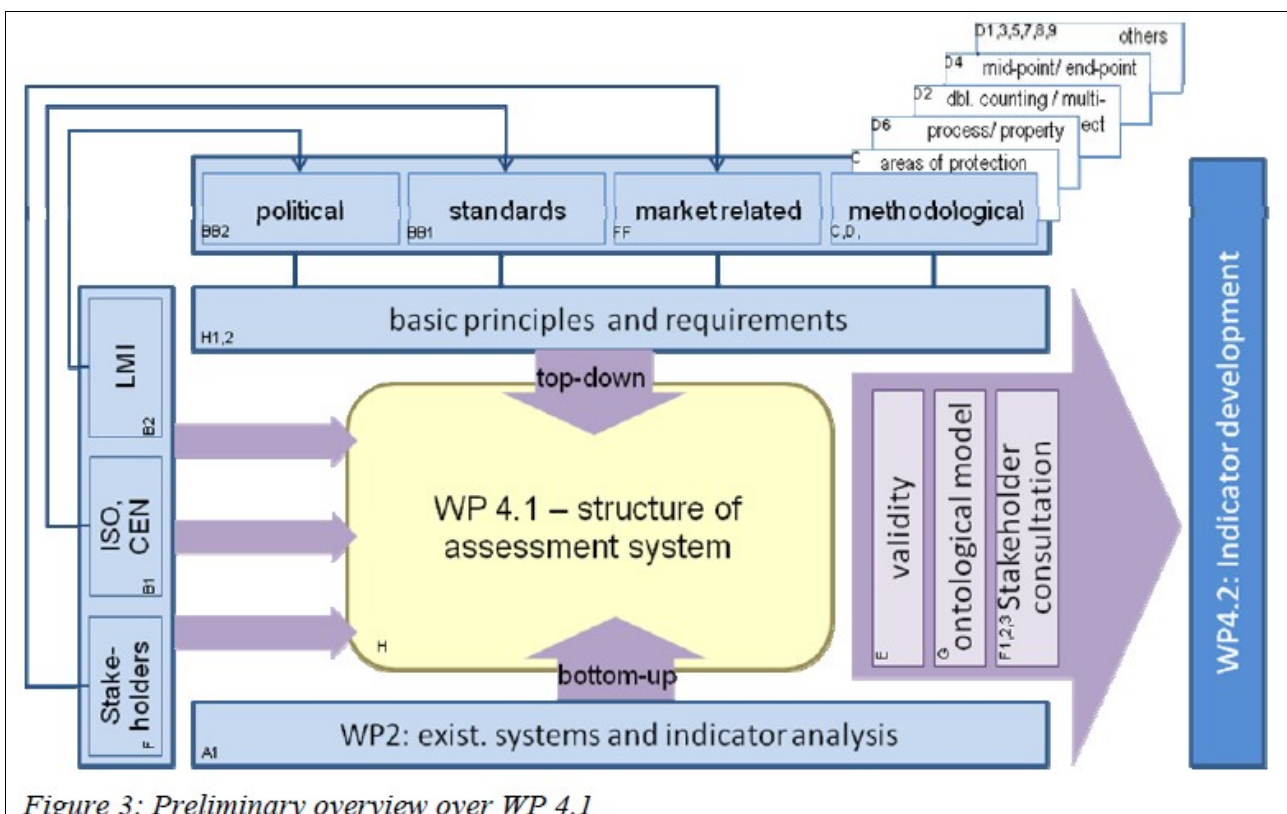


Figure 3: Preliminary overview over WP 4.1

Fig. 2.309 - Modello concettuale del progetto (SuPerBuildings, 2010)

Di seguito le categorie dei key stakeholders coinvolti:

- ⤴ Academics
- ⤴ Architects and designers
- ⤴ Authorities
- ⤴ Banking sector
- ⤴ Clients
- ⤴ Community representatives
- ⤴ Contractors
- ⤴ Estate agents
- ⤴ Facility managers

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

- ⤴ Funding / Grant providers
- ⤴ Insurers
- ⤴ Manufacturers
- ⤴ Planning authorities
- ⤴ Professional associations
- ⤴ Property owners
- ⤴ Researchers
- ⤴ Users
- ⤴ Valuers

Segue un questionario (Fig. 2.310, Fig. 2.311) somministrato agli stakeholders:

**Survey on potential of sustainability assessment and benchmarking methods**

**SUPERBuildings** This survey is being organized within the EC FP7 project Sustainability and Performance assessment and Benchmarking of Buildings

**Respondent identification**  
 Name:  
 Organization:  
 E-mail address:  
 Update me with the survey results via e-mail.

**Sustainable building stakeholder groups**  
 Please specify to which stakeholder group(s) you feel you belong, so that your responses and opinions can be assigned to the relevant categories.

Stakeholder groups	I belong to the following group(s)	Sustainability assessment of buildings is for the relevant group (please evaluate all groups):			Do you think assessment results for the following groups should be: (please evaluate all groups):		
		Very Important	Moderately Important	Not important	Fully aggregated * one figure of total result	partially aggregated **result per criteria group	Results for individual criteria
Academics	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Architects and designers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Authorities	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Banking sector	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Clients	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Community representatives	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Contractors	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estate agents	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Facility managers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Funding / Grant providers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Insurers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Manufacturers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Planning authorities	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Professional associations	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Property owners	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Researchers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Users	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Valuers	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Other group (please state):	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

*Continued on next page*

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

*Continued from previous page*

<p><b>What type of assessment tool is the most helpful for your profession?</b></p> <p><input type="checkbox"/> short checklist   <input type="checkbox"/> simple self-assessment tool   <input type="checkbox"/> comprehensive assessment tool   <input type="checkbox"/> third party certification</p> <p>Other type: .....</p>
<p><b>What is more important to you – absolute or relative performance?</b></p> <p><input type="checkbox"/> relative performance (ie XXX% better than building regulations)</p> <p><input type="checkbox"/> absolute performance (ie XXXkWh/m2/a or XXXm3/a)</p>
<p><b>Sustainability assessment is more important for:</b>   <input type="checkbox"/> new buildings   <input type="checkbox"/> existing buildings   <input type="checkbox"/> both</p>
<p><b>How can the assessment result increase the selling price of a building (i.e. what is the added value)?</b></p> <p><input type="checkbox"/> up to 5 %   <input type="checkbox"/> 5 - 10 %   <input type="checkbox"/> 10 - 15 %   <input type="checkbox"/> more than 15 %</p> <p><b>My answer is based on</b>   <input type="checkbox"/> own experience   <input type="checkbox"/> my opinion</p>
<p><b>Do sustainable buildings have lower energy/water/maintenance costs compared to average buildings? If so, how much?</b></p> <p><b>Energy</b>   <input type="checkbox"/> no   <input type="checkbox"/> reduction up to 10%   <input type="checkbox"/> reduction of 10 - 20%   <input type="checkbox"/> reduction of more than 20%   <input type="checkbox"/> ..... %</p> <p><b>Water</b>   <input type="checkbox"/> no   <input type="checkbox"/> reduction up to 10%   <input type="checkbox"/> reduction of 10 - 20%   <input type="checkbox"/> reduction of more than 20%   <input type="checkbox"/> ..... %</p> <p><b>Maintenance</b>   <input type="checkbox"/> no   <input type="checkbox"/> reduction up to 10%   <input type="checkbox"/> reduction of 10 - 20%   <input type="checkbox"/> reduction of more than 20%   <input type="checkbox"/> .....%</p> <p><b>My answer is based on</b>   <input type="checkbox"/> own experience   <input type="checkbox"/> my opinion</p>
<p><b>What is the maximum acceptable extra time involvement of project team members on assessment?</b></p> <p><input type="checkbox"/> none   <input type="checkbox"/> person days   <input type="checkbox"/> person weeks   <input type="checkbox"/> person months</p>
<p><b>What do you feel is the impact of existing assessment systems on overall building sustainability?</b></p> <p><input type="checkbox"/> no impact   <input type="checkbox"/> slight impact   <input type="checkbox"/> moderate impact   <input type="checkbox"/> strong impact</p>
<p><b>Looking at it at high level – which subjects should a sustainability assessment cover in your view? (Multiple choice)</b></p> <p><input type="checkbox"/> social sustainability   <input type="checkbox"/> serviceability (the meeting of user requirements)</p> <p><input type="checkbox"/> environmental sustainability   <input type="checkbox"/> technical performance</p> <p><input type="checkbox"/> economic sustainability   <input type="checkbox"/> site and location related issues</p>
<p><b>What are the main roles of assessment systems? Please select up to three main areas:</b></p> <p><input type="checkbox"/> to define project brief   <input type="checkbox"/> marketing purposes</p> <p><input type="checkbox"/> project quality assurance   <input type="checkbox"/> valuation</p> <p><input type="checkbox"/> to support initial design phase   <input type="checkbox"/> green procurement</p> <p><input type="checkbox"/> to improve the detailed design process   <input type="checkbox"/> sustainability reporting</p> <p><input type="checkbox"/> portfolio analysis (funds)   <input type="checkbox"/> other.....</p>
<p><b>What information should be stated on the final certificate? Select one or more options or provide more ideas.</b></p> <p><input type="checkbox"/> fully aggregated results of the entire assessment (one figure of total result)</p> <p><input type="checkbox"/> partially aggregated results (results per criteria group)</p> <p><input type="checkbox"/> assessment results for individual criteria</p> <p><input type="checkbox"/> the actual project information (documentation) supplied to fulfil individual criteria</p> <p>More information: .....</p>
<p><b>Do you think there is public support for incentives for sustainable buildings?</b></p> <p><input type="checkbox"/> strongly agree   <input type="checkbox"/> agree   <input type="checkbox"/> undecided   <input type="checkbox"/> disagree   <input type="checkbox"/> strongly disagree</p>
<p><b>Do you have any comments / recommendations regarding the structure of sustainability assessments (eg. the way topics/ criteria are grouped and results are aggregated)? Any ideas on assessments improvement? (free text)</b></p> <p>.....</p>

*Please leave the completed survey at the registration desk. Thank you!*

Fig. 2.310, Fig. 2.311 - Questionario somministrato agli stakeholders sui bisogni e requisiti dei metodi di valutazione e benchmarking

Se si esaminano in dettaglio i documenti pubblicati, si può dedurre che, al di là dei risultati pratici (statistiche), anche in funzione di un potenziale trasferimento ad altri progetti / iniziative, l'azione verso gli *stakeholders*, che rappresenta il primo e l'ultimo anello della catena del metodo oggetto del programma Super Buildings, è in grado di determinare una serie di risultati:

- Responsabilizzazione
- Coinvolgimento
- Distribuzione degli sforzi
- Attivazione di azioni virtuose
- Monitoraggio e Feed-back
- Flessibilità

La *Flessibilità* si estrinseca attraverso:

- vincoli e barriere
- opportunità

Le *Opportunità* si evidenziano come:

- innovazione
- sviluppo di azioni locali
- adattabilità all'economia
- elasticità dei confini del sistema

E' chiaro che, se si vogliono ottimizzare le opportunità, sin dall'inizio occorre prevedere una serie di *labilità* della metodologia.

Considerando che la metodologia di valutazione si compone in fin dei conti di:

- un panel di indicatori (core indicators)
- un vettore dei pesi,

la flessibilità potrà essere data dalla *variazione (in più o in meno) di alcuni indicatori* (ad es. per estendere la metodologia ad un ambito più esteso, come un complesso di edifici o un quartiere, e dall'*aumento o riduzione (sensitività) dei valori dei singoli pesi*.

In entrambi i casi si potranno compiere delle azioni *strategiche*, mirate cioè a spingere la valutazione (es. aumentando il punteggio) verso l'offerta o l'incremento di alcune *prestazioni*, ovvero il possesso o il potenziamento di alcune *qualità*.

### **2.3.7.8 Modalità di svolgimento in rete**

Numerosi sono stati, a monte, gli scambi scientifici tra il gruppo di progetto e una serie di soggetti internazionali. A valle, è stata sin da subito pianificata un'accurata strategia di disseminazione per favorire l'applicazione pratica dei risultati. Di seguito sono richiamati soggetti e modalità delle connessioni internazionali stabilite.

- ⤴ Il progetto ha operato in cooperazione con organismi di normalizzazione e comitati di standardizzazione competenti al fine di diffondere i risultati del progetto e collaborare per lo sviluppo di nuovi standard e il miglioramento degli attuali standard di edilizia sostenibile.
- ⤴ Il progetto ha collaborato con responsabili delle politiche nazionali ed europee, nello svolgimento di un lavoro preliminare di rilevamento delle tendenze, dei bisogni e delle aspettative degli attori del processo di edilizio con l'aiuto di interviste e seminari, raccogliendone successivamente i feedback.
- ⤴ Inoltre, il progetto ha collaborato con professionisti del settore al fine di comprendere le attuali difficoltà e le barriere delle metodologie e prevenire i futuri ostacoli.
- ⤴ Per lo scambio di informazioni ed esperienze è stata creata una rete tra i partecipanti.
- ⤴ Il progetto ha reso disponibili i risultati ai comuni, alle autorità nazionali e ai rappresentanti del settore delle costruzioni dell'UE, anche utilizzando piattaforme già esistenti: European

Construction Technology Platform (CEU), Sustainable Building Alliance (SBA), Edilizia e iiSBE UNEP e Construction Initiative (SBCI). I partner del progetto coinvolti nella Sustainable Building Alliance (SBA) hanno trasferito i risultati del progetto al comitato tecnico SBA.

- ⤴ Le stesse piattaforme sono servite anche per realizzare un processo di armonizzazione a valle, definendo un nucleo standardizzato di indicatori che permettano il confronto di prestazioni tra i diversi sistemi di valutazione di costruzione attualmente in uso nel mercato (BREEAM, DGNB certificato, HQE, Promise, ITACA, ecc.) e che si riflette sull'efficacia del progetto, ampliandone il numero dei beneficiari.
- ⤴ Il progetto si è avvalso dei risultati già ottenuti in ambito ISO TC 59 / SC 17 e CEN TC 350 (Fig. 2.309) e gli esiti di recenti progetti europei che hanno sviluppato schemi per la costruzione di prestazioni come PEBBU e il progetto LENSE.

### 2.3.7.9 Output

Gli output del progetto consistono in:

- ⤴ Raccomandazioni, linee guida e metodi pratici per l'uso delle metodologie di valutazione della sostenibilità e dei sistemi di benchmarking in diverse fasi del processo edilizio
- ⤴ Indicazione di soluzioni su come trattare le variazioni tra le performance previste e quelle effettive degli edifici
- ⤴ Indicazione di soluzioni e linee guida per l'integrazione dei sistemi di valutazione di sostenibilità (Lavagna M., 2008) con modelli di simulazione (BIM) orientati ad un design efficace e alla gestione delle informazioni in chiave sostenibile in tutte le fasi del processo edilizio
- ⤴ Raccomandazioni per l'uso dei sistemi con particolare attenzione all'integrazione con iniziative di incentivazione economica
- ⤴ Disseminazione dei risultati ad organismi di normalizzazione, decisori politici e professionisti della costruzione

### 2.3.7.10 Risultati

Il progetto ha analizzato 11 strumenti di valutazione nazionali verificando la disponibilità degli indicatori di sostenibilità, ma anche il grado di conoscenza comune circa questi indicatori e le loro metodologie di valutazione.

L'analisi dei differenti strumenti è basata sulle informazioni fornite dai partners del progetto rispondendo a un questionario e riempiendo un file excel riguardante il loro strumento nazionale.

Tra i maggiori risultati rientra la messa a punto di una struttura logica che i sistemi di valutazione dovrebbero rispettare (Fig. 2.312), impostata con un approccio "top-down". In funzione degli obiettivi finali di ridurre il consumo di energia (Matera G., 2004) da fonti non rinnovabili lungo il ciclo di vita (dalla produzione dei componenti alla fine vita, passando per la costruzione e per la gestione) e di prevenire gli impatti sull'ambiente causati dai gas climalteranti, tutti gli indicatori definiscono: il consumo totale nel ciclo di vita di energia primaria da fonte non rinnovabile (KWh) e il potenziale totale nel ciclo di vita di gas climalterante (kg di CO<sub>2</sub>-equivalente). Il miglioramento da misurare attraverso l'indicatore sarebbe, in tal modo, la riduzione del consumo di risorse e la riduzione degli impatti negativi sull'ambiente.

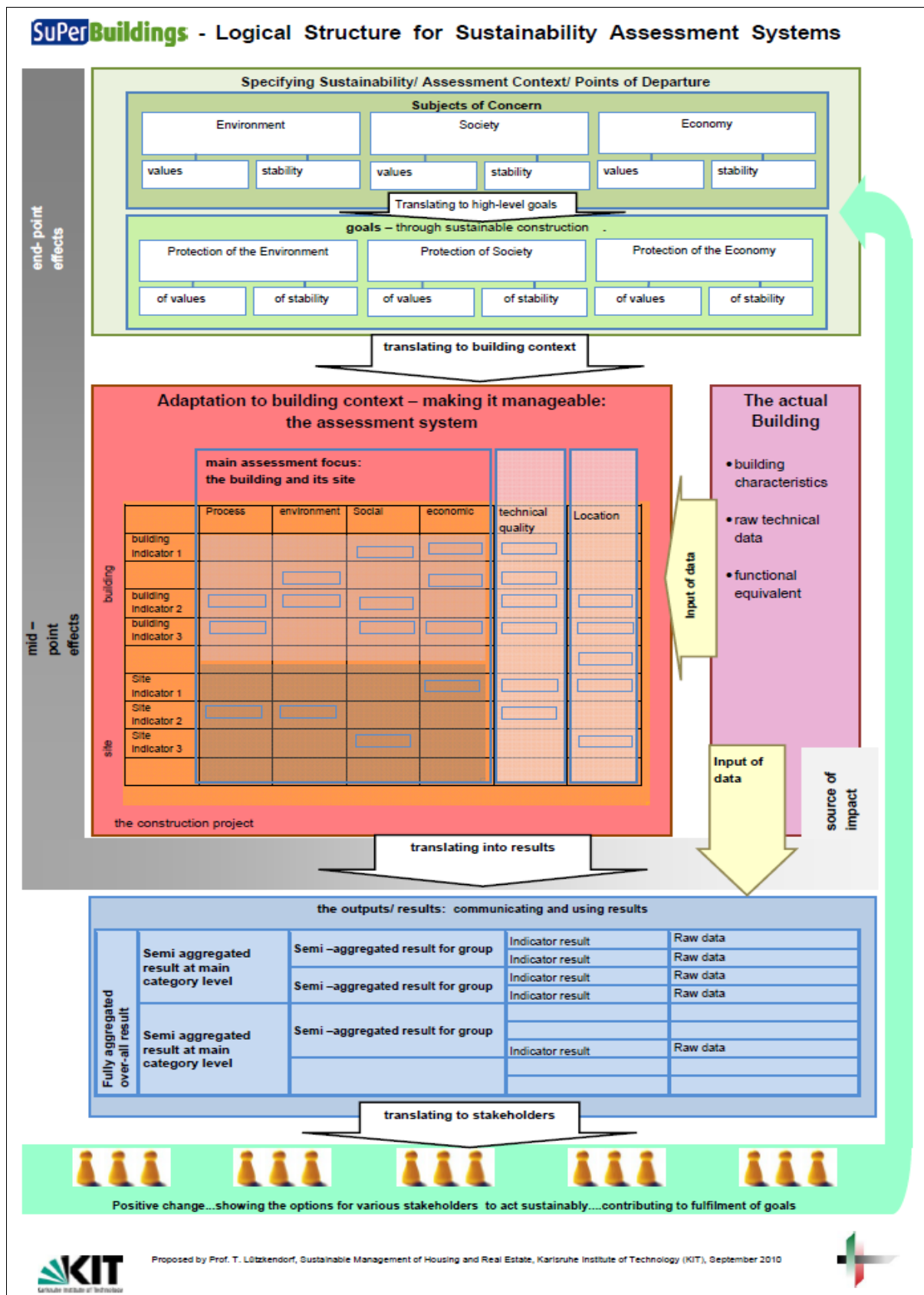


Fig. 2.312 - Struttura logica dei sistemi di valutazione, impostata con un approccio "top-down" (SuPerBuildings, 2010)

I risultati della valutazione devono essere tarati ai bisogni dei diversi stakeholders e gruppi di riferimento, per ciascuno dei quali il progetto indica forma e uso dei risultati (Tab. 2.8).

Tab. 2.8 - Forma e uso dei risultati delle valutazioni, in funzione degli stakeholders di riferimento

Stakeholders di riferimento	Forma dei risultati	Uso
Architetti/pianificatori	parzialmente aggregata	ottimizzare il design, utilizzandoli come input nella produzione/costruzione per ottenere riduzioni nella fase operativa
Valutatori della sostenibilità	aggregati	benchmarks
Facility managers	disaggregati	mostrare i risparmi energetici raggiunti ottenuti con un buona buona gestione non solo relativamente agli usi finali ma anche all'energia primaria e ai gas climalteranti

Il progetto individua inoltre 7 indicatori di performance rilevanti (*key indicators*) (Tab. 2.9), basati su categorie di risorse, emissioni/impatti, qualità, avvalendosi anche di uno studio di impatto potenziale sulle componenti ambientale, sociale ed economica (Fig. 2.313).

Tab. 2.9 - Key indicators

Categorie di indicatori	Indicatori
RESOURCES / RISORSE	Energy Consumption / Consumo energetico
	Water Consumption / Consumo idrico
	Land Use / Consumo di suolo
EMISSIONS AND WASTE / EMISSIONI E RIFIUTI	Greenhouse Gas emissions / Gas climalteranti
	Waste production / Produzione di rifiuti
INDOOR ENVIRONMENT	Hygro-thermal comfort / Comfort termo-igrometrico
	Indoor Air Quality / Qualità dell'aria interna

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Table 1. Introduction to core indicators.

	BUILDING CHARACTERISTIC	POTENTIAL IMPACTS							
		ENVIRONMENTAL		ECONOMICAL		SOCIAL			
		CHANGE AND/OR DETERIORATION	DEPLETION OF RESOURCES	ECONOMIC VALUE	PRODUCTIVITY	HEALTH	SATISFACTION	EQUITY	CULTURAL VALUE
1	Access to services								
2	Aesthetic quality								
3	Land use								
4	Accessibility								
5	Emissions to air								
6	Use of non-renewable resources								
7	Fresh water consumption								
8	Waste generation								
9	Indoor conditions and air quality								
10	Safety								
11	Serviceability								
12	Adaptability								
13	Costs								
14	Maintainability								

Table 6: Multiple impacts according to the characterisation of core indicators from the ISO 21929 draft

Fig. 2.313 - Matrice di studio degli impatti potenziali di una serie di indicatori sulle componenti ambientale, sociale ed economica (SuPerBuildings, 2010)

Questi (Fig. 2.314, Fig. 2.315, Fig. 2.316) invece sono i principali risultati (elaborazione di dati) dei feedback degli stakeholders sugli altri argomenti d'indagine, spiegati nei questionari trasmessi:



**Table 3: Level of importance for different stakeholder groups**

	Very important	Moderately important	Not important
Academics	47 %	43 %	10 %
Architects and designers	82 %	16 %	2 %
Authorities	69 %	29 %	2 %
Banking sector	26 %	49 %	25 %
Clients	50 %	45 %	4 %
Community representatives	31 %	62 %	6 %
Contractors	37 %	51 %	12 %
Estate agents	34 %	51 %	15 %
Facility managers	41 %	46 %	13 %
Funding / Grant providers	48 %	44 %	8 %
Insurers	24 %	45 %	32 %
Manufacturers	38 %	46 %	16 %
Planning authorities	64 %	31 %	5 %
Professional associations	34 %	55 %	11 %
Property owners	50 %	43 %	7 %
Researchers	56 %	40 %	4 %
Users	44 %	45 %	13 %
Valuers	40 %	49 %	11 %

Fig. 2.314 - Elaborazione di dati dei feedback degli stakeholders sull'importanza delle valutazioni di sostenibilità (SuPerBuildings, 2010)

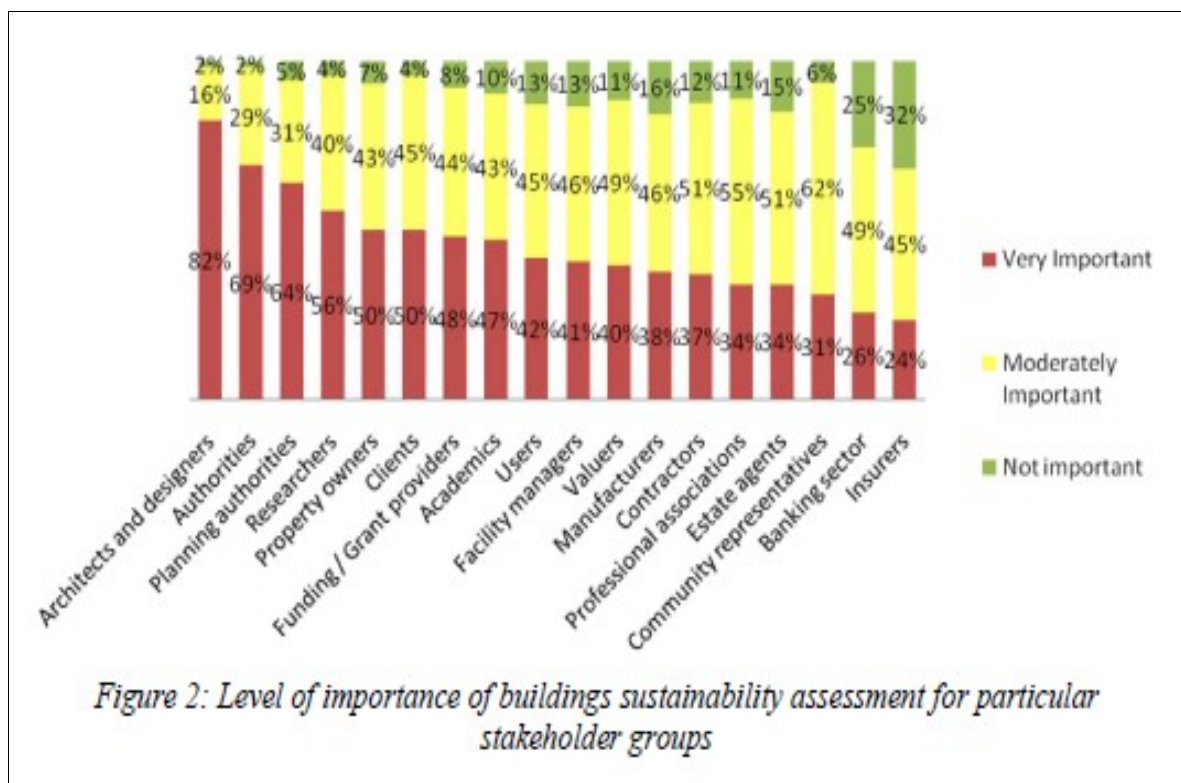


Fig. 2.315 - Distribuzione statistica dei feedback degli stakeholders sull'importanza delle valutazioni di sostenibilità (SuPerBuildings, 2010)

**Table 4: For who is sustainability assessment important according to different stakeholders groups?**

Stakeholder groups	Sustainability assessment of buildings is for the relevant group (please evaluate all groups):	
	Most important for:	Least important for:
Academics	Architects and designers	Insurers
Architects and designers	Architects and designers	Insurers
Authorities	Architects and designers	Insurers, Banking sector
Banking sector	Architects and designers	Insurers, Banking sector, Contractors
Clients	Property owners, Valuers	Insurers, Banking sector, Contractors, Manufacturers, Planning authorities
Community representatives	Architects and designers, Authorities, Funding / Grant providers, Manufacturers, Planning authorities	Banking sector, Facility managers
Contractors	Architects and designers	Academics, Insurers, Researchers, Banking sector
Estate agents	Authorities, Property owners, Architects and designers.	Academics, Banking sector, Contractors, Facility managers, Funding / Grant providers, Manufacturers, Users, Valuers
Facility managers	Authorities, Clients, Contractors, Manufacturers	Funding / Grant providers, Users, Valuers, Community representatives
Funding / Grant providers <sup>*)</sup>	-	-
Insurers <sup>*)</sup>	-	-
Manufacturers	Professional associations, Researchers, Planning authorities, Valuers	Facility managers, Property owners
Planning authorities	Architects and designers	Insurers
Professional associations	Architects and designers, Facility managers, Grant providers	Contractors, Banking sector
Property owners	Architects and designers, Researchers, Authorities	Banking sector, Users, Contractors, Estate agents
Researchers	Architects and designers, Authorities, Researchers	Insurers, Banking sector, Manufacturers
Users	Architects and designers, Researchers, Authorities, Estate agents	Manufacturers, Insurers, Grant providers, Valuers
Valuers	Architects and designers, Facility managers, Planning authorities	Banking sector, Property owners

<sup>\*)</sup>Note: There were less than three respondents in this group. Provided data is not sufficient.

Fig. 2.316 - Risultati del questionario somministrato agli stakeholders sulla valutazione della rilevanza, da parte degli altri attori, dei metodi di valutazione della sostenibilità degli edifici

### 2.3.7.11 Conclusioni di SuPerBuildings

La prima conclusione tratta dal progetto riguarda *i temi della sostenibilità e gli indicatori non coperti dai diversi protocolli o che sono considerati dai partners mancanti o sono indicati per essere sviluppati in futuro*. La tabella seguente (Fig. 2.317) li riporta.

*Table 9: Overview of not (commonly) covered issues and indicators within the building evaluation tools (underlined) and indicators that are considered by the partners as missing or to be (further) developed (italic).*

<b>Environmental indicators</b>	<b>Economic indicators</b>	<b>Social indicators</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>LCI data:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>water consumption</u></li> <li>- <u>land use</u></li> <li>- <u>waste</u></li> <li>- <u>depletion of resources</u></li> </ul> </li> <li>• <u>LCA indicators:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>photochemical ozone creation potential</u></li> <li>- <u>abiotic depletion</u></li> <li>- <u>biotic depletion</u></li> <li>- <u>human toxicity</u></li> <li>- <u>eco-toxicity</u></li> <li>- <i>materials</i></li> <li>- <i>use of wood</i></li> </ul> </li> <li>• <i>Ecological value of the site:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>landscape degradation</i></li> <li>- <i>evaluation of site ecology</i></li> <li>- <i>ecological footprint</i></li> </ul> </li> <li>• <i>Waste and radioactive waste</i></li> <li>• <i>Needs for irrigation</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Changes in economic system:</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>optimise diverse and long-term local employment</u></li> <li>- <u>use and purchase of locally produced materials</u></li> <li>- <u>increase asset value of the site</u></li> </ul> </li> <li>• <u>Improve building user productivity</u></li> <li>• <u>Housing affordability and commercial viability</u></li> <li>• <u>Service life</u></li> <li>• <i>Lifecycle costs</i></li> <li>• <i>Flexibility/adaptability</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Vibrations</u></li> <li>• <u>Social and ethical responsibility</u></li> <li>• <i>User related indicators:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>consideration of user's needs</u></li> <li>- <i>individual lifestyles and preferences</i></li> <li>- <i>usability</i></li> </ul> </li> <li>• <i>Protection from domestic accidents</i></li> <li>• <i>Space efficiency</i></li> <li>• <i>Building aesthetics and context</i></li> </ul>

Fig. 2.317 - Temi della sostenibilità e indicatori non coperti dai diversi protocolli o che sono considerati dai partners mancanti o sono indicati per essere sviluppati in futuro (SuPerBuildings, 2010)

Secondariamente, i temi della sostenibilità e *gli indicatori più ricorrenti nei protocolli* sono indicati nella tabella seguente (Fig. 2.318). Tuttavia, i loro *metodi di valutazione ancora necessitano di ulteriore armonizzazione*.

*Table 10: Overview of most covered issues and indicators within the building evaluation tools.*

<b>Environmental indicators</b>	<b>Economic indicators</b>	<b>Social indicators</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Primary energy consumption</li> <li>• Minimise water consumption</li> <li>• Materials</li> <li>• Waste production during the use phase</li> <li>• Global warming potential</li> <li>• Ecological value of the site</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Building adaptability</li> <li>• Ease of maintenance</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indoor air quality</li> <li>• Provision of safe and adequate bicycle lanes and facilities</li> <li>• Visual comfort</li> <li>• Thermal comfort</li> <li>• Acoustic comfort</li> <li>• Access to public services and amenities</li> <li>• Access for users with physical impairments</li> <li>• Access to public transport</li> </ul>

Fig. 2.318 - Temi della sostenibilità e indicatori più ricorrenti nei protocolli (SuPerBuildings, 2010)

Infine, un'ultima tabella (Fig. 2.319) contiene i temi e gli indicatori che sono ritenuti dai partners i "core indicators":

*Table 11: Overview of core issues and indicators, according to the responses from the partners on the questionnaires.*

<b>Environmental issues</b>	<b>Economic issues</b>	<b>Social issues</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energy</li> <li>• Materials</li> <li>• Climate change</li> <li>• Land use and ecology</li> <li>• Water management</li> <li>• Waste</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Management and maintenance</li> <li>• Lifecycle costs</li> <li>• Building adaptability</li> <li>• Process quality</li> <li>• Innovation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comfort and health</li> <li>• Accessibility of the building and access to transport</li> <li>• Safety and security</li> </ul>

Fig. 2.319 - Temi e indicatori che sono ritenuti dai partners i "core indicators"

### 2.3.7.12 Raccomandazioni

Di seguito è riportato l'elenco delle raccomandazioni fatte dai partecipanti al progetto:

- ⤴ Evitare la sovrapposizione degli indicatori, precisando il significato di tutti gli indicatori
- ⤴ Sviluppare la comprensione sugli indicatori-chiave di performance
- ⤴ Sviluppare soluzioni per relativamente agli usi del suolo e all'adattabilità ai cambiamenti climatici
- ⤴ Approfondire le questioni della validità dei dati e dell'affidabilità degli indicatori
- ⤴ Assicurare la compatibilità delle definizioni delle grandezze misurate attraverso i dati negli Stati membri dell'UE
- ⤴ Sviluppare criteri per il benchmarking e l'etichettatura di edifici sostenibili: l'obiettivo è quello di sviluppare nuove informazioni e conoscenze sui livelli di prestazione richiesti di edifici nuovi ed esistenti per quanto riguarda diversi aspetti della sostenibilità, prendendo in

considerazione diversi tipi di edifici e diverse condizioni locali, livelli minimi e livelli avanzati di edilizia sostenibile

- ▲ Raccogliere informazioni sulle prestazioni degli edifici in materia di indicatori chiave di performance, e di studiare come i livelli di prestazione tipici variano nei diversi paesi europei
- ▲ Sviluppare la conoscenza circa i livelli richiesti per ottenere il progresso minimo indispensabile e in significativo anticipo in termini di sviluppo sostenibile dell'ambiente costruito
- ▲ Sviluppare regole per la normalizzazione, l'aggregazione e criteri per il benchmarking al fine di consentire il confronto tra alternative di progetto / costruzione e consentire la sperimentazione e il miglioramento del sistema una volta sviluppato
- ▲ Sviluppare raccomandazioni e soluzioni per l'uso del sistema nelle diverse fasi del processo di costruzione a supporto dello sviluppo delle regole di costruzione

### 2.3.7.13 Potenzialità e sviluppo della metodologia stakeholders-oriented

Tra i contributi forniti allo sviluppo dei sistemi di valutazione della sostenibilità degli edifici, val la pena di formulare alcune considerazioni su altri aspetti connessi alla portata dei risultati, primo fra tutti il contributo fornito allo sviluppo dell'approccio "stakeholders oriented".

La prima considerazione riguarda le potenzialità delle azioni su indicatori e pesi in una prospettiva futura di estesa diffusione dei metodi di valutazione della sostenibilità degli edifici basati su questo approccio, attraverso le quali, si potrà indirettamente penalizzare o incentivare nel mercato l'impiego di certi *componenti, materiali, risorse, tecnologie*.

Questo ragionamento si integra con il filone di ricerca che a livello internazionale si sta conducendo, facendo leva sulla pianificazione e gestione di una sempre maggiore dimensione della sostenibilità in edilizia, finalizzata allo sviluppo di *nuovi modelli di business*, ovvero di modelli efficaci (*Business Model generation*) sia per la distribuzione sia per il commercio al dettaglio, per il raggiungimento di una serie di obiettivi generali. Ciò, ad esempio, orientando e fidelizzando un certo tipo di domanda, flussi di finanziamenti, potenziando il coinvolgimento delle aziende, in particolare le PMI (che hanno in generale molto peso ma sono frammentate).

Una evoluzione che si integra con lo sviluppo dell'EMAS, Eco-Management and Audit Scheme, lo strumento volontario europeo di gestione ambientale, nato per contribuire alla realizzazione di uno sviluppo economico sostenibile, ponendo in rilievo il ruolo e le responsabilità delle imprese sugli impatti economici e sociali oltre che ambientali.

Ma il tipo di approccio sopra delineato si rivela pertanto particolarmente *strategico* se lo si vede in grado di incidere, attraverso la conoscenza e l'applicazione di *procedure LCA*, sull'intero *processo di costruzione*.

E ciò in funzione di target di politiche locali (es. impiego o riduzione di risorse locali es. acqua, materie prime; emissioni, aumento di posti di lavoro di un settore, ecc) o più generali (incentivazione di talune fonti energetiche).

Anche questo è un principio mutuato dalla implementazione della EPBD, che vede nell'*incentivazione* la principale leva per l'attuazione delle politiche europee a livello locale. Incentivazione che non deve essere esclusivamente economica, ma che può avvenire anche mediante sistemi di valutazione a punteggio, come in Italia si è tentato di fare attraverso i Piani casa e l'emanazione di regolamenti edilizi eco-sostenibili.

Tale approccio, inoltre, in cui la *calibrazione (indicatori, pesi)* diventa fondamentale per il

raggiungimento di obiettivi locali o generali, a breve, medio e lungo termine, diventa ancor più strategico dove la situazione economica o politica non consente veri e propri programmi di incentivazione finanziaria.

Se l'approccio riduttivo aumenta l'efficienza delle parti, quello sinergico ne moltiplica l'efficienza dell'insieme.

### 2.3.8 Sviluppi in direzione di una possibile direttiva europea sulla sostenibilità delle costruzioni

#### 2.3.8.1 Il parallelo con il settore dell'energia: le potenzialità

La Direttiva 91/2002/CE per l'efficienza energetica degli edifici, pur a fronte di prevedibili difficoltà nell'implementazione nelle diverse realtà, sta dando i suoi frutti nella riduzione delle emissioni climalteranti e nel raggiungimento degli obiettivi di indipendenza dalle fonti energetiche (Fig. 2.320) non rinnovabili, compresa la diffusione di una cultura comune di protezione dell'ambiente.

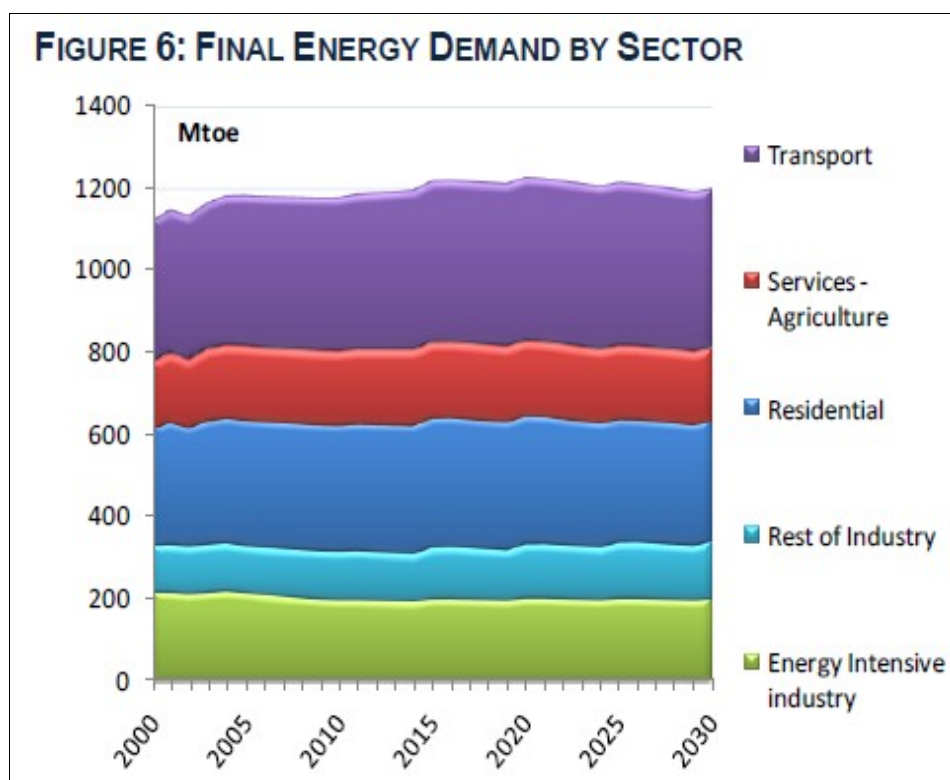


Fig. 2.320 - Domanda di energia dei settori economici (Capros P., Mantzos L. et al., 2010)

La Direttiva ha ben saputo sin dall'inizio puntare su uno strumento, quello dell'etichetta energetica (Fig. 2.321), sulla scia dell'esperienza pilota degli elettrodomestici, nato per far leva nel mercato immobiliare a favore di una nuova offerta e domanda di prodotti-edifici a minor impatto energetico.

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

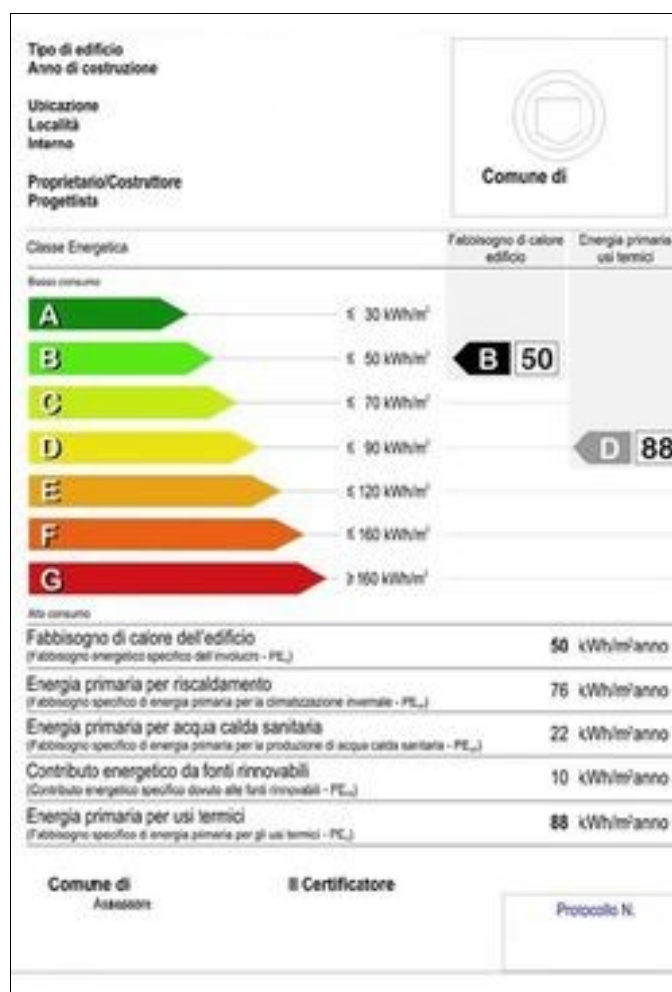


Fig. 2.321 - Tipica "etichetta energetica" per gli edifici

L'implementazione della direttiva, anche insieme ad altre disposizioni della UE in materie contigue (Fig. 2.322), ha stimolato azioni complementari virtuose in molti Paesi dell'Unione orientate agli stessi obiettivi. Tra quelli di maggior successo i Programmi federale e locali di incentivazione economica a prestiti agevolati tedeschi e il sistema di detrazione fiscale (55%) per riqualificazioni energetiche ancora vigente in Italia. Si tratta di operazioni che non solo hanno prodotto una tendenza di miglioramento nella domanda di energia (Masera G., 2004), ma hanno costituito per anni meccanismi virtuosi per l'economia, sia a livello di impiego di imprese di costruzione, sia di produzione di materiali, prodotti e tecnologie innovativi da parte dell'industria.

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

**TABLE 1: INVENTORY OF LEGAL MEASURES AND COMMUNITY FINANCIAL SUPPORT INCLUDED IN THE BASELINE 2009**

	Measure	How the measure is reflected in PRIMES
<b>Regulatory measures</b>		
<i>Energy efficiency</i>		
Eco-design implementing measures		
1	Eco-design Framework Directive 2005/32/EC	Adaptation of modelling parameters for different product groups. As requirements concern only new products, the effect will be gradual (marginal in 2010; rather small in 2015 and up to full effect by 2030). The potential envisaged in the Eco-design supporting studies and the relationship between cost and efficiency improvements in the model's database were cross-checked.
2	Stand-by regulation 2008/1275/EC	
3	Simple Set-to boxes regulation 2009/107/EC	
4	Office/street lighting regulation 2009/245/EC	
5	Household lighting regulation 2009/244/EC	
6	External power supplies regulation 2009/278/EC	
Other energy efficiency		
7	Labelling Directive 2003/66/EC	Enhancing the price mechanism mirrored in the model
8	Cogeneration Directive 2004/8/EC	National measures supporting cogeneration are reflected
9	Directive 2006/32/EC on end-use energy efficiency and energy services	National implementation measures are reflected
10	Buildings Directive 2002/91/EC	National measures e.g. on strengthening of building codes and integration of RES are reflected
11	Energy Star Program (voluntary labelling program)	Enhancing the price mechanism mirrored in the model
<b>Regulatory measures</b>		
<i>Energy markets and power generation</i>		
12	Completion of the internal energy market (including provisions of the 3rd package)	The model reflects the full implementation of the Second Internal market Package by 2010 and Third Internal Market Package by 2015. It simulates liberalised market regime for electricity and gas (decrease of mark-ups of power generation operators; third party access; regulated tariffs for infrastructure use; producers and suppliers are considered as separate companies) with optimal use of interconnectors

Fig. 2.322 - Le più recenti azioni europee a favore dell'efficienza energetica (Capros P., Mantzos L. et al., 2010)

Traendo esempio dall'esperienza virtuosa della Direttiva per il contenimento energetico, non si vede perché l'implementazione di un sistema di gestione sostenibile dell'edilizia attraverso l'implementazione della metodologia / metodologie armonizzate non abbia le stesse potenzialità, sia come leva ambientale per la riduzione dell'uso delle risorse, delle emissioni (Fig. 2.323) e dei consumi energetici associati ai processi, sia come leva sociale per l'attuazione degli obiettivi di democrazia e sviluppo civile che l'Europa si pone, sia per la ripresa economica, perché il settore dell'edilizia e tutto il suo indotto, tra quelli che stanno maggiormente soffrendo della crisi diffusa, possa ricevere un nuovo impulso.



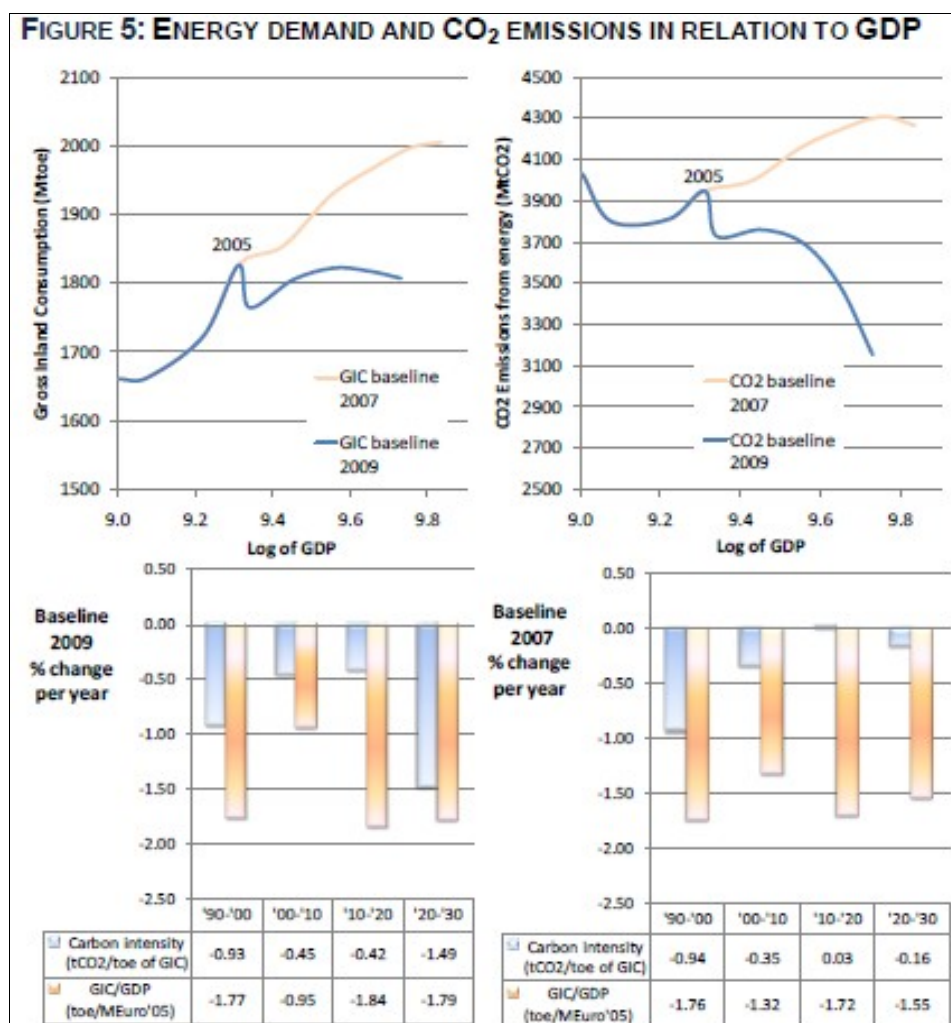


Fig. 2.323 - Relazione tra domanda di energia, emissioni di anidride carbonica e Prodotto Interno Lordo (GDP) degli Stati (Capros P., Mantzos L. et al., 2010)

### 2.3.8.2 Il supporto del Performance management per la gestione strategica degli strumenti per la sostenibilità, verso una possibile Direttiva europea sulla sostenibilità degli edifici

La gestione di fattori-indicatori che diventano “chiave” per essere considerata “strategica” deve avvenire in una logica di miglioramento continuo e raffronto tra alternative.

Il concetto del miglioramento continuo, dell'innalzamento degli obiettivi in parallelo all'implementazione di procedure innovative, è quello sul quale si basano Direttive europee come quella per il contenimento degli usi energetici negli edifici, che, pur registrando fisiologiche difficoltà di attuazione in un panorama variegato come quello degli stati europei, nel giro di 10 anni ha portato alla fissazione di obiettivi all'inizio impensabili: edifici a consumo quasi nullo.

Ci si chiede allora come mai non si possa, sulla falsa riga, visti anche gli investimenti attuati attraverso gli ultimi programmi quadro, promuovere l'emanazione di una Direttiva che vari delle linee guida per la valutazione e certificazione del livello di sostenibilità degli edifici, aprendo definitivamente la strada ad un nuovo modo di costruire il nuovo e upgradare gli edifici esistenti e orientando così efficacemente una produzione edilizia in chiave di risparmio di risorse ed energia (Masera G., 2004), così come sancendo i valori dell'ottimizzazione, del riuso, della versatilità, degli

edifici.

Saranno di aiuto le teorie e metodologie a supporto dei processi decisionali e di miglioramento della qualità, in particolare: Benchmarking, Rating e Ranking, per l'individuazione di standard di riferimento e classificazione di possibili alternative.

### 2.3.9 Potenzialità economiche dell'applicazione degli strumenti di gestione della sostenibilità

#### 2.3.9.1 Da certificazione a leva nel mercato sotto la spinta degli stakeholders

Un approccio che intenda valorizzare gli strumenti di gestione della sostenibilità come strumenti per orientare il presente ed il futuro del settore delle costruzioni, da cui dipende direttamente l'ambiente costruito ma indirettamente una buona parte dell'ambiente fisico (paesaggio, risorse) nel quale viviamo, non può non tener conto di vincoli dovuti ai *fattori contingenti del tempo* in cui si opera. Sono questi fattori che agiscono sotto forma di leggi, regolamenti, andamenti del mercato, in equilibrio instabile perché dinamico, in risposta alle pressioni esercitate dagli stakeholders: *decisori politici, istituzioni, cittadini, operatori della finanza e attori dell'industria costruzioni* (Lützkendorf T., Lorenz D., 2005).

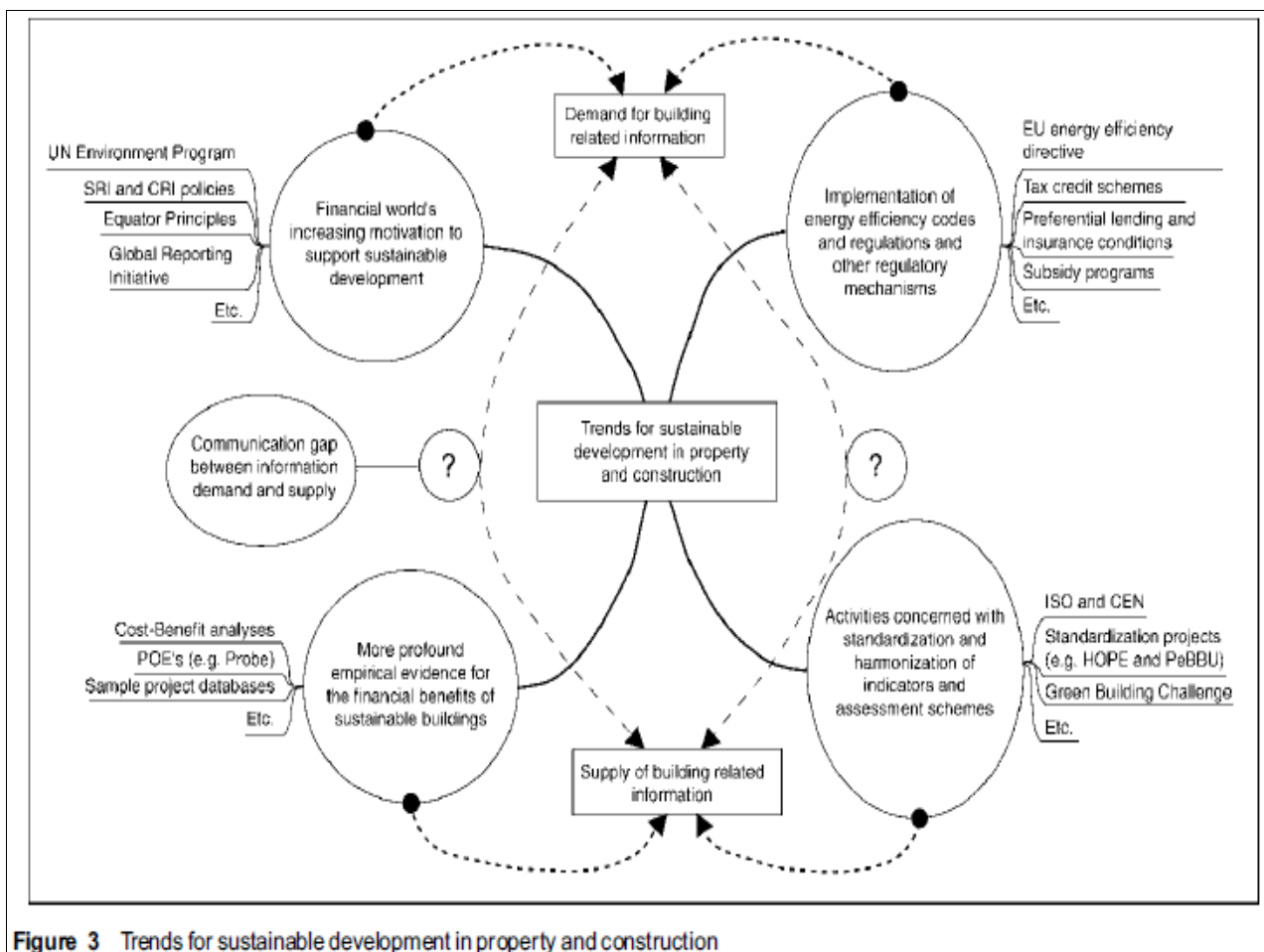


Figure 3 Trends for sustainable development in property and construction

Questi ultimi, che in altri periodi hanno trainato fortemente lo sviluppo sia a livello delle nazioni avanzate sia mondiale, oggi sono quelli che risentono più direttamente dello sconvolgimento mondiale dovuto alla crisi economica. Ma anche quelli che, come si è verificato in altre fasi storiche, hanno potenzialmente maggiori margini di ripresa per il grande patrimonio posseduto in termini di knowhow. E ciò soprattutto in alcuni segmenti del mercato, basti pensare alle aziende produttrici delle tecnologie più avanzate, dotate per natura di versatilità e capacità di rinnovamento così come di risorse umane e strumentali per la ricerca e lo sviluppo.

Analogamente, quelle filiere produttive che negli anni hanno saputo ri-orientarsi verso materiali e tecnologie più amiche dell'ambiente sia per quanto riguarda il risparmio nell'uso di risorse naturali, sia energetiche.

Considerato il particolare periodo, un approccio agli strumenti per la gestione e la valorizzazione della sostenibilità degli interventi e processi edilizi, non può allora non *rivolgersi e coinvolgere gli stakeholders, in particolare gli operatori della produzione e costruzione, recependone istanze e suggerimenti, perché gli strumenti stessi da vincoli si traducano in opportunità, divenendo vere e proprie leve nel mercato.*

Ciò, in maniera non dissimile da quanto attivato nel settore dell'energia e della certificazione relativa: settore esso stesso indissolubilmente legato a quello dell'edilizia.

### **2.3.9.2 Le opportunità per le aziende**

*L'orientamento della produzione in senso sostenibile* è una componente fondamentale dei piani d'azione per la ripresa economica.

La valorizzazione delle potenzialità ancora in buona parte inespresse delle imprese italiane e un necessario processo di riqualificazione, soprattutto delle aziende produttrici e installatrici, sono i due obiettivi primari da perseguire secondo ANCE (Associazione Nazionale Costruttori Edili), richiamati nell'intervento del Vicepresidente Piero Torretta, intervenuto al Primo Forum Nazionale sull'efficienza energetica degli edifici, promosso su iniziativa di CTI e UNI a Milano nel giugno 2011 (Fig. 2.325).

Citando le stime drammatiche delle perdite degli ultimi anni nel mercato e i dati economici sulla diversa velocità di ripresa dalla crisi dei Paesi Europei (con la Germania ed i Paesi del Nord con tassi di crescita sopra il 4% mentre l'Italia fatica a raggiungere l'1%), inesorabilmente accompagnate da quelle di migliaia di posti di lavoro, secondo ANCE il tema dell'energia (Masera G., 2004) deve essere sempre più legato alla dimensione della sostenibilità. Ciò è possibile solo grazie ad un approccio coerente e sinergico alle diverse scale, come purtroppo non è avvenuto per l'implementazione della Direttiva sul contenimento energetico degli edifici, rimasta in parte inattuata per la mancanza di un vero e diffuso coordinamento tra Stato e Regioni.

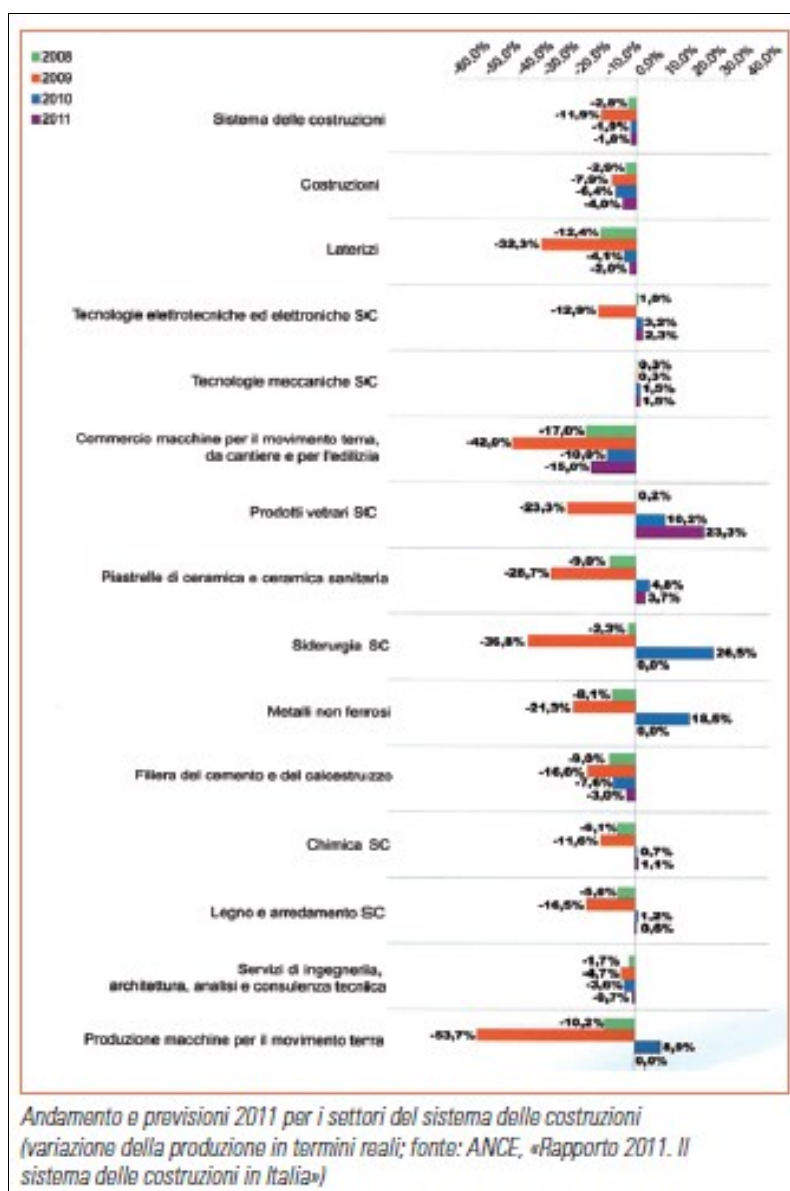


Fig. 2.325 - Confronto tra andamento e previsioni per il settore delle costruzioni per il 2011 (Ance, 2011)

“La Sostenibilità è la Responsabilità di restituire ciò che si è ricevuto. E’ questo – ha segnalato Torretta - ciò che congiunge la “Sostenibilità” alla “Responsabilità Sociale” di cui nel novembre 2010 è stata pubblicata la norma UNI ISO 26000. Un documento che rappresenta oggi il punto d'incontro più elevato delle esigenze del variegato mondo “globale”, su temi quali: le convenzioni internazionali sul lavoro; lo sviluppo delle comunità locali; la crescita demografica; la preservazione delle risorse naturali; la lotta alla corruzione; la concorrenza leale; i diritti umani; la tutela ambientale. Temi che hanno alla base l’idea che la qualità della vita di un individuo comprende l’ambiente in cui egli vive, ma pure il livello delle persone che vivono intorno a lui, i diritti, il sistema delle regole ed i conseguenti comportamenti. Tutti temi che trovano la loro implementazione nel concetto di “sostenibilità” applicato al campo delle costruzioni, che ha visto estendere l’attenzione a tre diversi ambiti associati alla attività delle costruzioni: il tema ambientale,

il tema economico, il tema sociale. Temi cui corrispondono le dimensioni della vivibilità, della realizzabilità, della equità sociale”.

In Italia, secondo quanto lo stesso Torretta, l'unica “ricetta” pensabile in questo momento per tentare di invertire la rotta del mercato, può essere solo un'azione coordinata, che incida sia sulle nuove costruzioni sia sul patrimonio edilizio esistente pubblico e privato (Fig. 2.326).

	2008	2009	2010 <sup>(1)</sup>	2011 <sup>(2)</sup>	2012 <sup>(2)</sup>	Quadriennio 2008-2011	Quinquennio 2008-2012
	Variazioni % in quantità						
<b>COSTRUZIONI</b>	<b>-2,7%</b>	<b>-8,3%</b>	<b>-6,4%</b>	<b>-4,0%</b>	<b>-3,2%</b>	<b>-19,8%</b>	<b>-22,3%</b>
Abitazioni	-2,1%	-8,9%	-4,9%	-2,0%	-1,7%	-16,9%	-18,2%
di cui:							
Nuove	-3,7%	-18,8%	-12,4%	-5,9%	-5,3%	-35,5%	-38,9%
Manutenzione straordinaria	-0,6%	0,0%	0,5%	0,5%	0,5%	0,4%	0,9%
Non residenziali	-3,3%	-7,6%	-8,0%	-6,5%	-5,1%	-23,2%	-27,2%
di cui:							
Private	-2,0%	-8,9%	-5,4%	-4,3%	-3,8%	-19,2%	-22,2%
Pubbliche	-5,1%	-6,0%	-11,6%	-9,7%	-7,2%	-28,7%	-33,9%

*Individuazione degli investimenti in costruzioni (fonte: ANCE, «Rapporto 2011. Il sistema delle costruzioni in Italia»).*

Fig. 2.326 - Confronto tra diversi anni per gli interventi edilizi (Ance, 2011)

## 2.3.10 Quadro complessivo degli indicatori standardizzati europei e possibili sviluppi

### 2.3.10.1 Categorie di classificazione

L'approccio indicato dal CEN nella definizione di metodi di valutazione della sostenibilità degli edifici si basa sostanzialmente sulle seguenti categorie oggetto di analisi e valutazione:

- ⤴ *Aspetti*
- ⤴ *Impatti*
- ⤴ *Prestazioni*
- ⤴ *Indicatori*

Ciascuna categoria è considerata nelle *fasi del ciclo di vita dell'edificio*.

Riferendosi alle categorie Aspect / Impact / Performance definite nella FprEN 15643-3:2010 (E) e richiamate nelle norme pubblicate, esse sono così definite:

- ⤴ *Aspect* (aspetto): aspetto della costruzione, di un assemblato (parte della costruzione), processi o servizi relativi al loro ciclo di vita che *possono causare cambiamenti*

*all'ambiente, alla società / qualità della vita, all'economia*

- ▲ *Impact (impatto): ogni cambiamento all'ambiente, alla società / qualità della vita, all'economia (degli utenti dell'edificio, ovvero il proprietario, il gestore e gli occupanti, e del vicinato), negativo o positivo, interamente o parzialmente risultante dagli aspetti ambientali / sociali / economici*
- ▲ *Performance (prestazione): prestazione relativa agli impatti e agli aspetti ambientali / sociali, economici*

Il metodo di valutazione delle prestazioni terrà in conto aspetti e impatti prestazionali che possono essere espressi con *indicatori quantitativi e qualitativi, misurati senza giudizi di valore*.

Nei seguenti paragrafi vengono richiamati gli indicatori / aspetti descritti nei paragrafi 2.3.4 (Sostenibilità ambientale), 2.3.5 (Sostenibilità sociale), 2.3.6 (Sostenibilità economica), allo scopo di formare poi, insieme anche ad alcuni indicatori descritti nel paragrafo 2.3.7 (Progetti europei per lo sviluppo di metodi di valutazione della sostenibilità), un panel completo di indicatori selezionato a livello europeo, prioritariamente dal CEN / TC 350 e secondariamente nell'ambito di rilevanti ricerche scientifiche i cui risultati potranno in futuro integrarsi a quelli già conseguiti dal CEN.

#### **2.3.10.2 Indicatori identificati dal sistema standardizzato europeo: prestazioni ambientali**

Di seguito è richiamato il set di indicatori prestazionali identificato dal CEN / TC 350 per lo standard già approvato e pubblicato (EN 15643-2 "Sustainability of construction works — Assessment of buildings - Part 2: Framework for the assessment of environmental performance"), per gruppi di impatti / prestazioni (Fig. 2.327, Fig. 2.328, Fig. 2.329, Fig. 2.330).

*Impatti:*

**Table 7 — Table of results - environmental impacts**

Indicators for environmental impacts	Unit Indicator	Stage I Product	Stage II Construction process		Stage III Use					Stage IV End of life		Module D Benefits and loads beyond the system boundary
			Transportation	Construction	Energy use	Water use	Deconstruction/ demolition	Transportation	Waste processing	disposal		
Use of products	maintenance	refurbishment									repair	refurbishment
Global warming potential, GWP *	kg CO <sub>2</sub> equiv											
Depletion potential of the stratospheric ozone layer, ODP	kg CFC 11 equiv											
Acidification potential of land and water, AP	kg SO <sub>2</sub> equiv											
Eutrophication potential, EP	kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup> equiv											
Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants, POCP	kg Ethene equiv											
Abiotic Resource Depletion Potential, ADP elements	kg Sb equiv											
Abiotic Resource Depletion Potential, ADP fossil fuels	MJ											

Fig. 2.327 - Indicatori di impatto identificati nello standard europeo EN 15643-2

- ⤴ Global warming potential, GWP (kg CO<sub>2</sub> equiv)
- ⤴ Depletion potential of the stratospheric ozone layer, ODP (kb CFC 11 equiv)
- ⤴ Acidification potential of land and water, AP (kg SO<sub>2</sub> equiv)
- ⤴ Eutrophication potential, EP (kg (PO<sub>4</sub>)<sup>3-</sup> equiv)
- ⤴ Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants, POCP (kg Ethene equiv)
- ⤴ Abiotic Resource Depletion Potential, ADP elements (kg Sb equiv)
- ⤴ Abiotic Resource Depletion Potential, ADP fossil fuels (MJ)









- ▲ *Sourcing of Materials and Services* (dotazione di materiali e servizi)
- ▲ *Stakeholder Involvement* (coinvolgimento degli attori)

In particolare, gli aspetti / impatti vengono così elencati (Fig. 2.331):

<b>Building life cycle – Use Stage</b>	
<b>Building-related aspects for the fabric</b>	<b>User- and control system-related aspects relevant for the operation of the building</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Accessibility, see 7.2                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Accessibility for people with specific needs (see 7.2.2)</li> <li>2) Access to building services (see 7.2.3)</li> </ul> </li> <li>b) Adaptability, see 7.3</li> <li>c) Health and comfort, see 7.4                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Thermal characteristics, see 7.4.2</li> <li>2) Characteristics of indoor air quality, see 7.4.3</li> <li>3) Acoustic characteristics, see 7.4.4</li> <li>4) Characteristics of visual comfort, see 7.4.5</li> <li>5) Spatial characteristics, see 7.4.6</li> </ul> </li> <li>d) Loadings on neighbourhood, see 7.5                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Noise, see 7.5.2</li> <li>2) Emissions, see 7.5.3</li> <li>3) Glare/ Overshadowing, see 7.5.4</li> <li>4) Shocks/vibrations, see 7.5.5</li> </ul> </li> <li>e) Maintenance, see 7.6                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Maintenance Operations, 7.6.1</li> </ul> </li> <li>f) Safety and security , see 7.7                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Resistance to climate change, see 7.7.2</li> <li>2) Accidental actions (earthquake, explosions, fire and traffic impacts), see 7.7.3</li> <li>3) Personal safety and security against intruders and vandalism, see 7.7.4</li> <li>4) Security against interruptions of utility supply, see 7.7.5</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Health and comfort                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Thermal comfort, see 7.4.2.2</li> <li>2) Indoor air quality, see 7.4.3.2</li> <li>3) Visual comfort, see 7.4.5.2</li> </ul> </li> <li>b) Loadings on neighbourhood                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Emissions, see 7.5.3.1</li> </ul> </li> <li>c) Safety and security                             <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Security against intruders and vandalism, see 7.7.4.1</li> </ul> </li> </ul>
<b>Table 1 —Building fabric related aspects, user- and control system-related aspects</b>	

Fig. 2.331 - Aspetti / impatti identificati nello standard europeo EN 15643-3

A questi si aggiunge il *coinvolgimento nel processo decisionale degli attori interessati dal processo edilizio*, un altro aspetto / indicatore prestazionale della sostenibilità sociale. Viene anche classificato, fase per fase del ciclo di vita, il tipo di coinvolgimento delle diverse categorie di stakeholders (Fig. 2.332).



"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

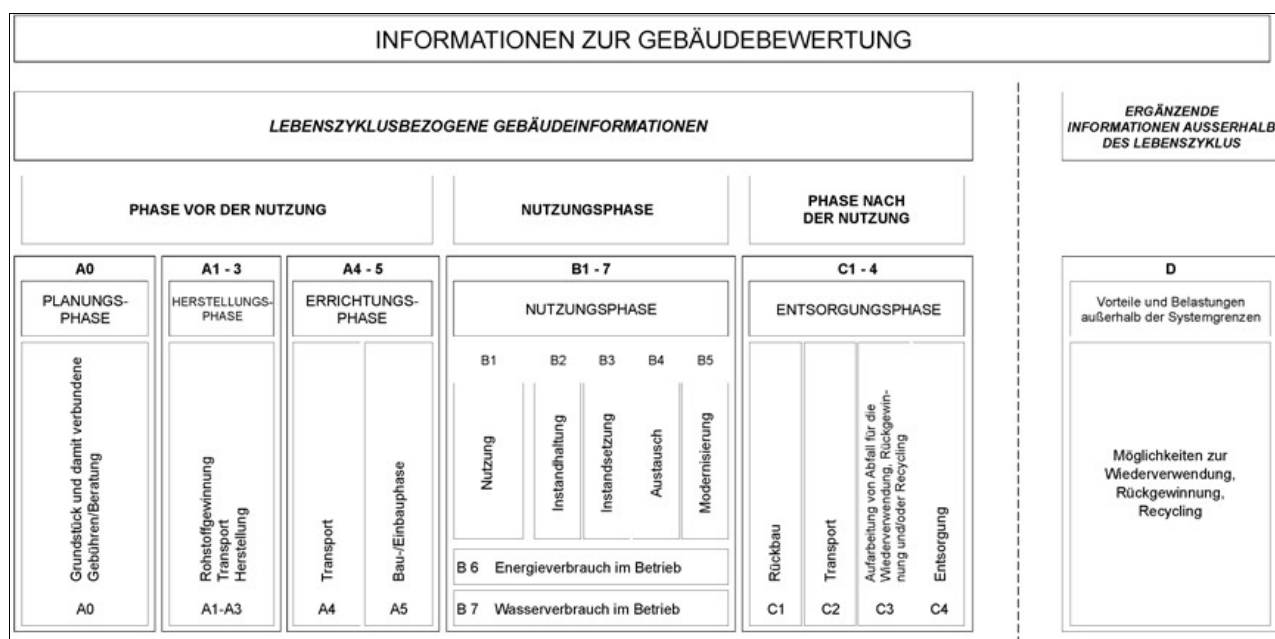


Fig. 2.333 - voci che intervengono nel calcolo degli indicatori economici, fase per fase del ciclo di vita (Fonte: DIN EN 15643-4)

Il costo è calcolato come somma attualizzata di:

- ⌘ gli aspetti economici e gli impatti delle fasi prima dell'uso (moduli A0 e A1 a A5)
- ⌘ gli aspetti economici e gli impatti riguardanti l'edificio in funzione (moduli B1 a B5)
- ⌘ gli aspetti economici e gli impatti durante l'uso (moduli B6-B7)
- ⌘ gli aspetti economici e gli impatti legati alla fase di smaltimento (moduli da C1 a C4 e D)

Di seguito sono richiamati gli indicatori parziali, fase per fase, che concorrono alla quantificazione dei due indicatori:

*Aspetti e impatti economici in fase di produzione (Moduli A0 e A1-A5)*

- ⌘ Costi di acquisizione (acquisto o affitto) del terreno occupato dall'edificio
- ⌘ Costo aggregato dei prodotti forniti al cancello della fabbrica pronti per la costruzione
- ⌘ Costi tra la fabbrica e il cantiere
- ⌘ Onorari professionali pagati ai progettisti per la stesura del progetto, inclusi studi di fattibilità e di dettaglio
- ⌘ Lavori temporanei: attività per preparare il sito per la costruzione e dotazione di infrastrutture e servizi (gas, elettricità e acqua) nel luogo dell'edificio
- ⌘ Costruzione e sistemazioni – tutti gli aspetti del procurement e costruzione dell'edificio
- ⌘ Adattamento iniziale – allestimento o modifica del nuovo edificio
- ⌘ Sistemazione paesaggistica, lavori esterni
- ⌘ Tasse ed altri costi relativi al permesso di costruire
- ⌘ Sussidi ed incentivi.

*Impatti ed aspetti economici in fase d'Uso (Moduli B1-B5)*

- ⤴ Costi di assicurazione dell'edificio
- ⤴ Prestiti e affitti pagati a terzi
- ⤴ Costi periodici di legge
- ⤴ Tasse
- ⤴ Sussidi e incentivi
- ⤴ Ricavi da vendita anche di elementi dell'asset, ma non legata allo smaltimento finale
- ⤴ Adattamenti
- ⤴ Reddito di terzo durante il funzionamento
- ⤴ Riparazioni e sostituzione di componenti minori / piccole aree
- ⤴ Sostituzione di maggiori sistemi e componenti
- ⤴ Pulizia
- ⤴ Manutenzione delle aree esterne
- ⤴ Ritinteggiatura
- ⤴ ispezioni alla fine del periodo di locazione (escluso smaltimento di fine vita)
- ⤴ Fine della locazione
- ⤴ Adattamento progettato o ristrutturazione in uso
- ⤴ Costi di gestione degli impianti legati all'edificio.

*Impatti ed aspetti economici dovuti all'uso dell'edificio (Moduli B6-B7)*

- ⤴ Costi energetici descritti nella Direttiva europea EPBD
- ⤴ Costi dei consumi idrici
- ⤴ Tasse
- ⤴ Sussidi e incentivi finanziari.

*Impatti ed aspetti a fine vita (Moduli C1-C4)*

- ⤴ Costi di smontaggio / smantellamento, demolizione
- ⤴ Tutti i costi di trasporto associati al processo di decostruzione e smaltimento dell'edificio
- ⤴ Tasse e onorari
- ⤴ Costi e/o redditi dal riuso, riciclo, e recupero di energia a fine vita (Antonini E. et al., 2010)
- ⤴ Reddito dalla vendita del terreno.

Ai due indicatori principali si aggiungono altri indicatori economici che, usati nella pratica corrente, potrebbero essere sviluppati in futuro. Essi sono:

*Rapporto tra Valore di Mercato e costo capitale*

calcolo del rapporto tra valore di mercato e costo capitale al momento del completamento

*Indicatori per prova futura del valore a lungo termine / stabilità del valore economico*

Alternativa 1 per la valutazione: tecniche di rating della proprietà (simile alle procedure di rating del credito applicate nel settore dei servizi finanziari): il rating influenza il valore di lungo termine atteso.

Alternativa 2 per la valutazione: analisi dello scenario finanziario e / o cosiddette “simulazioni con il metodo Monte Carlo”; deviazione attesa, derivante dalla modellazione, dal valore corrente dell'edificio al variare delle condizioni future.

### *Indicatori rappresentanti il rischio economico*

Valutare i rischi è essenzialmente lo stesso che valutare la stabilità del valore, solo da un altro punto di vista. E' comunque valutato con gli stessi metodi descritti nel punto seguente.

### *Esternalità*

Alcuni paesi hanno fattori di costo che consentono di calcolare un fattore di costo relativo alla CO2 o ai costi riferiti alla salute risultanti dalla costruzione di un edificio o conseguenti impatti ambientali.

### *Indicatori economici consequenziali*

I seguenti indicatori possono essere usati per esprimere il valore o aspetti di rischio rilevante senza misurare il valore di lungo termine o il rischio in sé:

- ⤴ *livello di efficienza energetica* (relativo al rischio di alti costi energetici)
- ⤴ dotazioni per *adattabilità futura a cambiamenti di uso* o uso da parte di altri (uso flessibile dello spazio; es. edifici commerciali costruiti su un sistema a rete, abitazioni con camere ad uso non specifico - “use-neutral”)
- ⤴ *progettazione in funzione di ristrutturazioni* (es. sovradimensionamento dei condotti)
- ⤴ rischi inerenti alla locazione
- ⤴ questioni di *accessibilità*
- ⤴ *efficienza spaziale* (rapporto tra l'area netta e quella lorda – NB sono definiti diversamente nei diversi paesi europei).

Il *WLC (Whole Life Cost)* è invece l'insieme di tutti i significativi e rilevanti, iniziali e futuri, costi e benefici su un asset, attraverso il suo ciclo di vita, necessari per rispondere ai requisiti prestazionali. E' la metodologia che prende in considerazione economica non solo i costi, ma anche i benefici (entrate, finanziamenti) e le esternalità (impatti economici positivi o negativi sul contesto).

## **2.3.10.5 Indicatori economici dei sistemi rating DGNB e BNB**

Di seguito vengono richiamati gli indicatori economici impiegati rispettivamente nei sistemi tedeschi di valutazione della sostenibilità DGNB (edifici privati) e BNB (edifici pubblici):

### DGNB

- ⤴ LCC (costi del ciclo di vita)
- ⤴ Adattabilità all'uso di una terza parte
- ⤴ Commerciabilità.

### BNB

- ⤴ LCC
- ⤴ Stabilità del valore.

Nel calcolo dei LCC la fase d'uso incide mediamente in maniera rilevante.

La valutazione economica della fase d'uso è caratterizzata dai seguenti dati di input e output, quantitativi, monetari e qualitativi, nonché esternalità:

### *Input*

- △ quantitativi: fabbisogno energetico (KWh)
- △ monetari: costi di manutenzione
- △ non monetari: effetti nocivi alla salute dovuti ai materiali da costruzione
- △ esternalità negative: effetto sprawl nel territorio

### *Output*

- △ quantitativi: riscaldamento (KWh)
- △ monetari: reddito da locazione
- △ non monetari: qualità dell'abitare
- △ esternalità positive: abbellimento del paesaggio.

### **2.3.10.6 Indicatori di sostenibilità per la stima del valore della proprietà immobiliare**

L'elenco steso nel 2011 dagli autori (Meins E., Lützkendorf T., Lorenz D., Leopoldsberger G., Ok Kyu Frank S., Burkhard H. P., Stoy C., Bienert S.) delle Linee guida *Nachhaltigkeit und Wertermittlung von Immobilien. Leitfaden für Deutschland, Österreich und die Schweiz (NUWEL)*, per conto del CCRS, Center for Corporate Responsibility und Sustainability dell'Università di Zurigo, comprende i seguenti aspetti rilevanti e relative informazioni / *indicatori*:

#### 1. Posizione nazionale:

##### *Struttura*

L'ambiente economico

Fattori politici e amministrativi (ad esempio, la certezza del diritto)

Tassi di interesse

##### *Macro-livello*

Infrastrutture del sito / collegamenti di trasporto nazionali

Situazione socio-demografica, struttura della popolazione / sviluppo

Immagine regionale

Struttura economica e della situazione economica

Potere d'acquisto

Collegamenti di trasporto

Condizioni ambientali e rischi ambientali

Altri rischi

##### *Micro-livello*

Idoneità d'uso

Immagine

Trasporti (su piccola scala)

Situazione dell'approvvigionamento locale per gruppo di utenti

Situazione dell'inquinamento (es. rumore, qualità dell'aria)

Condizioni ambientali e rischi ambientali

Altri rischi



## 2. Suolo:

### *Natura del suolo*

Rapporto con la legislazione (es. con i piani urbanistici e i regolamenti edilizi)

Distribuzione dell'energia e smaltimento dei rifiuti

Caratteristiche del suolo (es. la capacità, la capacità di infiltrazione, le acque sotterranee, idoneità per la produzione di energia geotermica, ecc)

Contaminazione (es. con l'uso precedente, ecc)

Altri effetti avversi (es. radon, campi elettromagnetici, ecc)

Visuali

Soleggiamento

### *Caratteristiche del sito*

Confini

Paesaggistica / Vegetazione / biodiversità

Accessibilità

Uso / disegno dello spazio pubblico

Sicurezza, sicurezza stradale, illuminazione

## 3. Costruzione:

### *Qualità tecnica*

Stabilità dell'edificio

Caratteristiche termiche dell'involucro

Protezione dal rumore (insonorizzazione)

Protezione antincendio (es. rispetto delle norme vigenti, sistemi automatici di allarme antincendio, impianti di spegnimento, ecc)

Durabilità dei componenti (es. durata, resistenza, ecc)

Manutenibilità e pulibilità dei componenti

Accessibilità dei componenti

Decostruzione / riciclabilità dell'edificio (es. facilità di smontaggio dei componenti, piano di smaltimento, ecc)

Qualità degli impianti sanitari / elettrico

Efficienza del riscaldamento e HVAC

### *Qualità funzionale*

Piano di qualità / efficienza spaziale (es. spazi ben proporzionati, buon livello di design, ecc)

Funzionalità / idoneità all'impiego

Accessibilità (es. rispetto delle norme vigenti, presenza ascensore, porte sufficientemente ampie, ecc)

Flessibilità e personalizzazione

Fattibilità di conversione

Accessibilità

Uso di spazi aperti (es. copertura terrazzata)

Spazi accessori e spazio per biciclette, passeggini, girelli, ecc

#### 4. Edificio

##### *Qualità ambientale*

Consumo di energia, risorse non rinnovabili (correlati al ciclo di vita)  
Uso delle risorse (materie prime) (correlato al ciclo di vita)  
Acqua potabile come utilizzo delle risorse (in fase d'uso)  
Uso del suolo (in fase d'uso)  
Effetti sull'ambiente globale (es. impronta ecologica, effetti sulla biodiversità, ecc)  
Effetti sull'ambiente a livello locale, emissioni locali  
Rifiuti e volume di acque reflue

##### *Qualità del design*

Qualità estetica e architettonica  
Arte e architettura

##### *Qualità urbana*

Accessibilità al pubblico / recupero degli spazi pubblici

##### *Valore culturale*

Protezione, valore dell'insieme

##### *Salute / Comfort / Soddisfazione dei residenti / utenti / visitatori*

Salute e comfort dei residenti e degli utenti (es. comfort termico, qualità dell'aria interna, comfort acustico e visivo, ecc)

##### *Sicurezza*

Percezione soggettiva della sicurezza (es. indicazioni chiare, vie di fuga, ecc)  
Possibilità di controllo dell'utente (es. controllo individuale della temperatura, movimentazione finestre, ecc)

#### 5. Qualità economica

##### *Mercato*

Investimenti, aspettative di ritorno

##### *Ricavi*

Canoni di locazione, pagamenti anticipati per la gestione  
Altri proventi (es. impianti pubblicitari di facciata, sistemi per la produzione di energia solare)  
Potenziale di crescita dei canoni di locazione, aspettative di inflazione

##### *Spese*

Recuperabili / esborsi operativi non recuperabili  
Pagamenti per la rivendita  
Spese per il rinnovo / ammodernamento  
Pagamenti per lo smaltimento

##### *Situazione della locazione*

Occupazione o vacanza

Fatturato, durata di un contratto di locazione nuovo (per affitto)  
Numero di inquilini, qualità degli inquilini, lunghezza e la struttura del contratto di locazione

*Previsione*

Potenziale valore di sviluppo, rischi finanziari

6. Immagine

*Valore del marchio*

Etichetta, risultato di certificazione, marchio di qualità o equivalente

*Altro*

Progettista rinomato, premi ricevuti

7. Qualità di processo

*Qualità del processo progettuale*

Consistenza della garanzia di qualità della progettazione, come certificato da terze parti indipendenti

*Qualità dei processi di controllo*

Consistenza della garanzia della qualità e di monitoraggio (misurazione della tenuta d'aria, indagini termografiche, isolamento acustico, aria interna)

*Qualità della gestione*

Consistenza delle prove effettuate e delle attività di manutenzione.

Ai sopra elencati, si aggiunge l'indicatore ESI, aggregazione di indicatori parziali, come approfondito nel paragrafo 2.3.6.7 Indicatore ESI di sostenibilità economica.

**2.3.10.7 Individuazione di un panel di indicatori per l'applicazione del metodo**

Dagli elenchi di indicatori riferiti alla scala dell'edificio, ovvero considerando:

- ⤴ gli indicatori identificati negli standards EN (performance ambientali / sociali / economiche)
- ⤴ gli indicatori identificati come integrabili e sviluppabili in futuro dai progetti di ricerca svolti a livello europeo, si può ricavare il seguente quadro sinottico (Fig. 2.334):

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

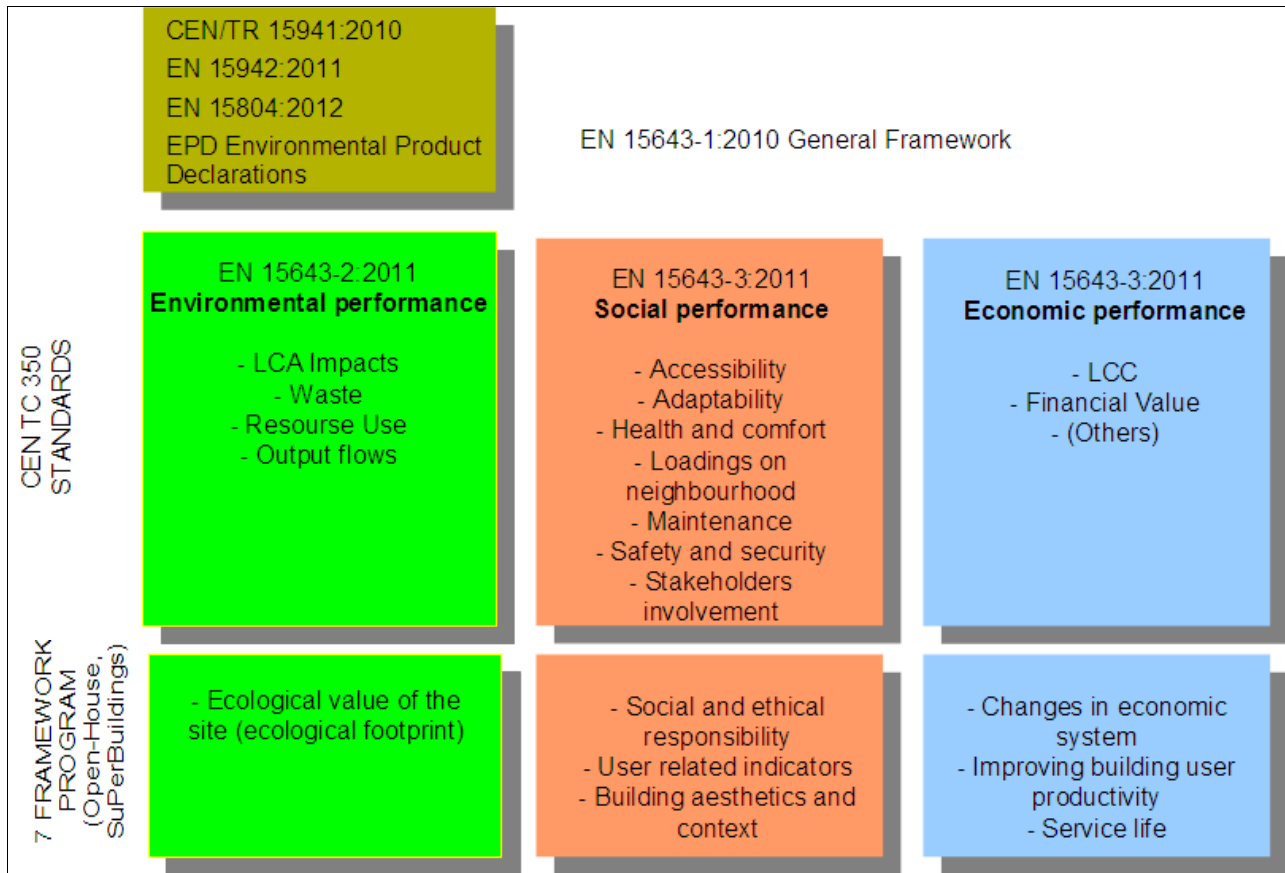


Fig. 2.334 - Quadro generale degli indicatori identificati negli standards EN (performance ambientali / sociali / economiche) e degli indicatori identificati come integrabili e sviluppabili in futuro dai progetti di ricerca svolti a livello europeo

A questo panel vanno aggiunti gli indicatori economici in corso di sviluppo o che sono già stati sviluppati in altri contesti e che sono suscettibili di essere integrati a quelli identificati negli standard armonizzati (Fig. 2.335).

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

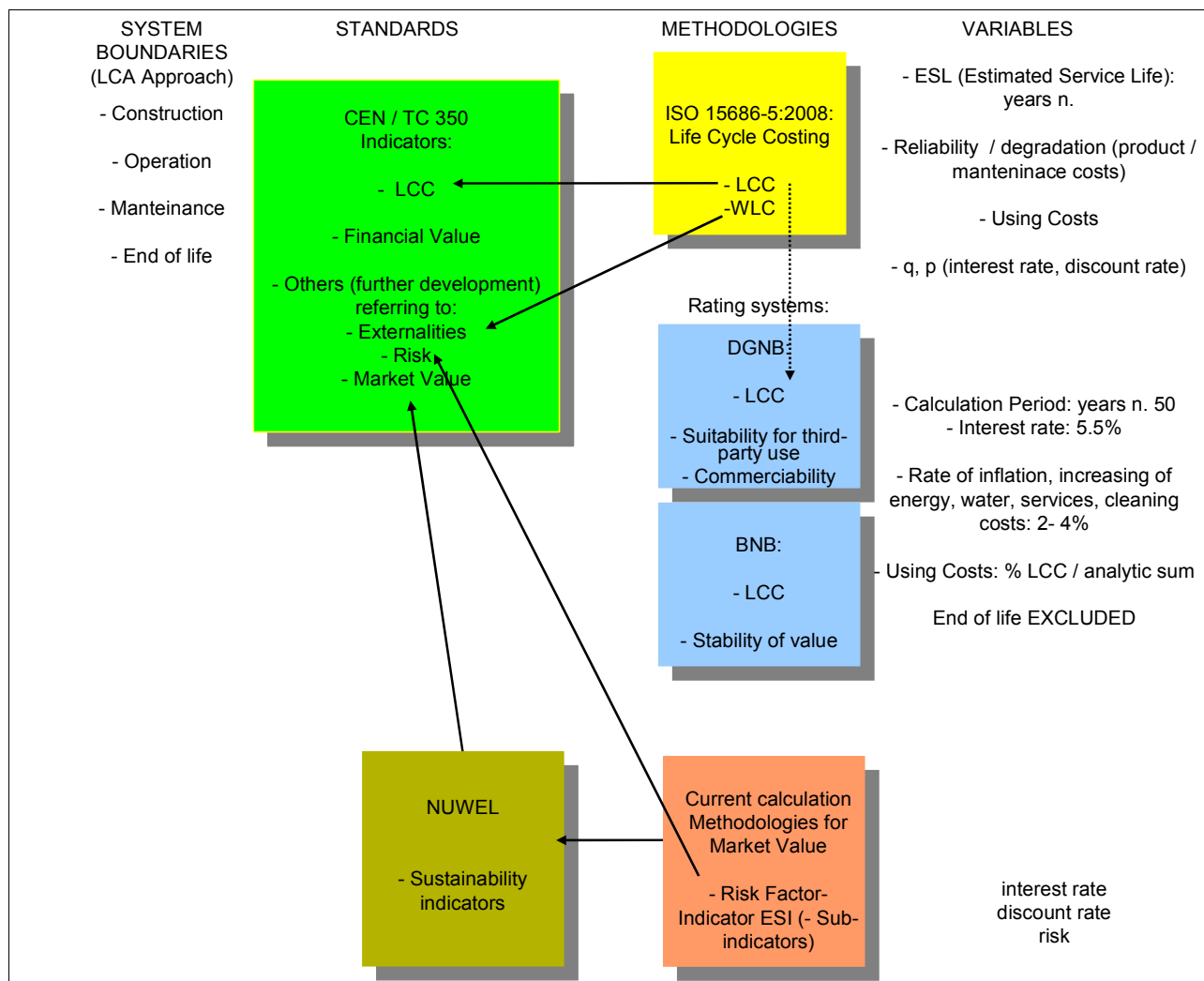


Fig. 2.335 - Quadro degli indicatori economici identificati in ambito EN in relazione con indicatori sviluppati in altri contesti europei e che sono potenzialmente integrabili a quelli identificati negli standard armonizzati

Di seguito è riportato l'elenco completo degli indicatori europei individuati dagli standard e di quelli che si potranno aggiungere nel corso degli ulteriori sviluppi (revisioni) in quanto riconosciuti nei progetti europei svolti a supporto oppure che sono indicati, negli stessi standard, come oggetto di sviluppo futuro, o ancora che sono risultati particolarmente interessanti a conclusione delle ricerche svolte in altri contesti europei (in corsivo). In parentesi le unità di misura condivise (lì ove non presenti, gli indicatori sono adimensionali oppure gli standard prevedono l'uso di check lists).

▲ Environmental impacts:

Global warming potential, GWP (kg CO<sub>2</sub> equiv)

Depletion potential of the stratospheric ozone layer, ODP (kg CFC 11 equiv)

Acidification potential of land and water, AP (kg SO<sub>2</sub> equiv)

Eutrophication potential, EP (kg (PO<sub>4</sub>)<sup>3</sup> equiv)

Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants, POCP (kg Ethene equiv)

Abiotic Resource Depletion Potential, ADP elements (kg Sb equiv)  
Abiotic Resource Depletion Potential, ADP fossil fuels (MJ)

⤴ resource use:

Use of renewable primary energy excluding energy resource used as raw material (MJ, net calorific value)  
Use of renewable primary energy used as raw material (MJ, net calorific value)  
Use of not-renewable primary energy excluding energy resource used as raw material (MJ, net calorific value)  
Use of not-renewable primary energy used as raw material (MJ, net calorific value)  
Use of secondary material (kg)  
Use of renewable secondary fuels (MJ)  
Use of not-renewable secondary fuels (MJ)  
Use of net fresh water (m<sup>3</sup>)

⤴ Waste categories:

Non hazardous waste to disposal (kg)  
Hazardous waste to disposal (kg)  
Radioactive waste (kg)

⤴ Output flows:

Components for use (kg)  
Material for recycling (kg)  
Material for energy recovery (kg)  
Exported energy (kg)

*Ecologic value of the site (ecological footprint)*

⤴ Accessibility:

Accessibility for people with specific needs  
Access to building services  
Adaptability

⤴ Health and comfort:

Thermal characteristics (PMV – °H)  
Characteristics of indoor air quality, IAQ (PPD)  
Acoustic characteristics (dB)  
Characteristics of visual comfort (PPD)  
Spatial characteristics

⤴ Loadings on the neighbourhood:

Noise (dB)  
Emissions  
Glare / overshadowing  
Shocks / vibrations

⤴ Maintenance:

Maintenance operations

### *Service life*

#### ✧ Safety / Security:

Resistance to climate change  
Accidental actions  
Personal safety and security against intruders  
Security against interruptions of utility supply

Sourcing of Materials and Services  
Stakeholder Involvement

### *Space efficiency*

#### *Social and ethical responsibility*

*User related indicators*  
*Building aesthetics and context*

LCC (Euro)  
Financial value (Euro)  
*WLC (Euro)*  
*Risk factor indicator ESI*  
*Market value (Euro)*  
*Suitability for third part use (for private building)*  
*Commerciability (for private building)*  
*Stability of value (for public building)*  
*Changes in economic system*  
*Improving building use productivity*

### **2.3.10.8 Considerazioni e conclusioni sugli indicatori a scala di edificio**

Tornando ora agli indicatori armonizzati, suddivisi per categorie dagli standard EN, in realtà, a questi si applicano alcune considerazioni. Innanzitutto, che la maggior parte degli indicatori non sono nella realtà dei processi circoscritti ad una sola area, in quanto descrivono caratteristiche / impatti / prestazioni / aspetti che *ricadono anche in altre aree*. Allo stesso tempo, indicatori diversi presentano interconnessioni. Gli esempi sono molteplici. Se ne citano alcuni:

- ✧ Gli *impatti LCA*, essendo dipendenti dall'uso delle risorse e dai processi produttivi che impiegano queste risorse, sono strettamente connessi con i *cambiamenti nel sistema economico* (commercio delle materie prime, mercati finanziari, ecc).
- ✧ La *responsabilità sociale* è anch'essa un valore che contribuisce a *cambiamenti*, per lo più positivi a medio-lungo termine, nel *sistema economico*.
- ✧ I *flussi di materia ed energia in uscita* dalle varie fasi del ciclo di vita o dall'intero sistema influiscono senz'altro sui costi (*LCC*) lungo lo stesso ciclo di vita. Il riciclo di materiali a fine produce un guadagno e pertanto una riduzione del costo di dismissione.
- ✧ La *manutenibilità* è una delle voci maggiormente incidenti su un'analisi dei costi lungo il ciclo di vita (*LCC*).
- ✧ Salute e comfort degli utenti influiscono sulla loro produttività, e ciò è particolarmente

evidente nel caso di studio (Campus sostenibile), in cui il mantenimento di buone condizioni / il miglioramento delle stesse, degli ambienti di studio/lavoro concorre al rendimento sia degli studenti sia lo staff accademico e amministrativo-tecnico, anche solo come fattore preventivo alle assenze per malattia, misurabili in giornate e, nel caso dei dipendenti, quantificabili in extra-costi economici / mancata redditività.

- ▲ Per la *sicurezza e protezione la vita utile* dei componenti nonché dell'intero edificio costituisce un fattore determinante ad evitare collassi di strutture o elementi tecnici.
- ▲ Il *valore finanziario* di un edificio è fortemente influenzato dalla sua *qualità estetica / architettonica*.
- ▲ La stessa *adattabilità e flessibilità* rappresentano un valore aggiunto che si traduce in aumento del *valore finanziario*.
- ▲ Il *valore ecologico del sito* è strettamente collegato ai *carichi sul contesto*, che costituiscono le conseguenze di un disequilibrio di bilancio dell'edificio rispetto al suo intorno.

Infine, da un punto di vista generale, a conclusione dell'analisi approfondita del quadro normativo svolta, si possono trarre *alcune conclusioni finali sugli indicatori*, in relazione allo stato del processo di normazione in corso:

- Alcuni "*core indicators*" delle tre componenti (ambientale/sociale/economica) sono stati individuati e sono disponibili.
- Lo sviluppo degli indicatori sociali ed economici è ancora all'inizio.
- Sia gli indicatori sociali sia quelli economici sono strettamente collegati a numerose altre discipline e materie (durabilità, economia della produzione, estimo, architettura, ecc).
- Il loro sviluppo sarà pertanto favorito dalla disponibilità di altri studi.
- In particolare, gli indicatori economici identificati dal CEN TC 350 potranno ampliarsi condividendo risultati di ricerche anche in corso.
- *Alcuni indicatori sono calcolabili o misurabili* (es. LCA impacts, waste, comfort, LCC, ESL), mentre *altri non sono ad oggi misurabili* (solo valutabili tramite check list, es. adattabilità, funzionalità, sicurezza e protezione).
- La maggior parte degli indicatori non sono ascrivibili ad un'unica componente (ambientale/sociale/ economica), ma ne mettono in relazione *più contemporaneamente*.
- Sussistono tra la maggior parte degli indicatori una serie di relazioni, che dimostrano che un approccio consapevole nell'ottica dell'ottimizzazione dei risultati di un'analisi/valutazione/progettazione di un intervento/processo edilizio in chiave sostenibile supera i confini della multi-disciplinarietà.

Solo un *approccio inter-disciplinare e multi-level*, che si traduce nel ricercare le relazioni e studiare il comportamento delle variabili in gioco al mutare dei parametri iniziali introdotti (ipotesi, soluzioni alternative), può costituire un valido ed efficace supporto alle decisioni finalizzate alla migliore scelta possibile.



### 2.3.11 Possibile integrazione di strumenti per la sostenibilità e sistemi di valutazione a diverse scale

#### 2.3.11.1 I sistemi di gestione della sostenibilità: strumenti da valorizzare

A livello mondiale sono ingenti le risorse e gli sforzi che autorità, università, aziende, enti di unificazione stanno investendo per migliorare le metodologie e gli strumenti (assessment tools) di valutazione della sostenibilità di edifici e interventi. Tra questi ricordiamo in particolare la Commissione Europea che sta puntando risorse degli Stati Membri su diversi progetti importanti per l'armonizzazione dei sistemi da utilizzare nell'ambito dell'Unione (*Standards EN del Tavolo TC 350, Open-House, Super Buildings*).

I sistemi attualmente disponibili (Leed, Dgnb, Itaca, Breeam) non sono cogenti, né le norme armonizzate si prevede che lo siano. Tutt'al più vengono richiesti per l'attuazione di particolari piani, come ad esempio il Piano casa in Italia o alcuni regolamenti edilizi.

Da più parti del settore delle costruzioni, si avverte l'esigenza di un impegno ulteriore per far sì che questi sistemi, *linee guida* per la costruzione di edifici e la realizzazione di interventi sostenibili, vengano valorizzati e diventino una *leva* per uno sviluppo davvero sostenibile dei Paesi, orientando cioè in maniera sostenibile le componenti ambientale, sociale ed economica dell'ambiente costruito. La figura successiva (Fig. 2.336) schematizza i *reciproci riflessi virtuosi tra le politiche di sviluppo e i processi di standardizzazione riguardanti il settore delle costruzioni* (prodotti, tecnologie ed edificio nel suo complesso), in corso, entrambi orientati in chiave sostenibile. Un ruolo strategico è assunto dai *decision makers*, destinatari dei risultati degli studi e della crescita della conoscenza degli *impatti* attraverso la loro *valutazione*.

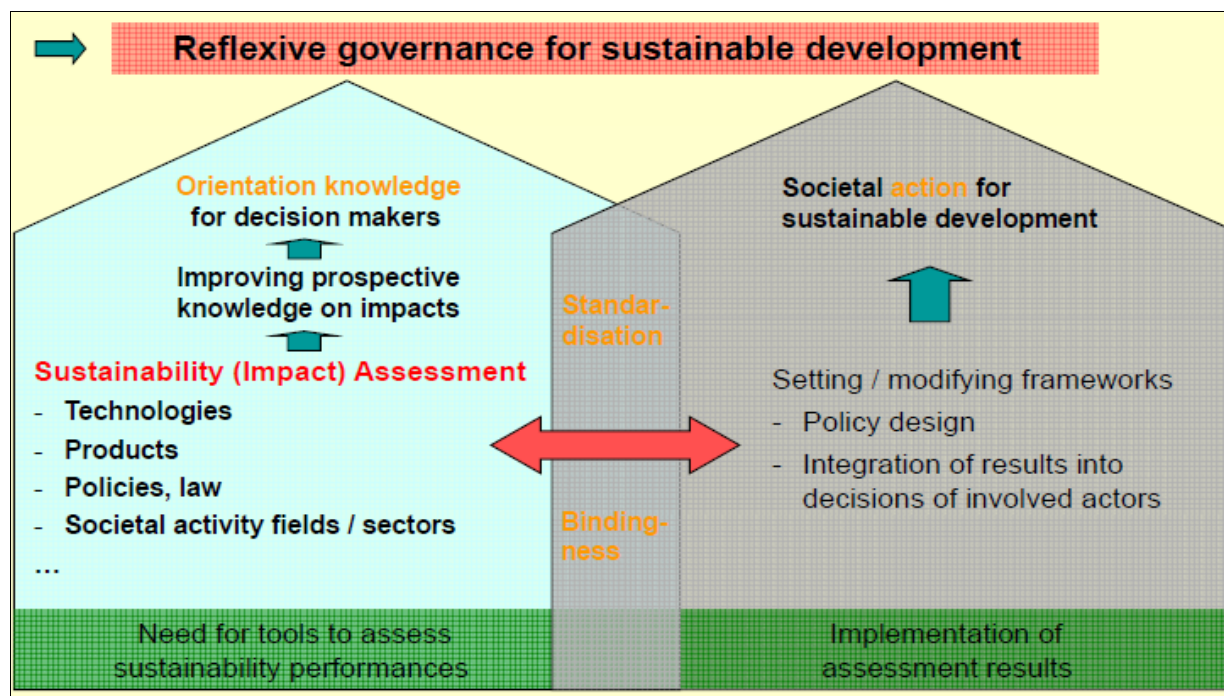


Fig. 2.336 - Reciproci riflessi virtuosi tra le politiche di sviluppo e i processi di standardizzazione riguardanti il settore delle costruzioni (prodotti, tecnologie ed edificio nel suo complesso), in corso, entrambi orientati in chiave sostenibile (Kopfmüller J., Lützkendorf T., 2009)

### 2.3.11.2 Standard CEN / TC 350 e coerenza con metodologie esistenti

“Le norme CEN si pongono come finalità quella di fornire metodi di “verifica” della sostenibilità dell’edificio, tramite indicatori quantitativi, derivanti da calcoli LCA, senza trattare la fase di valutazione (espressione di giudizi di valore). La possibilità di utilizzare indicatori aggregati è demandata ai regolamenti degli stati membri, con riferimento alle condizioni locali.

In tale ottica, *i metodi e le procedure di valutazione della sostenibilità* degli interventi edilizi, utilizzati a *livello nazionale e dagli enti locali*, si pongono, cioè, a valle delle normative sopra citate, dovendo definire criteri di valutazione comparativa, applicabili per politiche premiali connesse al miglioramento della qualità edilizia.

Il problema da porsi, quindi, è quello della coerenza dei metodi di analisi e verifica prestazionale – che devono soddisfare la normativa CEN – con i sistemi e le procedure di valutazione che li utilizzano”. (Grosso M., 2012)

Dall'integrazione sinergica degli strumenti (Fig. 2.337) deriverebbero inoltre alcuni vantaggi:

- ▲ possibile riduzione del numero degli indicatori e pertanto della quantità dei dati da raccogliere
- ▲ ottimizzazione ed economizzazione dei processi e degli investimenti a supporto degli stessi
- ▲ coerenza ed efficacia dei risultati alle diverse scale, con minimizzazione degli errori.

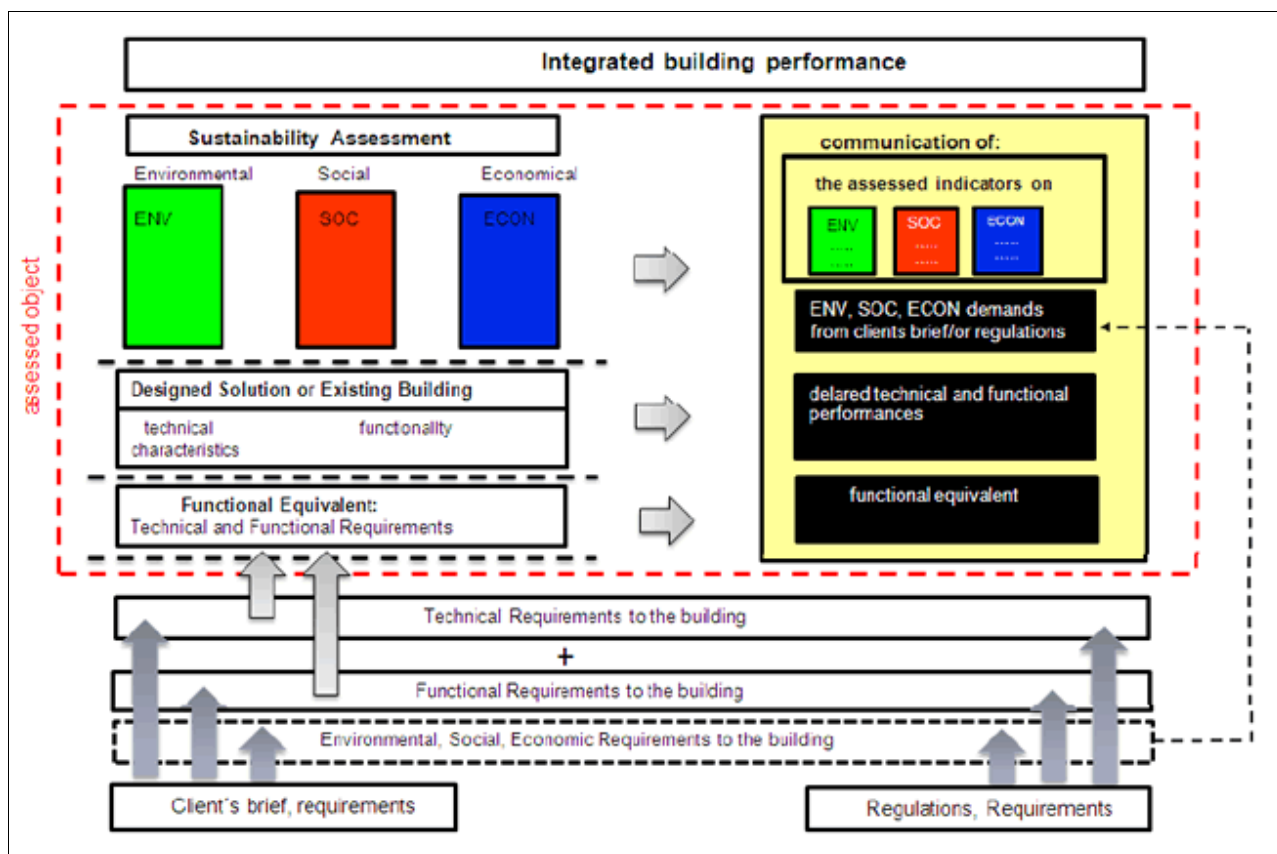


Fig. 2.337 - Quadro relazionale dei sistemi di valutazione della sostenibilità degli edifici nel contesto del mercato e istituzionale (www.greenbuildingconsult.com)

### **2.3.11.3 Costruzione di un sistema e sistemi già sviluppati**

“In alternativa alla creazione di un sistema di valutazione/reporting ex-novo è importante accertarsi dell'esistenza di altri già costruiti e validati. Esistono infatti ambiti nei quali sono stati già sviluppati sistemi che possono essere direttamente utilizzabili.

Nella valutazione dei sistemi già utilizzati occorre tenere presente se questi sono sottoposti a verifiche periodiche o a revisioni e validazioni differenziate per applicazioni diverse (più o meno vaste). Tali revisioni consentono in genere di aggiornare indicatori anacronistici o eliminarne alcuni per predisporre versioni più accurate. Nel caso in cui si decida di utilizzare un sistema già costruito è importante informarsi sui metodi seguiti per la sua validazione: la mancanza di tali informazioni non consente una sua accurata utilizzazione ed una adeguata interpretazione adeguata dei risultati.

In alcuni casi può essere utile progettare più sistemi alternativi al fine di valutarne, i costi di implementazione attraverso il giudizio di ricercatori e di politici.

La fase ricognitiva può riguardare parti singole del sistema, come la definizione di particolari indicatori, di strategie alternative per la raccolta dei dati.

E' possibile, per esempio, fare una ricognizione dei database presenti per determinare quali informazioni vengono già raccolte e per identificare le aree che richiedono la definizione di nuovi indicatori”. (Maggino F., 2006)

### **2.3.11.4 La gestione dei sistemi: dal globale al locale**

Come già menzionato, inoltre, sistemi armonizzati che si stanno progettando e validando unificano sotto un ombrello fatto di obiettivi e strumenti condivisi in un'ottica europea, la gestione della sostenibilità.

Non si dimentichi però che l'applicazione nei differenti contesti e da parte dei diversi soggetti non potrà non tener conto di fattori locali, come: *la disponibilità e l'accessibilità delle risorse e dei materiali, le caratteristiche dei tessuti e distretti produttivi, le caratteristiche dei mercati, le tradizioni costruttive locali, le singole emergenze sociali ed economiche.*

In questa ottica gli standard di gestione unificati non potranno che costituire delle *Linee guida*, che diventeranno tanto più efficaci a livello di *risultato complessivo* quanto più e meglio verranno implementate a *livello locale*. Ciò significa *integrarle* il più possibile agli altri strumenti di misurazione, verifica, incentivazione, programmazione che sono definiti a livello locale e prima ancora alle scale intermedie.

Parliamo perciò, per quanto riguarda i Paesi (es. la Germania che li ha varati) di Piani energetici nazionali, ma anche di programmi di riqualificazione dei patrimoni edilizi, di Patto dei sindaci, Piani energetici, Piani di Governo e della mobilità comunali, ecc., mentre per l'Italia di regolamenti edilizi, piani regionali, azioni di defiscalizzazione per interventi di riqualificazione energetica, Bilanci sociali, Piani territoriali di coordinamento, Valutazioni d'Impatto di opere strategiche, Piani d'azione Agenda 21. Ma ancor di più di sistemi di valutazione e controllo esistenti, nati a supporto della governance, per valutare, monitorare e migliorare le politiche delle amministrazioni locali in una logica di benchmarking, alcuni dei quali già sperimentati ed applicati da anni, con successo, al territorio italiano.

### **2.3.11.5 Altri sistemi di valutazione internazionali**

Nell'ambito dei sistemi di valutazione della sostenibilità, merita menzione anche quella categoria, variegata per i molteplici scopi, rappresentata dai sistemi sviluppati per confrontare e classificare realtà in competizione tra loro, al fine ultimo del miglioramento continuo della categoria. Tra questi

sistemi, ai fini della presente ricerca, sono stati individuati alcuni sistemi internazionali di ranking di università. Tra questi, alcuni contemplano anche una dimensione legata alle strutture fisiche degli atenei e centri di ricerca, ovvero alla sostenibilità dei complessi (edifici ed aree esterne).

In particolare, il *Green metric world university ranking 2012* è un sistema internazionale utilizzato per valutare, confrontare e classificare l'impegno delle università nel rendere sostenibile i loro campus. Promosso per la prima volta nel 2010 dall'Università dell'Indonesia, intende interessare anche i governi, le agenzie ambientali internazionali e locali e l'intera società.

Ha come principali obiettivi quello di essere aperto alla partecipazione globale ed incoraggiare le istituzioni accademiche nell'intraprendere o sviluppare iniziative di sostenibilità, aumentandone i contatti web, le menzioni e i collegamenti con altre istituzioni. Il sistema di valutazione si è ispirato, oltre che a preesistenti sistemi di ranking universitari (tra cui QS e Webometrics), a numerosi sistemi di valutazione della sostenibilità in edilizia, tra cui Leed e Greenship. E' gestibile da un piccolo team di esperti interni all'università, ma multidisciplinare (ecologia, sostenibilità, antropologia, ingegneria, architettura e progettazione urbana, statistica, ecc). Il modello concettuale si basa sostanzialmente sulle "3 E": Environment, Economics, Equity – Education. I 41 indicatori descrivono il quadro di come l'università si raffronta alla sostenibilità mettendo in atto politiche, azioni e comunicazione. E' un metodo a punteggio, in cui agli indicatori delle diverse aree (Tab. 2.10) è associato un totale massimo di 100 punti.

Tab. 2.10 - Aree e rispettivi indicatori identificati nel sistema di valutazione Green metric world university ranking 2012

Area	Indicatore e unità di misura	
<i>Setting and infrastructure</i>	1	Campus Setting: Urban
	2	Area on campus covered in vegetation in the form of forest (provide as percentage of total site area)
	3	Type of higher education institution: Specialized higher education institution
	4	Number of campus sites
	5	Total campus area (meter square)
	6	Total ground area of building (meter square)
	7	Number of students (include both part time and full time students)
	8	Number of academic and administrative staff
	9	Area on campus covered in planted vegetation (include lawns, gardens, green roofs, internal planting) (provide as percentage of total site area)
	10	Retention: non-retentive surfaces on campus as percentage of total area (where non-retentive surfaces incl. earth, grass, con-block etc, and retentive surfaces incl. concrete, tarmac) for water absorption
	11	Percentage of University budget for sustainability effort
<i>Energy and Climate Change</i>	12	Energy efficient appliances usage (extent to which energy efficient appliances/lighting fixtures, e.g. low watt light bulb, are replacing conventional appliances) (Partly Replaced)
	13	Renewable energy usage policy (select one or more of the given energy sources used on your campus): Solar Power / Geothermal
	14	Electricity usage per year (for lighting, heating, cooling, etc) (Total kWh)
	15	Energy conservation program (formalized effort in encouraging members of the campus community to reduce energy use) (Policy in initial implementation)
	16	Green building (elements of green building implementation as reflected in all construction and renovation policy) (Natural Ventilation / Full Daylighting)
	17	Climate change adaptation and mitigation program (current stage of institutional effort) (Policy in initial implementation)
	18	Greenhouse gas emission reductions policy (Policy in initial implementation)
<i>Waste</i>	19	Recycling program for university waste (policy led effort to encourage staff and students to recycle waste)
	20	Toxic waste recycling (whether toxic waste is dealt with separately, for example by classifying and recycling it) (Fully Treated)
	21	Organic waste treatment (garbage, discarded vegetable and plant matter) (Partly Composted)
	22	Inorganic waste treatment (rubbish, trash, discarded paper, plastic, metal etc) (select the option that best describes your overall treatment of the bulk of your inorganic waste) (Partially recycled)
	23	Sewerage disposal (Primary method of treatment of sewerage) (select the

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

		option that best describes how the bulk of your sewerage is disposed of) Treated before disposal
	24	Policy to reduce the use of paper and plastic in campus Policy in full implementation
<i>Water</i>	25	Water conservation program (systematic, formalized program) (Program Preparation)
	26	Piped water (water consumed from utility or piped system as a percentage of all sources of water including, e.g. ground or well water)
<i>Transportation</i>	27	Number of vehicles owned by your institution (buses and cars)
	28	Number of cars entering the university daily (average based on balanced sample, e.g. considering term and holiday periods)
	29	Number of bicycles that are found on campus on an average day (include both those owned by the university and privately owned bikes)
	30	Transportation policy designed to limit the number of motor vehicles used on campus (expressed as stage of implementation of that policy) (Policy in initial implementation)
	31	Transportation policy designed to limit or decrease the parking area on campus (Policy in initial implementation)
	32	Campus buses (the availability of buses for journeys within the campus whether free or paid) (Not available)
	33	Bicycle and pedestrian policy on campus (reflects the extent to which bicycle use or walking is supported) (select one or more options that apply to your campus) (Bicycles provided by university / Pedestrian way)
<i>Education</i>	34	Number of courses related to environment and sustainability offered
	35	Total number of courses offered
	36	Total research funds dedicated to environmental and sustainability research (in US Dollars, average per annum over the last 3 years)
	37	Total research funds (in US Dollars, average per annum over the last 3 years)
	38	Number of scholarly publications on environment and sustainability published (average number published annually over the last 3 years)
	39	Number of schorlaly events related to environment and sustainability (conferences etc) (average per annum over the last 3 years)
	40	Number of student organizations related to environment and sustainability
41	University run sustainability website	

### **2.3.12 Confronto tra gli standard europei e la normativa tecnica italiana di qualità nelle costruzioni per i futuri sviluppi**

#### **2.3.12.1 Obiettivo**

Obiettivo della presente analisi e successiva discussione è individuare:

- ▲ congruenze
- ▲ corrispondenze
- ▲ limiti

del panel di indicatori identificati nei nuovi standard europei per la valutazione della sostenibilità nei lavori di costruzione sulla base dei contenuti principali della normativa tecnica italiana in materia di esigenze, requisiti, prestazioni e di qualità.

Lo studio intende fornire elementi per lo sviluppo futuro degli standard europei, in via di revisione.

Ed inoltre, viceversa, i limiti e i punti di forza riscontrabili nella normativa tecnica italiana rispetto ai nuovi standard europei, nell'ambito considerato.

#### **2.3.12.2 Gli standard**

Gli standard europei menzionati sono quelli in corso di sviluppo in ambito CEN, in particolare affidati al Comitato CEN TC / 350, i cui gruppi di lavoro hanno già prodotto, tra gli altri, i seguenti standard, contenenti obiettivi, indicatori e una metodologia condivisi dagli Stati membri per la valutazione della sostenibilità nei lavori di costruzione:

EN 15643-1:2010 General Framework

EN 15643-2:2011 Environmental performance

EN 15643-3:2011 Social performance

EN 15643-4:2012 Economic performance.

Il metodo adottato dal CEN per la valutazione della sostenibilità degli edifici si basa sostanzialmente sulle seguenti categorie oggetto di analisi e valutazione:

- ▲ *Aspetti*
- ▲ *Impatti*
- ▲ *Prestazioni*
- ▲ *Indicatori.*

Ciascuna categoria è analizzata e descritta nelle fasi del Ciclo di vita dell'edificio.

Gli standard italiani considerati sono invece, in particolare, i seguenti:

- ▲ UNI 10838 (Qualità edilizia)
- ▲ UNI 11277 febbraio 2008 Sostenibilità in edilizia (Esigenze e requisiti di ecocompatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili. Uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione) (Grosso M., 2008)
- ▲ UNI 8290 Parti I (classificazione) e 2 (requisiti elementi tecnici)
- ▲ UNI ISO 8402 (Qualità).

A questi si aggiungono le principali direttive, leggi e orientamenti in materia di risparmio energetico degli edifici e progettazione ecocompatibile (Grosso M., 2008).

### 2.3.12.3 Aspetti, Impatti, Prestazioni

Le categorie Aspect / Impact / Performance, vengono così definite:

- ^ *Aspect* (aspetto): aspetto della costruzione, di un assemblato (parte della costruzione), processi o servizi relativi al loro ciclo di vita (Daniotti B., 2012) che *possono causare cambiamenti all'ambiente, alla società / qualità della vita, all'economia*
- ^ *Impact* (impatto): ogni cambiamento *all'ambiente, alla società / qualità della vita, all'economia* (degli utenti dell'edificio, ovvero il proprietario, il gestore e gli occupanti, e del vicinato), negativo o positivo, interamente o parzialmente *risultante dagli aspetti ambientali / sociali / economici*
- ^ *Performance* (prestazione): *prestazione relativa agli impatti e agli aspetti ambientali / sociali, economici.*

L'approccio del processo di revisione degli standard, appena iniziato, è rivolto a valorizzare gli *aspetti*, condivisi, ritenuti punti cardine nella valutazione, secondo le priorità di obiettivi stabilite nei piani e programmi dell'Unione Europea.

Questa scelta degli *aspetti strategici* comuni è non solo finalizzata a focalizzare l'attenzione del valutatore sui temi ritenuti imprescindibili per un'analisi della sostenibilità dell'edificio, ma tiene anche conto delle difficoltà che si sono evidenziate con la prima applicazione a scala nazionale sia dei nuovissimi standard europei, sia nello sviluppo dei protocolli commerciali nazionali e locali, sia come risultato di progetti europei promossi sull'argomento.

Tra le difficoltà emerse rientrano la mancanza ad oggi di indicatori largamente condivisi, di metodologie anch'esse scientificamente validate e condivise, per la misurabilità degli indicatori. E' evidente che la materia è ancora ai primi sviluppi ma anche che a livello centrale europeo, ma è anche vero che il Comitato normatore intende svolgere, nel rispetto e limite del proprio ruolo, una funzione di coordinamento e suggerimento, essendo gli standard volontari, senza interferire oltre il dovuto nella gestione nazionale e locale in base alle singole esigenze e norme vigenti.

In altre parole, il CEN lascia, in corrispondenza di molti aspetti, la libertà agli Stati Membri e ai singoli valutatori, di scegliere gli indicatori più adatti.

Di seguito il panel di aspetti / indicatori identificati negli standard europei, integrati (in corsivo) da altri, ritenuti meritevoli di importanza e di poter essere aggiunti in futuro a quelli europei già condivisi, nei risultati di specifici progetti europei.

- ^ Environmental impacts:

Global warming potential, GWP (kg CO<sub>2</sub> equiv)

Depletion potential of the stratospheric ozone layer, ODP (kg CFC 11 equiv)

Acidification potential of land and water, AP (kg SO<sub>2</sub> equiv)

Eutrophication potential, EP (kg (PO<sub>4</sub>)<sup>3</sup> equiv)

Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants, POCP (kg Ethene equiv)

Abiotic Resource Depletion Potential, ADP elements (kg Sb equiv)

Abiotic Resource Depletion Potential, ADP fossil fuels (MJ)

- ^ resource use:

Use of renewable primary energy excluding energy resource used as raw material (MJ, net calorific value)

Use of renewable primary energy used as raw material (MJ, net calorific value)



Use of not-renewable primary energy excluding energy resource used as raw material (MJ, net calorific value)

Use of not-renewable primary energy used as raw material (MJ, net calorific value)

Use of secondary material (kg)

Use of renewable secondary fuels (MJ)

Use of not-renewable secondary fuels (MJ)

Use of net fresh water (m<sup>3</sup>)

▲ Waste categories:

Non hazardous waste to disposal (kg)

Hazardous waste to disposal (kg)

Radioactive waste (kg)

▲ Output flows:

Components for reuse (kg)

Material for recycling (kg)

Material for energy recovery (kg)

Exported energy (MJ)

*Ecologic value of the site (ecological footprint)*

▲ Accessibility:

Accessibility for people with specific needs

Access to building services

Adaptability

▲ Health and comfort:

Thermal characteristics (PMV – °H)

Characteristics of indoor air quality, IAQ (PPD)

Acoustic characteristics (dB)

Characteristics of visual comfort (PPD)

Spatial characteristics

▲ Loadings on the neighbourhood:

Noise (dB)

Emissions

Glare / overshadowing

Shocks / vibrations

▲ Maintenance:

Maintenance operations

*Service life*

▲ Safety / Security:

Resistance to climate change

Accidental actions

Personal safety and security against intruders

Security against interruptions of utility supply

Sourcing of Materials and Services  
Stakeholders Involvement

*Space efficiency*

*Social and ethical responsibility*  
*User related indicators*  
*Building aesthetics and context*

LCC (Euro)  
Financial value (Euro)  
*WLC (Euro)*  
*Risk factor indicator ESI*  
*Market value (Euro)*  
*Stability of value*  
*Changes in economic system*  
*Improving building use productivity*

#### **2.3.12.4 Requisiti e Prestazioni di Qualità**

Secondo la norma UNI 10838, a qualità edilizia viene articolata nelle seguenti *categorie di qualità dell'organismo edilizio*:

- ▲ qualità funzionale-spaziale
- ▲ qualità ambientale tecnologica
- ▲ qualità tecnica
- ▲ qualità operativa
- ▲ qualità utile
- ▲ qualità manutentiva.

#### **2.3.12.5 Confronto tra i sistemi di valutazione italiano ed europeo**

Il caso studio, al quale applicare una verifica di coerenza tra i due insiemi di sistemi di valutazione del livello di sostenibilità (italiano, europeo), è l'edificio della scuola media Orsini di Imola, costruito nel 2008 secondo criteri di ecocompatibilità (Grosso M., 2010).

L'edificio è stato analizzato, attraverso schede di valutazione dettagliate, nei suoi sistemi e subsistemi e nel rapporto con il contesto territoriale ed è stata redatta una scheda sintetica critica, di restituzione sistemica delle *prestazioni* dell'intervento, in rapporto alle categorie di qualità dell'organismo edilizio, di seguito riportata (Tab. 2.11).

Alla scheda iniziale sono state aggiunte 3 colonne, che mettono in relazione:

- ▲ le categorie di qualità
- ▲ le prestazioni dei sistemi / subsistemi / elementi tecnici
- ▲ le categorie degli aspetti e indicatori europei
- ▲ gli aspetti e gli indicatori europei.

Tab. 2.11 - Sistematizzazione delle prestazioni dei sistemi / subsistemi / elementi tecnici, delle categorie e degli aspetti ed indicatori europei rispetto a alle categorie di qualità (su scheda Ginelli E., 2011, Corso di Innovazione tecnologica e controllo ambientale, Politecnico di Milano)

3 <sup>a</sup> STEP – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULLA QUALITÀ EDILIZIA DELL'ORGANISMO intesa come l'insieme delle proprietà e caratteristiche dell'organismo edilizio che conferiscono ad esso la capacità di soddisfare esigenze e ottemperare requisiti attraverso prestazioni					
SCHEMA 12. SINTESI CRITICA E RESTITUZIONE SISTEMICA DELLE PRESTAZIONI DELL'INTERVENTO					
12. 1 RAPPORTO SULLE CATEGORIE DI QUALITÀ DELL'ORGANISMO EDILIZIO					
Livello di qualità	Definizione	Prestazioni	Categoria	Aspetto	Indicatore
Qualità ambientale esterna	Insieme delle prestazioni ambientali degli spazi esterni	L'Accessibilità è buona. La Multifunzionalità è garantita dalla presenza di campi attrezzati e spazi per il gioco. Il Benessere (acustico, visivo, olfattivo, microclimatico) è garantito dalla presenza di vegetazione, di pavimentazioni adeguate e di percorsi integrati.	Accessibility	Accessibility for people with specific needs Access to building services Spatial characteristics	
			Loadings on the neighbourhood		Noise (dB) Emissions Glare / overshadowing Shocks / vibrations WLC (Euro)
				Building aesthetics and context	
					Ecologic value of the site (ecological footprint)
			Environmental impacts		Global warming potential, GWP (kg CO <sub>2</sub> equiv) Depletion potential of the stratospheric ozone layer, ODP (kg CFC 11 equiv) Acidification potential of land and water, AP (kg SO <sub>2</sub> equiv) Eutrophication potential, EP (kg (PO <sub>4</sub> ) <sup>3</sup> equiv) Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants, POCP (kg Ethene equiv) Abiotic Resource Depletion Potential, ADP elements (kg Sb equiv) Abiotic Resource Depletion

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

					Potential, ADP fossil fuels (MJ)
			<i>Waste categories</i>		Non hazardous waste to disposal (kg) Hazardous waste to disposal (kg) Radioactive waste (kg)
			<i>Output flows</i>		Components for reuse (kg) Material for recycling (kg) Material for energy recovery (kg) Exported energy (MJ)
				<i>Social and ethical responsibility</i>	
				<i>Stability of value Changes in economic system</i>	LCC (Euro) Financial value (Euro) WLC (Euro) Risk factor indicator ESI Market value (Euro)
<i>Qualità ambientale interna</i>	Insieme delle prestazioni ambientali degli elementi spaziali di un organismo edilizio	Il Benessere (visivo, acustico, termico, dell'aria) è garantito da soluzioni adeguate (pareti e soffitti fonoassorbenti, schermature solari esterne, materiali ad inerzia termica e non emettitori di VOC, vetri ad elevate prestazioni, isolamento, ed inoltre attenzione cromatica) (Indoor Environmental Quality 19 Possible Points: Prerequisite 1 Minimum Indoor Air Quality Performance R required Prerequisite 2 Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control R required Prerequisite 3 Minimum Acoustical Performance Required Credit 1 Outdoor Air Delivery Monitoring 1 Credit 2 Increased Ventilation 1 Credit 3.1 Construction Indoor Air Quality Management Plan—During Construction 1 Credit 3.2 Construction Indoor Air Quality Management Plan—Before Occupancy 1 Credit 4 Low-Emitting Materials 1-4 Credit 5 Indoor Chemical and Pollutant Source Control; Credit 6.1 Controllability of Systems—Lighting 1 Credit 6.2 Controllability of	<i>Health and comfort</i>		Thermal characteristics (PMV – °H) Characteristics of indoor and quality, IAQ (PPD) Acoustic characteristics (dB) Characteristics of visual comfort (PPD)
				<i>Sourcing of Materials and Services</i>	
			<i>Safety / Security</i>	<i>Resistance to climate change</i>	
				<i>Improving building use productivity</i>	
				<i>Stakeholders Involvement</i>	
				<i>User related indicators</i>	
					LCC (Euro) Financial value (Euro) WLC (Euro) Risk factor indicator ESI Market value (Euro)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

		<p>Systems—Thermal Comfort 1 Credit 7.1 Thermal Comfort—Design 1 Credit 7.2 Thermal Comfort—Verification 1 Credit 8.1 Daylight and Views—Daylight 1-3 Credit 8.2 Daylight and Views—Views 1 Credit 9 Enhanced Acoustical Performance 1 Credit 10 Mold Prevention</p> <p>I materiali scelti sono esenti da emissioni nocive, relative, in particolare, da sostanze cancerogene e allergeniche, quali i composti organici volatili, i composti del PVC e i componenti lapidei che emettono radon.</p> <p>In particolare, i materiali isolanti scelti e le sostanze che compongono i rivestimenti interni a contatto con gli ambienti d'uso sono essenzialmente di origine naturale e, comunque, ne sarà richiesta certificazione ambientale di tipo ISO III (environmental labelling) o II (environmental declaration).</p> <p>La qualità dell'aria è garantita dalla regolazione del tasso di ricambio dell'aria, realizzata con l'impianto di ventilazione meccanica controllata a portata variabile, in taluni casi anche tramite attuatori collegati a sensori della concentrazione di CO2.</p> <p>La progettazione esecutiva dell'impianto elettrico è tale da minimizzare le variazioni di campo elettrico e magnetico a frequenza estremamente bassa.</p>			
Qualità funzionale spaziale	Insieme delle caratteristiche funzionali spaziali degli elementi spaziali di un organismo edilizio	La flessibilità degli spazi può essere ottenuta eliminando/inserendo setti divisori	Accessibility	Accessibility for people with specific needs Access to building services Adaptability	
					Service life (y)
				Space efficiency Improving building use productivity	
					LCC (Euro) Financial value (Euro) WLC (Euro) Risk factor indicator ESI Market value (Euro)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Qualità tecnologica	Insieme delle prestazioni tecnologiche dei subsistemi e degli elementi tecnici di un organismo edilizio	Fatta eccezione della struttura portante in ca (setti e solai), essendo il resto dei componenti a secco, i nodi sono accessibili e modificabili	Maintenance	Maintenance operations	
			Safety / Security	Personal safety and security against intruders Security against interruptions of utility supply	
				Stability of value Changes in economic system	Service life (y) LCC (Euro) Financial value (Euro) WLC (Euro) Risk factor indicator ESI Market value (Euro)
Qualità tecnica	Insieme delle caratteristiche degli elementi tecnici di un organismo edilizio articolate in requisiti tecnici	Il Risparmio energetico rispetto ad un edificio standard è notevole e le soluzioni progettuali e tecnologiche messe in atto concorrono alla riduzione dei carichi ambientali	resource use		Use of renewable primary energy excluding energy resource used as raw material (MJ, net calorific value) Use of renewable primary energy used as raw material (MJ, net calorific value) Use of not-renewable primary energy excluding energy resource used as raw material (MJ, net calorific value) Use of not-renewable primary energy used as raw material (MJ, net calorific value) Use of secondary material (kg) Use of renewable secondary fuels (MJ) Use of ewable secondary fuels (MJ) Use of net fresh water (m <sup>3</sup> )
					Stability of value Changes in economic system
			Maintenance	Maintenance operations	Service life (y)
Qualità operativa	Insieme delle caratteristiche degli elementi tecnici di un	La scelta di sistemi in gran parte a secco è stata operata per aumentare la Facilità di assemblaggio e intervento	Maintenance	Maintenance operations	Service life (y)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

	organismo edilizio articolate in requisiti operativi		Safety / Security	Accidental actions	LCC (Euro) Financial value (Euro) WLC (Euro) Risk factor indicator ESI Market value (Euro)
Qualità utile	Insieme delle caratteristiche degli elementi tecnici di un organismo edilizio articolate per requisiti di durabilità	L'Affidabilità e la Durabilità sono garantite dall'impiego di materiali di qualità certificata	Safety / Security	Resistance to climate change Accidental actions	Service life (y)
					LCC (Euro) Financial value (Euro) WLC (Euro) Risk factor indicator ESI Market value (Euro)
Qualità manutentiva	Insieme delle caratteristiche degli elementi tecnici di un organismo edilizio	Accessibilità, Integrazione , Ispezionabilità, Smontabilità , Riparabilità sono garantiti dalla composizione delle stratigrafie	Maintenance	Maintenance operations	Service life (y)
			Safety / Security	Accidental actions	LCC (Euro) Financial value (Euro) WLC (Euro) Risk factor indicator ESI Market value (Euro)

### 2.3.12.6 Risultati e conclusioni

Di seguito le considerazioni, in riferimento agli obiettivi fissati, categoria per categoria di qualità, sui punti di forza e limiti dei sistemi analizzati e confrontati.

*Qualità ambientale esterna:* gli aspetti / indicatori tra i due sistemi sono coerenti per quanto riguarda le prestazioni legate all'accessibilità e all'articolazione spaziale. Il panel europeo è più ampio e dettagliato sulle esternalità, ovvero gli effetti della costruzione oltre i limiti stretti del sito, compresi quelli a livello globale, ma manca della scala intermedia, ovvero delle prestazioni legate al *benessere delle aree esterne* di pertinenza della costruzione, un insieme di aspetti meritevoli dunque di essere approfonditi nello sviluppo prossimo degli standard.

*Qualità ambientale interna:* rispetto agli aspetti della *qualità* dell'aria, della temperatura, dell'acustica e relativo *comfort*, vi è coerenza tra i due sistemi.

E' sulla qualità dei materiali a livello di emissioni e caratteristiche che influiscono sul comfort che il sistema europeo non prevede l'integrazione di aspetti ed indicatori, se non in maniera indiretta sotto l'aspetto "sourcing of materials and services". Le etichettature ecologiche sono infatti oggetto a livello europeo della specifica norma di dichiarazione ambientale di prodotto. In futuro, il sistema

degli standard europei dovrebbe dunque inglobare al suo interno anche indicatori sulla sostenibilità dei prodotti e materiali utilizzati nella costruzione.

Di contro, il sistema europeo identifica anche indicatori di prestazione economica, legati alla qualità ambientale interna. La temperatura e altri parametri di comfort sono infatti strettamente connessi con i costi durante il ciclo di vita (LCC), in particolare dipendenti dalla gestione necessaria per garantire le condizioni ottimali.

*Qualità funzionale spaziale:* in questa categoria rientrano l'accessibilità e l'efficienza spaziale, che in entrambi i sistemi sono considerati. Negli standard europei le prestazioni spaziali legate alla sostenibilità sono valutate anche in base all'adattabilità, ma la *flessibilità* non è un aspetto riconosciuto specificamente. Legato alla Service life che viene estesa quando assume significatività, in realtà è un aspetto importante in fase previsionale, in quanto una maggiore flessibilità degli ambienti interni e dei sistemi connessi (es. setti), spesso ottenibile mediante semplici accorgimenti progettuali o tecnologici attuabili a costi sostenibili nelle prime fasi del processo edilizio, favorisce il contenimento dell'uso di risorse, sia suolo che materiali. Si ricorda a questo riguardo l'indicatore di sostenibilità economica ESI, che lega la sostenibilità della costruzione alla sua capacità di risposta ai rischi derivanti dai cambiamenti delle condizioni esterne.

*Qualità tecnologica:* la sostenibilità nelle prestazioni ed impatti che si evidenziano nelle operazioni di manutenzione è uno degli aspetti considerati nel sistema di standard europei. Gli aspetti manutentivi sono strettamente legati alla qualità tecnologica, seppure specifici della qualità operativa. Gli standard europei non identificano però, a parte la Service life, aspetti e indicatori specifici che descrivano le prestazioni tecnologiche vere e proprie, come l'accessibilità e modificabilità dei sistemi, in particolare dei nodi.

*Qualità tecnica:* le caratteristiche degli elementi tecnici sono valutate nel sistema europeo in base all'uso delle risorse sia materiali sia energetiche. Anche in questo caso la sostenibilità economica durante il ciclo di vita (Daniotti B., 2012) è strettamente connessa.

*Qualità operativa:* gli aspetti prestazionali sono quelli relativi alla manutenzione, connessi con le prestazioni economiche, in particolare i costi lungo il ciclo di vita. Sicurezza e protezione sono tra i primari aspetti che le operazioni di manutenzione sono tenute a conservare e garantire.

*Qualità utile:* durabilità e affidabilità sono indicatori da cui dipende la Service life. Anche in questo caso gli aspetti economici durante il ciclo di vita e gli indicatori che li misurano sono a queste strettamente connessi e di conseguenza alla qualità utile della costruzione.

*Qualità manutentiva:* le prestazioni della costruzione in base a requisiti di manutenibilità sono descritte da aspetti relativi, individuati negli standard europei. Sicurezza e protezione, Service life e connessi indicatori economici sono ad essi legati.



## 2.4 Processo edilizio e integrazione di modelli avanzati di gestione

---

### 2.4.1 Processo edilizio e ingegneria dei sistemi

#### 2.4.1.1 L'Ingegneria dei sistemi

L'International Council on Systems Engineering (INCOSE) definisce System Engineering come “un *approccio interdisciplinare e di metodo* per consentire la realizzazione di sistemi di successo. Esso si concentra sulla definizione delle esigenze dei clienti e delle funzionalità richieste nelle prime fasi del ciclo di sviluppo, nel documentare i requisiti, quindi nel procedere con la progettazione di architettura e di convalida del sistema, sempre tenendo in considerazione la totalità del problema. La disciplina del System Engineering integra tutte le discipline e le specialità di diversi gruppi di lavoro formando un processo strutturato di sviluppo che procede dall'ideazione alla realizzazione fino alla messa in esercizio del sistema. System Engineering prende in considerazione sia il business che le esigenze tecniche di tutti i clienti con l'obiettivo di fornire un prodotto di qualità che soddisfi le esigenze degli utenti”.

Alternativamente, concentrandosi più su aspetti connessi all'individuo, si potrebbe definire il SE un' *attitudine legata al modo di ragionare e ad un metodo nell'approcciare i problemi*. E' un modo di pensare prima ancora di chiamare in causa le conoscenze tecniche. Infatti, l'aspetto peculiare che caratterizza l'approccio da SE è la *ricerca per una visione globale del contesto* in cui l'ingegnere sistemista dovrà esercitare le sue attività e le sue conoscenze tecniche. Un buon SE tenderà a spaziare per avere una visione dai larghi orizzonti per ottenere risultati in maniera efficace ed efficiente.

Un altro fattore è legato alla capacità di *individuare e gestire la rete di relazioni, dipendenze e dinamiche* tra differenti componenti di un sistema complesso. L'obiettivo è di “guidarle” verso un comportamento complessivo risultante dall'armonizzazione di quelle parti, che non sarebbe possibile ottenere mettendole semplicemente assieme. L'abilità sta nell'essere in grado di *predire le interazioni tra i diversi elementi che contribuiscono al comportamento complessivo e nel controllarle*.

Per evitare di tralasciare aspetti importanti del problema, o per minimizzare questo rischio, il sistemista adotta tipicamente un approccio “top-down” e procede in modo strutturato, spesso ripetutamente attraversando i differenti livelli e le diverse dimensioni in cui il problema può essere decomposto.

L'Ingegneria dei sistemi si è sviluppata negli ultimi decenni grazie agli avanzamenti della ricerca nei campi della biologia, dell'ecologia e attualmente dell'analisi del valore (Fig. 2.338).

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

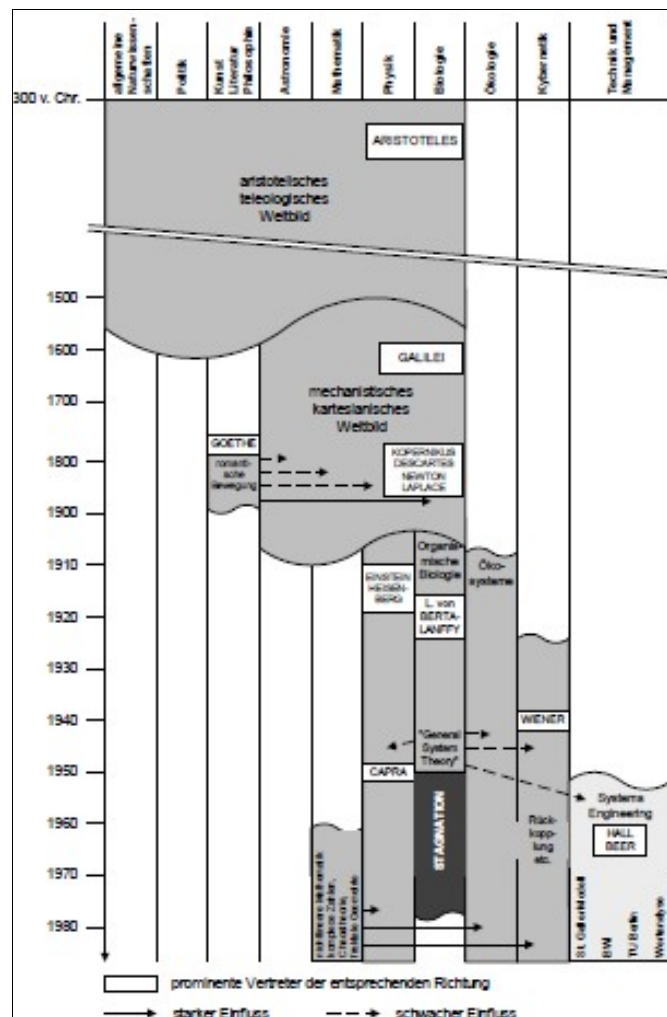


Fig. 2.338 - Visualizzazione del percorso che ha portato allo sviluppo dell'Ingegneria dei sistemi (Schalcher H.R., 2008)

Nel settore della produzione e della ricerca ad essa legata i principi dell'Ingegneria dei sistemi sono sempre più applicati non solo per gestire dinamiche complesse, ma anche per connettere interi sistemi tra loro. La stessa azienda, “luogo” della produzione, è vista in questa ottica come tramite tra la società e l'ambiente, come esemplifica l'immagine seguente (Fig. 2.339).

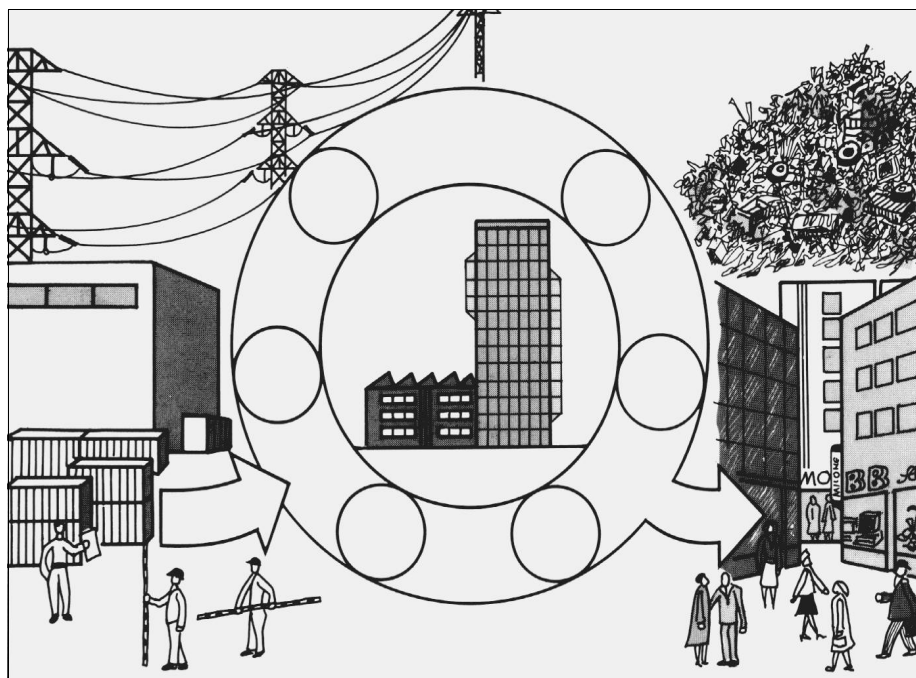


Fig. 2.339 - Visualizzazione della connessione di interi sistemi della produzione e della società tramite l'Ingegneria dei sistemi (Schalcher H.R., 2008)

#### 2.4.1.2 Sistemi dinamici e complessi

L'Ingegneria dei sistemi è oggi in grado di individuare, studiare, descrivere e gestire sistemi dinamici e complessi. Le figure (Fig. 2.340, Fig. 2.341) che seguono visualizzano il concetto di sistema aperto e dinamico e di processo produttivo complesso.

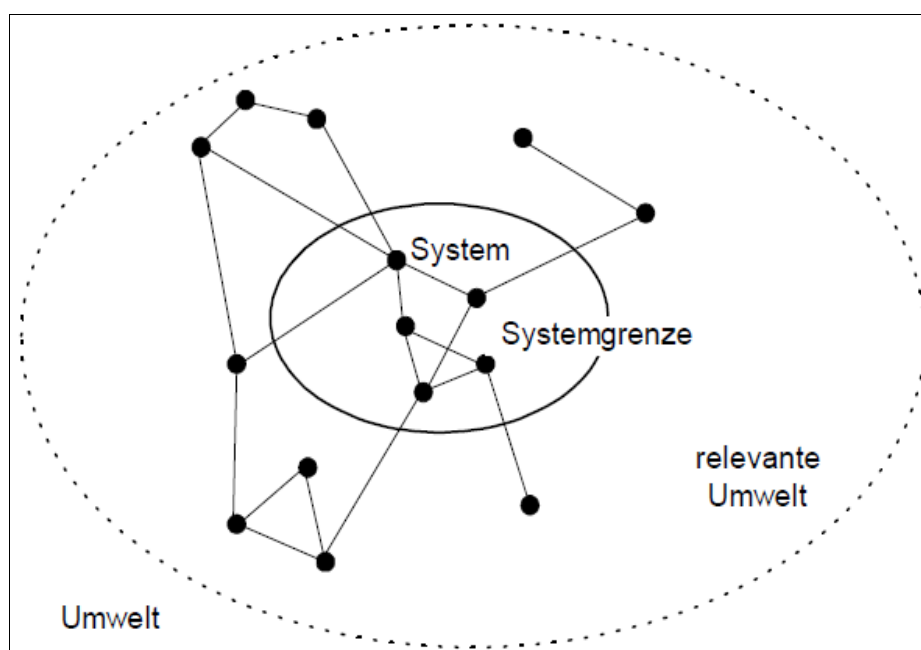


Fig. 2.340 - Visualizzazione di sistema aperto e dinamico (Schalcher H.R., 2008)

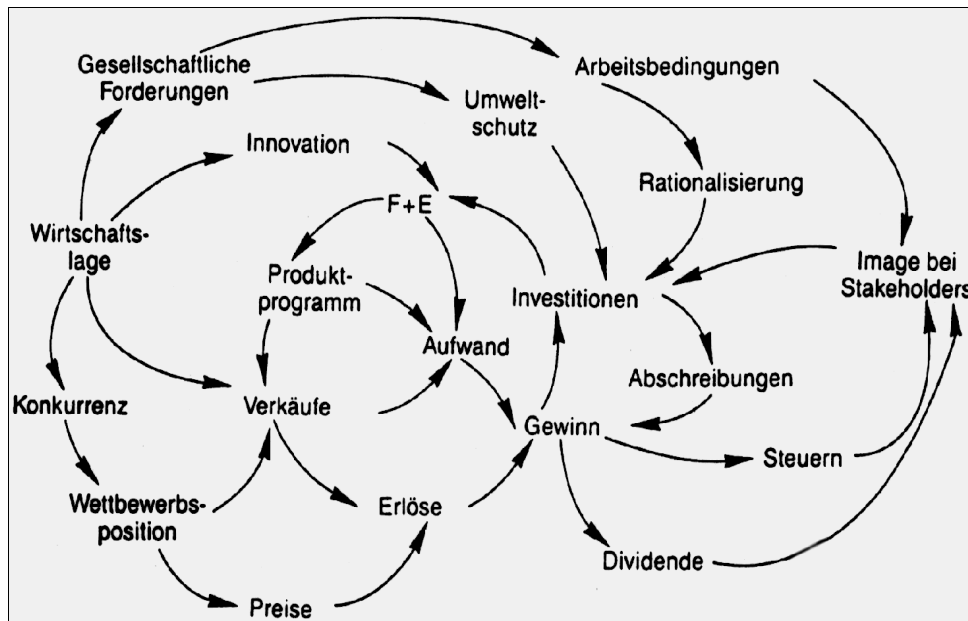


Fig. 2.341 - Visualizzazione di processo di produzione complesso (Schalcher H.R., 2008)

La seguente figura (Fig. 2.342) schematizza invece un modello di gestione di un problema complesso.

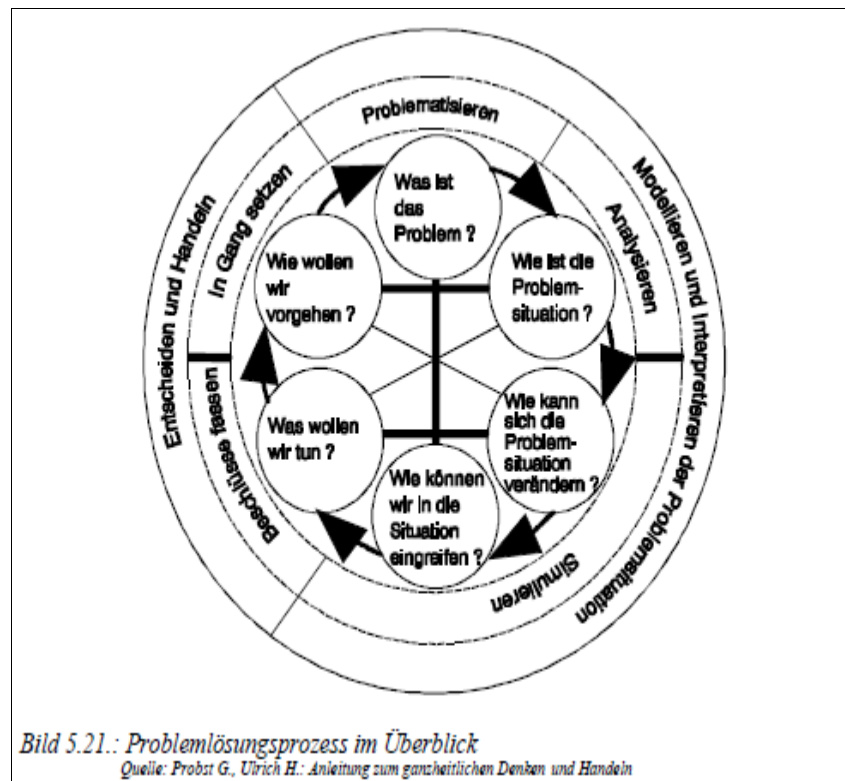


Fig. 2.342 - Visualizzazione di una tipica modellizzazione di un problema complesso (Schalcher H.R., 2008)

Di seguito (Fig. 2.343) la visualizzazione di un sistema di relazioni a rete.

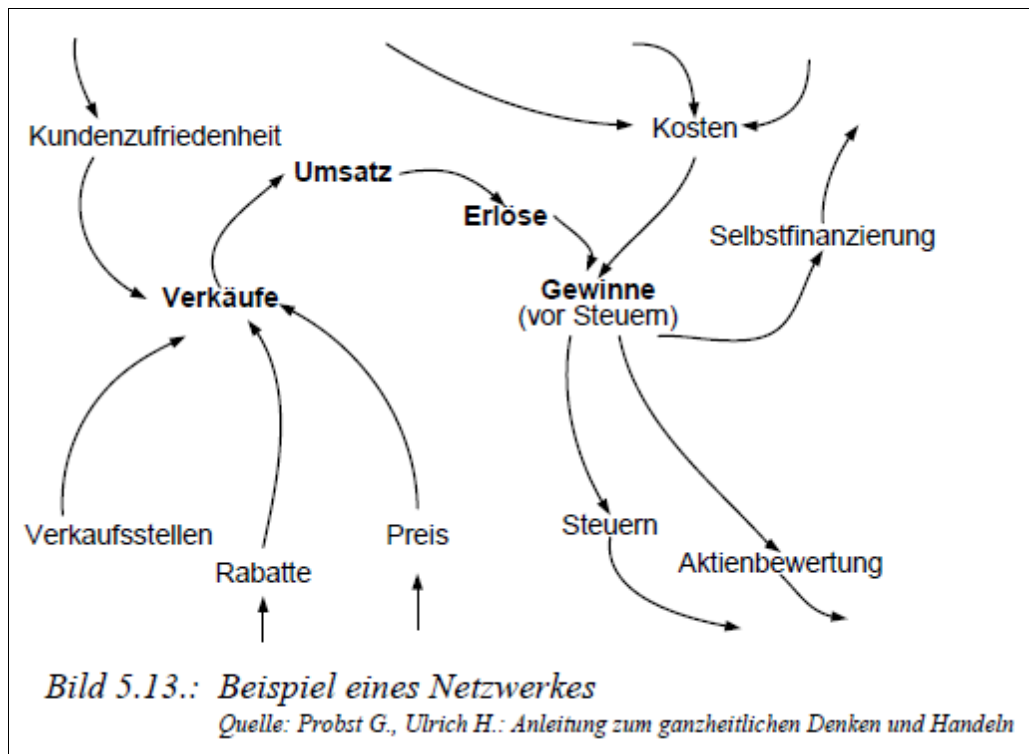


Fig. 2.343 - Rete di relazioni (Schalcher H.R., 2008)

### 2.4.1.3 Applicazione dei principi e delle tecniche dell'Ingegneria dei sistemi alle costruzioni

All'interno dei processi e dei sistemi che l'Ingegneria dei sistemi cerca di assistere nella gestione dei problemi complessi, rientrano anche quelli delle costruzioni, nota anche la crescita in quantità e qualità delle sue implicazioni negli ultimi decenni, molte delle quali dovute all'incremento della consapevolezza (Fig. 2.344) come anche delle ricerche nel campo della *sostenibilità*.

Ergebnisse der Problemdefinition sind Antworten auf die so genannte W-Fragen.	
<b>WAS?</b>	Anlass und Gegenstand der Untersuchung; Abgrenzung des Untersuchungsgegenstandes
<b>WOZU?</b>	Ziel und Zweck der Untersuchung; was sind die ursprünglichen Ziele
<b>WER?</b>	Beteiligter Personenkreis; wer ist betroffen und wie
<b>WANN?</b>	Zeitvorstellungen und Arbeitsplan
<b>WIE?</b>	Aufwandsgrad interner und externer Ressourcen (Personal, Sachaufwand, Hilfsmittel)
<b>WO?</b>	Ort der Erhebung; Analysen und Bewertungen

*Bild 6.19: W-Fragen*

Fig. 2.344 - Strutturazione del problema tecnico nelle 6 tipiche domande (Schalcher H.R., 2008)

Tra gli strumenti utilizzati nella gestione di processi secondo un approccio dell'Ingegneria dei sistemi, è la matrice seguente (Fig. 2.345), che permette di individuare e studiare gli effetti dei fattori ambientali sulle strategie. Quella successiva (Fig. 2.346) supporta il confronto tra due insiemi di oggetti (o alternative), attraverso il confronto diretto degli elementi che li compongono.

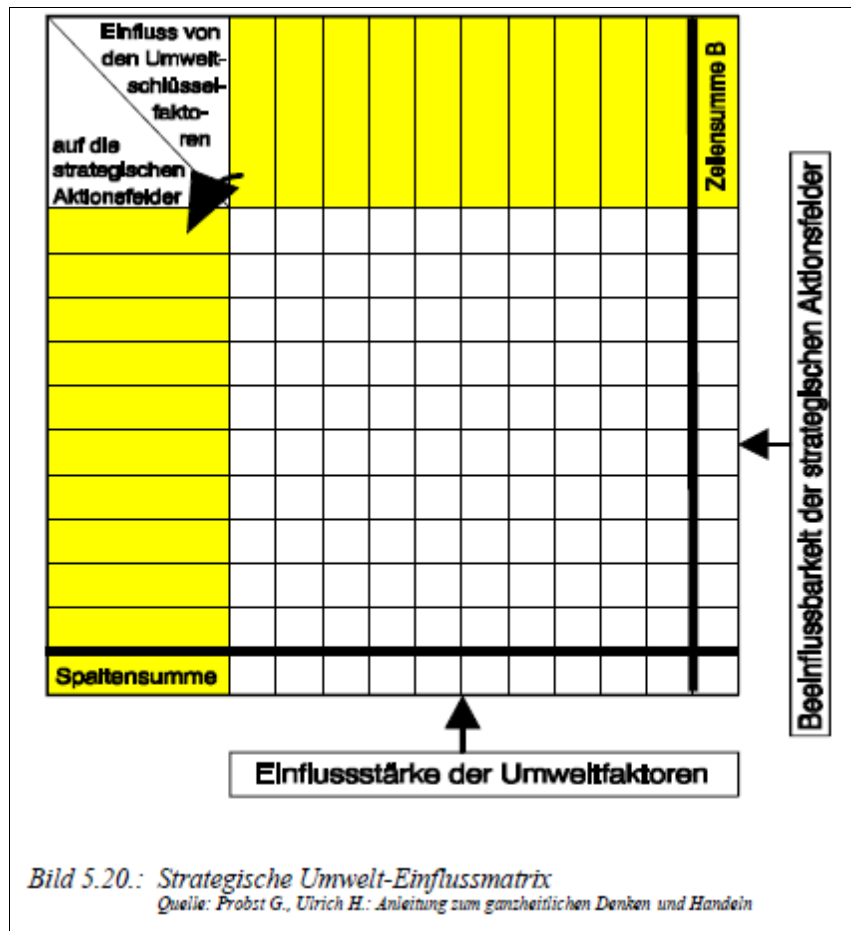


Fig. 2.345 - Matrice a supporto dello studio degli effetti dei fattori ambientali sulle strategie (Schalcher H.R., 2008)

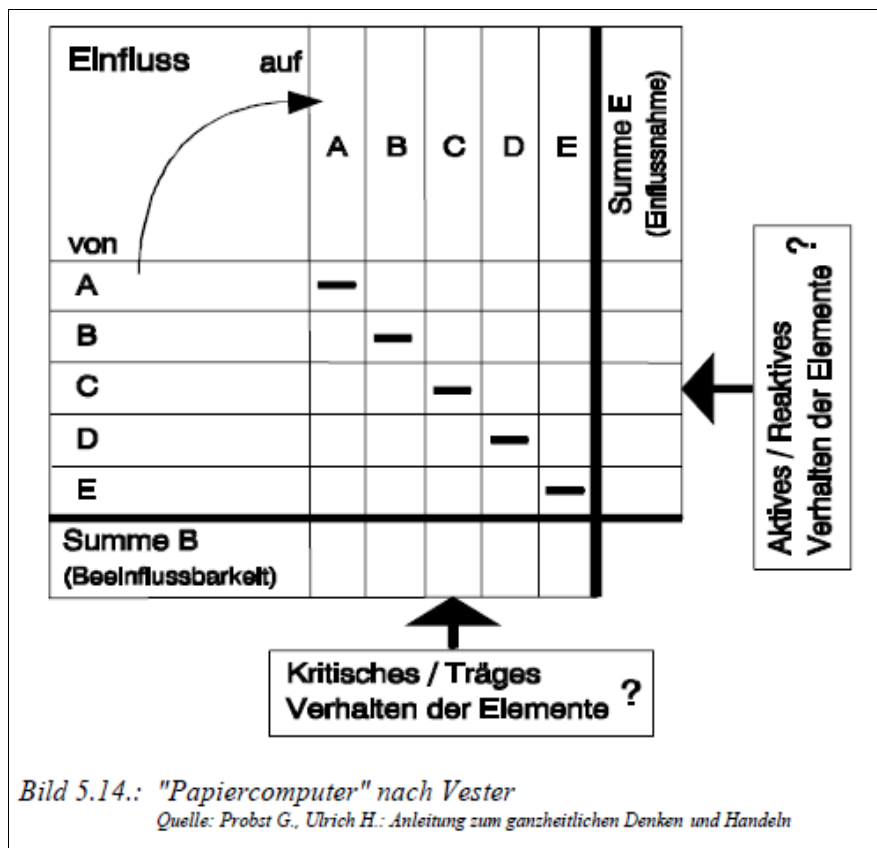


Fig. 2.346 - Matrice di confronto tra due insiemi di oggetti (o alternative), attraverso il confronto diretto degli elementi che li compongono (Schalcher H.R., 2008)

Di seguito la strutturazione ad albero di un progetto immobiliare (Fig. 2.347), rappresenta un esempio, applicato al processo edilizio, di individuazione, sin dalla progettazione, dei fattori che incidono sulla costruzione (bauwerk) e sul processo (ad es., per il controllo dei consumi, ma anche dei costi e della gestione, occorre tener conto dell'articolazione interna, del controllo del microclima, dei materiali, ecc).

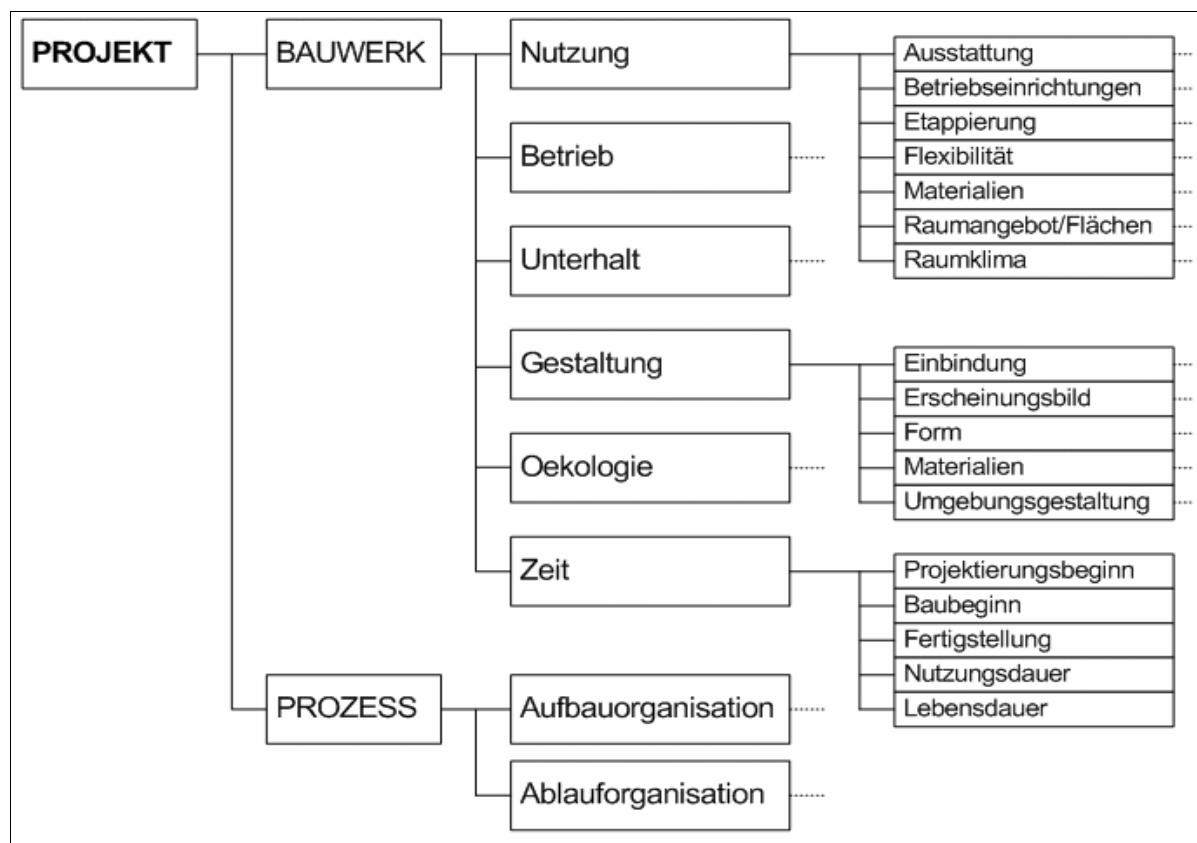


Fig. 2.347 - Strutturazione ad albero di un progetto immobiliare (Schalcher H.R., 2008)

## 2.4.2 Performance management

### 2.4.2.1 Caratteristiche del Modello

Il Performance Management (PM), di derivazione aziendale oggi applicato a molti contesti per il miglioramento della qualità misurata attraverso le prestazioni, rappresenta un *modello di tipo integrato* (Fig. 2.348), dove informazioni, meccanismi di pianificazione ed il controllo dell'efficacia di tali meccanismi sono strettamente correlati.

E' definito come "tutti i processi, le metodologie, i criteri di misurazione e i sistemi necessari per valutare e gestire le prestazioni di un'organizzazione" (Gartner Research). Per attuarlo sono necessari:

- ⤴ l'individuazione di metriche e dimensioni di analisi che serviranno a costruire i KPI (Key Performance Indicator) della Gestione
- ⤴ un adeguato e ben strutturato sistema di reporting, rivolto ai diversi livelli aziendali con diversi gradi di approfondimento delle informazioni (Drill Down mano a mano che si scende nella gerarchia aziendale)
- ⤴ un Piano d'impresa (documento in cui vengono inseriti gli obiettivi, soprattutto di tipo strategico, a lungo termine, dell'impresa)
- ⤴ la definizione di obiettivi attraverso un Budget (obiettivi di medio termine) e un Piano di azione (documento in cui vengono inserite le azioni che una determinata struttura aziendale intende mettere in campo per il raggiungimento degli obiettivi che le sono stati assegnati in



sede di budget (es. marketing plan).

E' dunque un approccio di tipo *strategico per l'ottimizzazione, la visibilità ed il controllo delle prestazioni* che, per la sua versatilità di applicazione, sta acquisendo un sempre maggiore rilievo. Anche nel settore dell'edilizia come negli altri drivers dello sviluppo economico, ambientale e sociale, è in grado di rappresentare un'importante opportunità di gestione di processi e materie complessi. Per la sua natura multi- e inter-disciplinare, in altre parole "olistica", la sua applicazione si presta in particolar modo alla gestione della sostenibilità, attraverso il processo di valutazione dei progressi verso il raggiungimento di obiettivi predeterminati. Riferimenti presi come obiettivi (benchmarking) e valutazione e controllo dei risultati sono dunque le parole chiave.



Fig. 2.348 - Piramide dei fattori che visualizza il modello di Performance Management

Questi concetti si ritrovano anche nella *Norme di gestione per la qualità e di assicurazione della qualità* UNI EN ISO 9000-1, in cui è espresso: "il sistema di gestione di una organizzazione è influenzato dai suoi obiettivi, dai suoi prodotti, dal suo modo di operare e pertanto i sistemi qualità variano da un'organizzazione all'altra. *Uno degli obiettivi principali della gestione per la qualità è migliorare i sistemi e i processi in modo da conseguire un miglioramento continuo della qualità*". E dove la *qualità* è definita come *insieme delle caratteristiche di un'entità che conferiscono ad essa la capacità di soddisfare esigenze espresse ed implicite*. Ed ancora : "in molti casi le esigenze possono cambiare nel tempo; ciò implica riesami periodici dei requisiti per la qualità. Generalmente le esigenze sono tradotte in caratteristiche secondo criteri definiti. Le esigenze possono comprendere aspetti quali ad esempio: prestazioni, facilità di utilizzazione, fidatezza (disponibilità, affidabilità, manutenibilità), sicurezza, ambiente, aspetti economici ed estetici... Il termine "qualità" da solo non va usato per esprimere un livello di merito in senso comparativo, né dovrebbe essere usato per esprimere valutazioni tecniche in senso quantitativo. Per esprimere questi significati dovrebbe essere usato un aggettivo qualificativo... L'ottenimento di una qualità soddisfacente coinvolge tutte le fasi del cerchio della qualità nel suo complesso... In alcuni casi, la qualità viene indicata come "idoneità all'uso" o "idoneità allo scopo" o "soddisfazione del cliente" o "conformità ai requisiti". Questi rappresentano solo alcuni aspetti della qualità come sopra definiti".

### 2.4.2.2 Benchmarking

“Benchmarking” divenne un'espressione del *gergo economico-aziendale* negli anni Ottanta e Novanta, quantunque essa dipenda da tecniche sviluppate dal movimento per la Qualità.

L'idea è quella di *parametrare le performance* di un'azienda, di un prodotto, di un processo o di un servizio rispetto a quella di altri analoghi, presi come punti di riferimento.

Il principio sottostante al benchmarking è molto semplice. Se si desidera migliorare un particolare aspetto dell'organizzazione o del servizio da essa fornito (Fig. 2.349), occorre individuare altri soggetti reputati di grande abilità nell'attività che desidera migliorare e “servirsene” come punto di riferimento rispetto al quale aumentare i proprio standard.

Può essere considerato uno strumento principe della Qualità perché, puntando al miglioramento continuo, si ispira ad uno dei suoi principi fondamentali, portando chi lo utilizza a migliorare imparando dagli altri.

Il procedimento tipico prevede la raccolta di un *database degli indicatori di performance* attinenti al caso in esame, attingendo i dati da attività affini svolte in altre parti dell'azienda e in altre aziende. Le informazioni così ottenute vengono poi utilizzate per confrontare le prestazioni dell'unità che si sta analizzando con il ventaglio di esperienze fatte altrove.

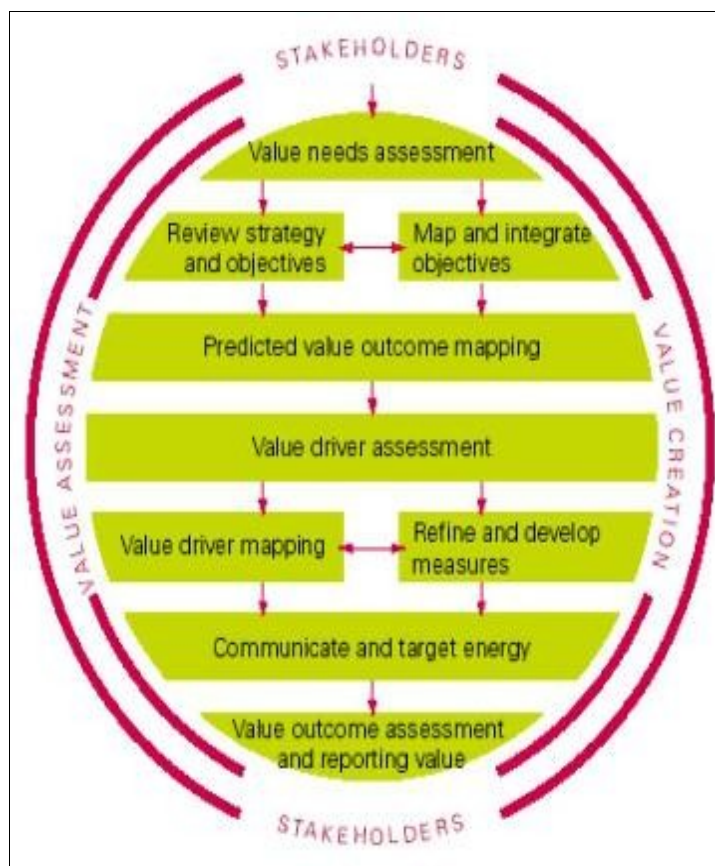


Fig. 2.349 - Modello concettuale dell'aumento di valore supportato dal benchmarking

Si può dire che le aziende si siano sempre "spiate" una con l'altra, soprattutto all'interno del medesimo settore di business. Il benchmarking vero e proprio, però, nasce verso la fine degli anni '70 - inizio anni '80 quando Xerox e le prime grandi imprese iniziarono a sviluppare la disciplina del confronto, uscendo dai limiti del settore di appartenenza.

Nel caso aziendale, il benchmarking implica lo studio dettagliato della produttività, della qualità e del valore in aree e attività differenti in relazione alla performance di qualche altro soggetto (Fig. 2.350).



Fig. 2.350 - Modello di un performance management system

### 2.4.2.3 Rating, Ranking

Valutazione e controllo dei risultati di un processo di miglioramento della qualità nell'ambito di un approccio di performance management non possono prescindere dalla misurazione e dal confronto. La conoscenza di un fenomeno viene ottenuta infatti attraverso la sua misurazione, definita come il processo mediante il quale si assegnano valori numerici (linguaggio matematico) alle caratteristiche, proprietà ed attributi di oggetti, stati o individui, secondo regole predefinite, quando la proprietà di un oggetto è esprimibile attraverso un numero, questo porta con sé tutte le informazioni sulla proprietà stessa.

La progettazione del sistema di valutazione delle performances è il secondo passo.

Rating e ranking sono due differenti classi (Fig. 2.351) di metodologie a supporto dei processi decisionali, volte a valutare e dunque classificare delle alternative per fornire al decisore gli elementi sufficienti per poter concludere il processo.

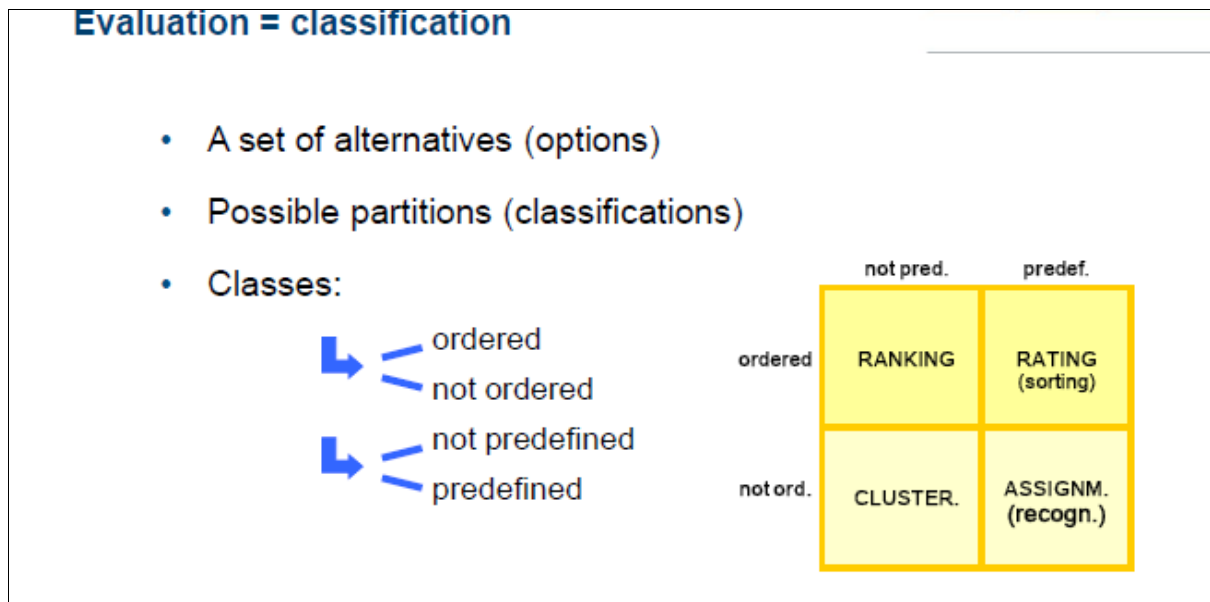


Fig. 2.351 - Visualizzazione della differenza tra i sistemi di classificazione di oggetti (ranking, rating, clustering e assignment)

La prima necessita di fissare, da parte del decisore, dei riferimenti esterni (profili), con i quali le alternative vengono confrontate per essere collocate nelle giuste classi.

Un classico esempio è l'etichetta energetica, sia quella degli elettrodomestici, sia quella degli edifici voluta dall'Unione Europea attraverso l'emanazione della Direttiva 2002/91/CE. I profili sono dati dalle divisioni tra le classi (Fig. 2.352), ovvero i valori dei consumi che sono stati fissati nello specifico protocollo di attuazione. Dal confronto tra il consumo energetico di un edificio con i profili, un edificio si colloca in una classe o un'altra.

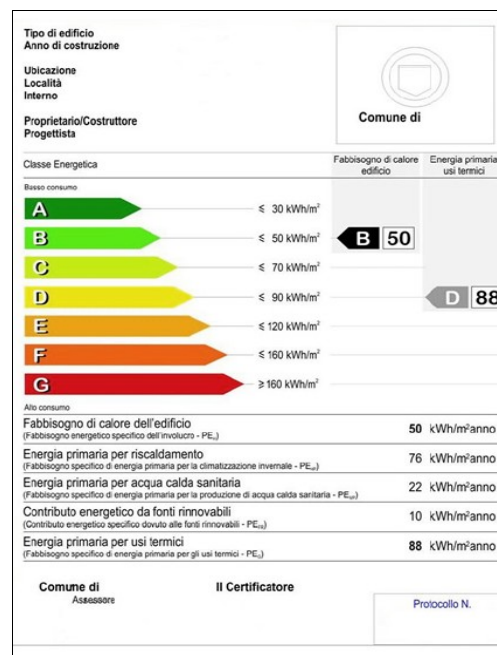


Fig. 2.352 - Il sistema di classificazione indicato nella Direttiva 2002/91/CE è un tipico rating.

Quando il criterio non è più uno come nel caso menzionato, l'analisi diventa "multi-criteriata" (Fig. 2.353, Fig. 2.354).

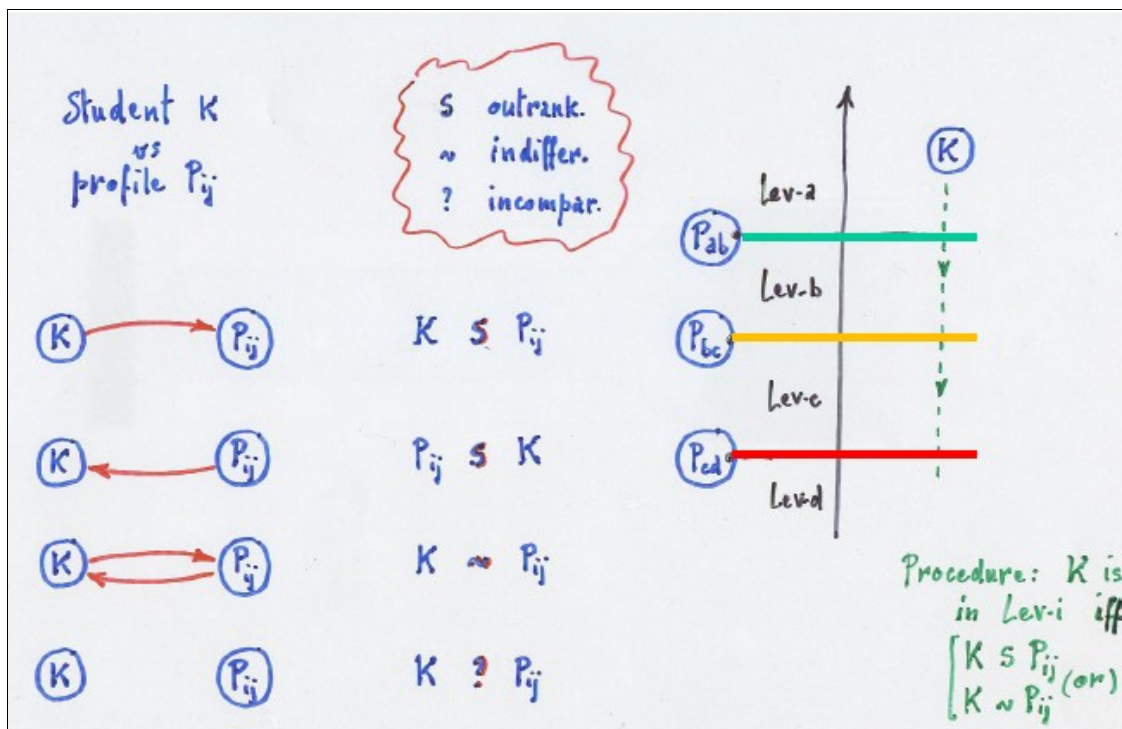
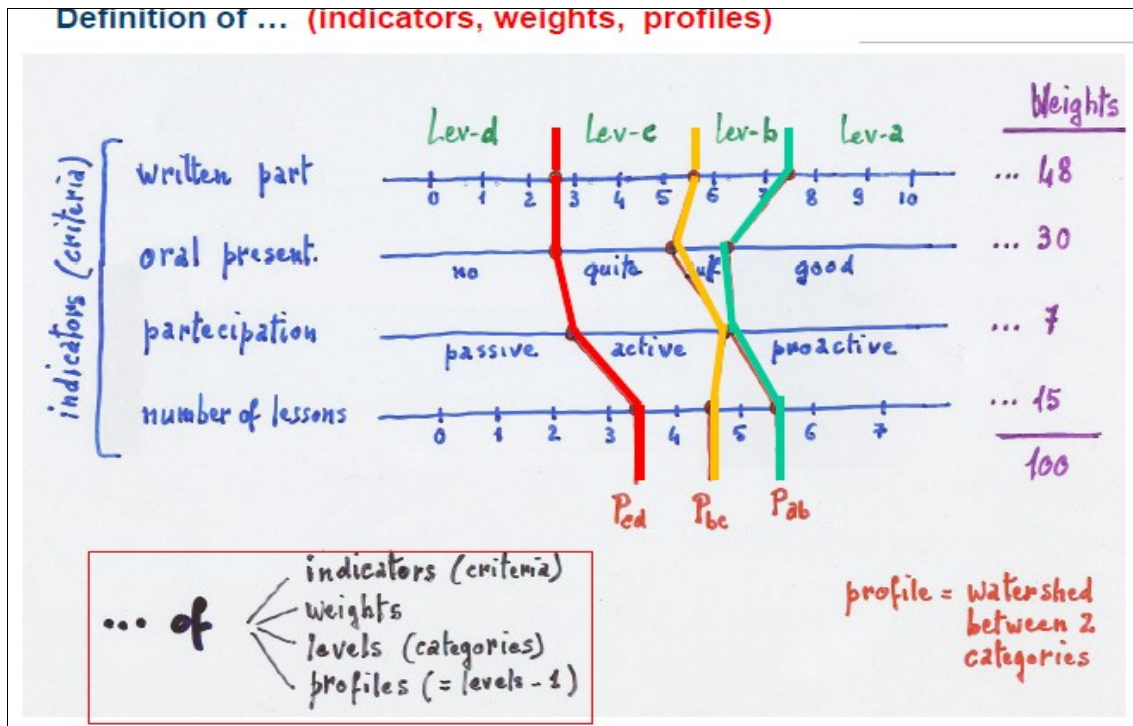


Fig. 2.353, Fig. 2.354 - Visualizzazione di una procedura di rating (Colorni A., Lezioni del corso MMDM Methods and Models for Decision making, 2012, Politecnico di Milano)

Nel caso specifico dei processi decisionali impiegati nel settore dell'edilizia e in particolare per la valutazione della sostenibilità degli edifici, etichette come le più comuni Leed e Dgnb (Fig. 2.355, Fig. 2.356, Fig. 2.357, Fig. 2.358) derivano proprio dall'applicazione di una metodologia Rating (valutazione delle performances calcolate sulla base di un panel di indicatori-criteri, pesate) Multi-criteria.

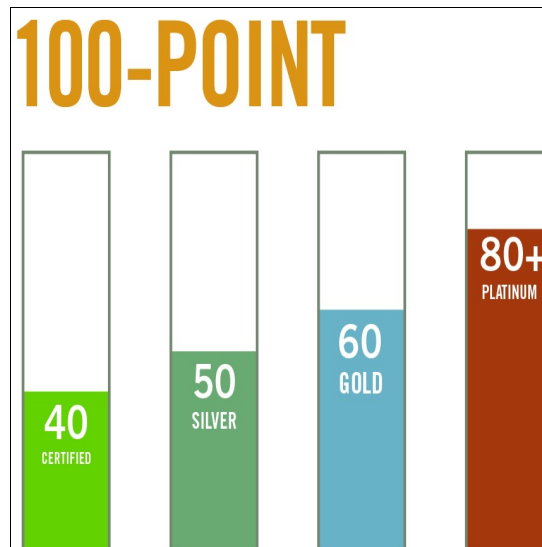


Fig. 2.355, Fig. 2.356 - Etichette Leed di classificazione degli edifici in base alla loro sostenibilità



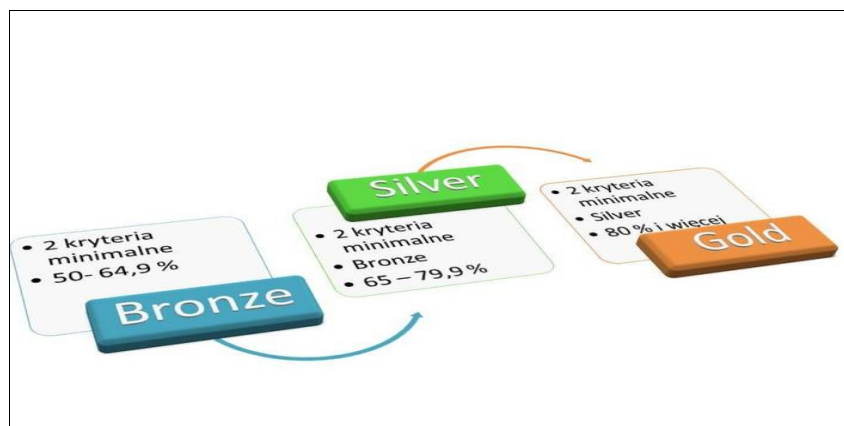


Fig. 2.357, Fig. 2.358 - Etichette Dgnb di classificazione degli edifici in base alla loro sostenibilità

La seconda metodologia di valutazione e classificazione, il Ranking, si basa invece sul confronto diretto tra alternative, che vengono misurate e ordinate in base al criterio scelto, di solito di quantità crescente o decrescente (Fig. 2.359).

In tal modo, le alternative vengono ad occupare dei posti nella classifica, dalla quale si evidenzia la migliore, come la peggiore (Fig. 2.360).

Ranking	Team	Pts Nov 07	+/- Ranking		+/- Pts	
			Oct 07		Oct 07	
1	Argentina	1523	0	◄►	-10	
2	Brazil	1502	0	◄►	43	
3	Italy	1498	0	◄►	111	
4	Spain	1349	2	▲	123	
5	Germany	1296	0	◄►	51	
6	Czech Republic	1290	3	▲	116	
7	France	1243	-3	▼	-28	
8	Portugal	1241	0	◄►	38	
9	Netherlands	1170	-2	▼	-37	
10	Croatia	1129	0	◄►	-26	
11	Greece	1114	3	▲	80	
12	England	1113	-1	▼	-24	
13	Romania	1088	-1	▼	2	
14	Scotland	990	-1	▼	-59	
15	Mexico	985	0	◄►	7	
16	Turkey	924	12	▲	153	
17	Colombia	907	8	▲	106	
18	Bulgaria	877	16	▲	160	
19	USA	876	-1	▼	-10	
20	Nigeria	875	-1	▼	34	

Fig. 2.359 - Esempio di ranking, applicato allo sport



Fig. 2.360 - Il ranking produce una classifica dal migliore al peggiore (o viceversa)

## 2.4.3 Processo edilizio e ciclo di vita dell'edificio

### 2.4.3.1 Definizioni e concetti

Scopo del presente capitolo è di comprendere le relazioni tra *ciclo di vita* (Daniotti B., 2012) dell'edificio e *processo edilizio*, in modo da poter integrare gli sviluppi degli standard europei armonizzati di sostenibilità (Lavagna M., 2008) in una logica di processo edilizio, in cui si possano utilizzare gli strumenti building project management per la gestione e soluzione di problemi ad esso inerenti, come è una tipica decisione di intervento su un edificio esistente o per la realizzazione di uno nuovo.

Gli standard in costruzione a livello europeo per la valutazione della sostenibilità nelle costruzioni sono basati sull'approccio "LCA", ovvero "Life Cycle Assessment".

Il *ciclo di vita* è definito come "*life cycle consecutive and interlinked stages in the life of the object under consideration*" (EN 15643-1:2010). Esso parte dalla realizzazione di ciascun prodotto componente l'edificio e si conclude con il fine vita dell'edificio stesso.

In base allo standard UNI 7867 parte 4.a (Fig. 2.361), il processo edilizio è invece definito come "*una sequenza organizzata di fasi operative che portano al rilevamento di esigenze del committente al loro soddisfacimento mediante la produzione edilizia*".



"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

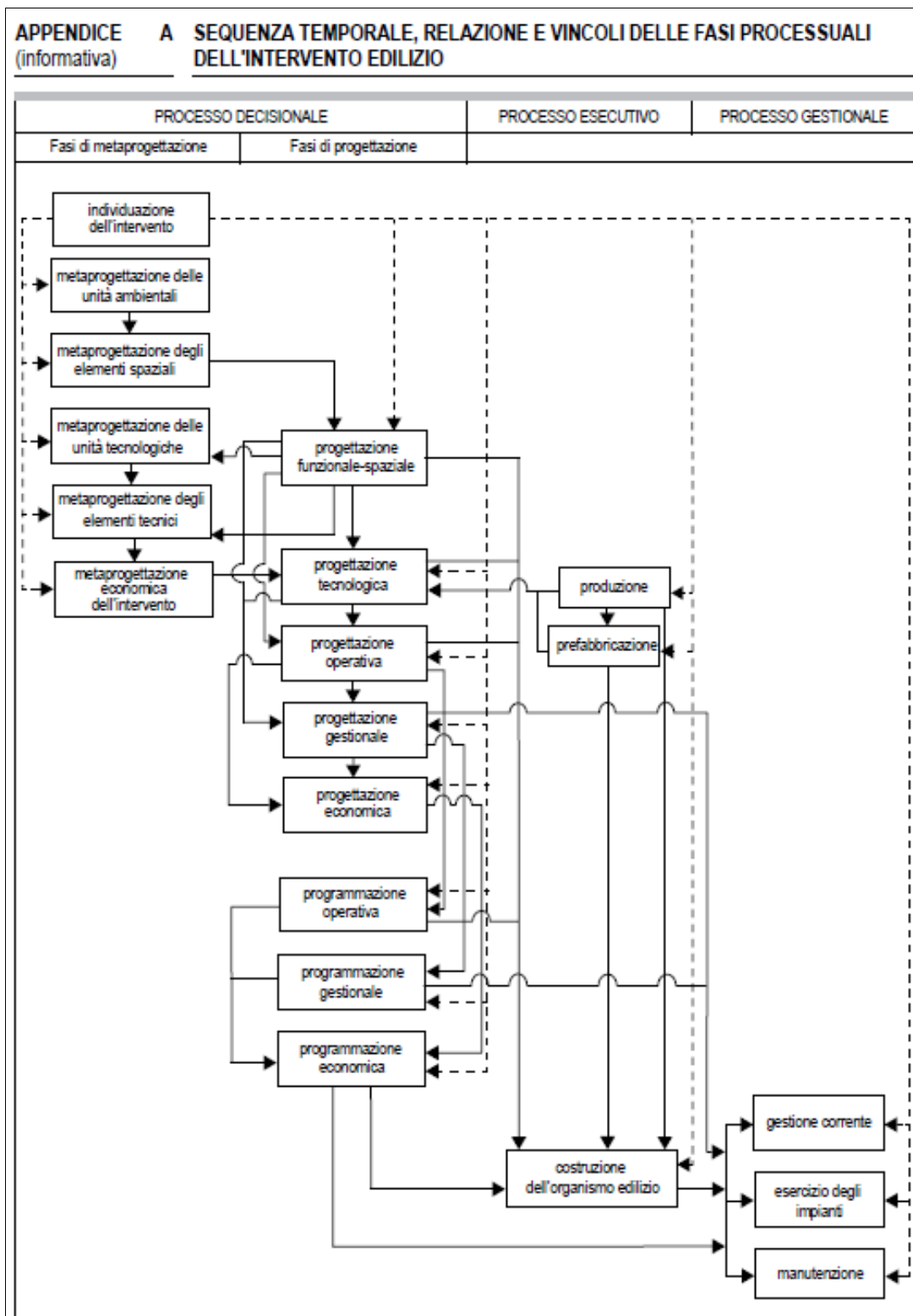


Fig. 2.361 - Sequenza delle fasi operative che costituiscono il processo edilizio (Fonte: UNI 10723:1998)

### 2.4.3.2 Principali differenze tra gli approcci LCA e Processo edilizio

Come si rileva dal confronto tra i due rispettivi schemi (Tab. 2.12), le differenze / similitudini tra i due approcci si possono così elencare:

- ⤴ Divisione in fasi macro e micro (entrambi)
- ⤴ Mancanza della progettazione, ben presente e dettagliata nel Processo edilizio, nella LCA
- ⤴ Indicazione del trasporto come componente specifica delle varie fasi produttive e di dismissione
- ⤴ Evidenziazione degli impianti in fase di esercizio nel Processo edilizio
- ⤴ Presenza della gestione corrente e della manutenzione in entrambi
- ⤴ Presenza della produzione / prefabbricazione di componenti in entrambi
- ⤴ Presenza dettagliata della fase di fine / dopo vita utile nella LCA (Lavagna M., 2008).

Tab. 2.12 - Confronto tra processo edilizio e fasi del ciclo di vita

Processo edilizio: Fasi	PROCESSO DECISIONALE		PROGETTO ESECUTIVO		PROCESSO GESTIONALE		
	Fasi di meta - progettazione	Fasi di progettazione	Produzione / pre fabbricazione	- Costruzione	Gestione corrente / Esercizio degli impianti / Manutenzione		
LCA: Stages			PRODUCT	CONSTRUCTION PROCESS	USE	END OF LIFE	
			Raw material supply / transport / Manufacturing	Transport / Construction process	Use / maintenance / Repair / Refurbishment	Decosnstr / uction / Transport / Waste processing / Disposal	Reuse / Recovering / Recycle - Potential

A parte la differenza di concezione tra i due processi (il Processo edilizio intellettuale-industriale, l'altro di tipo solo industriale), si può concludere considerando che è evidente lo sfasamento culturale dovuto alla diversa collocazione nel percorso dello sviluppo e dell'innovazione, seppur non eccessivamente distante (solo 10-15 anni). Questo si rileva principalmente in 3 fattori-chiave:

- ⤴ peso maggiore del *trasporto* nei tempi d'oggi (effetti della globalizzazione della produzione)
- ⤴ maggior considerazione dell'*impiantistica* nello standard sul processo edilizio in quanto riflettente la cultura e la prassi della specializzazione non solo professionale ma della settorializzazione della produzione. Ciò a differenza dell'approccio LCA, nato invece da una visione *integrata* e dopo una fase di innovazione nell'impiantistica, che ha portato ad un generale *efficientamento*, corrispondente ad un efficientamento di tipo *energetico*. Al contempo, è aumentata la consapevolezza anche del consumo delle *risorse materiali*, tanto che negli standard basati sulla LCA (Lavagna M., 2008) l'uso dell'energia e l'uso delle risorse, per i loro legami causa effetto con gli impatti ambientali / sociali e in un prossimo futuro anche economici, sono ritenuti parimenti responsabili del livello di sostenibilità o

meno dell'edificio nel suo complesso.

- ▲ attuale consapevolezza delle conseguenze e delle responsabilità della fase del post uso dell'edificio, ma anche del potenziale di reintegro dei materiali e componenti in altri cicli industriali ed edilizi, in una *visione ecologica* complessiva, organica e ciclica.

## 2.4.4 Qualità e responsabilità nel processo edilizio

### 2.4.4.1 Processo edilizio e Complessità

Stando all'approccio sistemico e processuale all'edificio e alla sua realizzazione descritto nelle norme UNI 10723:1998, il *processo edilizio* è definito come *processo di realizzazione dell'edificio attraverso fasi di sviluppo*, mentre il *sistema edilizio* è costituito da *elementi determinati dal processo e relazioni reciproche*. Inoltre il processo edilizio definisce “una sequenza organizzata di fasi operative che portano al rilevamento di esigenze del committente al loro soddisfacimento mediante la produzione edilizia” (UNI 7867 parte 4.a).

L'edificio come *sistema – organismo*, vede i suoi elementi come *aspetti dell'edificio*, a loro volta *sistemi dell'edificio*:

- ▲ Sistema insediativo
- ▲ Sistema funzionale spaziale: interno edificio / esterno edificio
- ▲ Sistema ambientale
- ▲ Sistema tecnologico: prestazionale / funzionale / operativo / gestionale.

Un processo edilizio ha inizio quando un individuo o un gruppo di persone decide di realizzare una costruzione, qualsiasi essa sia e termina quando l'opera costruita diventa disponibile per gli utenti. In realtà all'interno del processo edilizio confluiscono anche operazioni a monte della decisione di costruire, come il *reperimento di capitali*, la messa a punto di *regole* per il processo stesso, e a valle, ovvero le operazioni di *manutenzione* e di *gestione* del manufatto.

Entrano in gioco nel processo edilizio quindi elementi definibili *materiali* ed elementi *immateriali* come le capacità, il lavoro, il sapere.

Una delle peculiarità del processo edilizio rispetto ad altre categorie di processi è la complessità (Fig. 2.362).

Questa è legata a fattori quali:

- ▲ Molteplicità ed Eterogeneità di *figure* che agiscono in modo contemporaneo ed indipendente (i cosiddetti *attori*)
- ▲ Caratteristica di *unicità* e di *complessità del prodotto finale*
- ▲ Grande mole di normativa di riferimento
- ▲ Rapida proliferazione di nuove soluzioni tecniche e tecnologie.

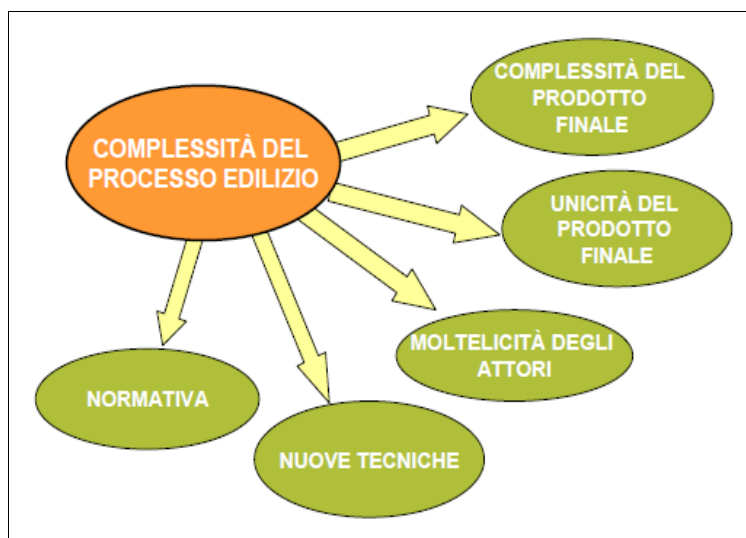


Fig. 2.362 - Visualizzazione dei fattori che determinano la complessità del processo edilizio

#### 2.4.4.2 La Qualità nel Processo edilizio

Per le sue caratteristiche che determinano l'elevata complessità, il processo edilizio rappresenta, secondo l'approccio della ISO 9001: 2000, uno dei punti cardine per attuare una gestione dei processi (Fig. 2.363) orientati alla qualità.

Esso si configura come un *iter decisionale a ciclo chiuso in cui si susseguono le operazioni d'ideazione, produzione e controllo*. L'input di una fase diventa l'output della fase successiva.

Nel caso in cui il committente sia una Pubblica Amministrazione, nel suo ruolo di particolare importanza nell'organizzazione della struttura nella società, le finalità di un sistema della qualità applicato al processo edilizio sono:

- ⤴ Garantire adeguati livelli di qualità nella fase progettuale, provvedendo in tal modo al rispetto delle esigenze del cliente anche in termini di economicità e tempi
- ⤴ Tutelare l'Amministrazione dal rischio di contenzioso
- ⤴ Tutelare il progettista attraverso un continuo monitoraggio
- ⤴ Tutelare le esigenze degli utenti definite nello Studio di Fattibilità e nel Documento Preliminare alla Progettazione.

Affinché un processo di costruzione possa ritenersi efficace ed adeguato tale da poter pianificare, prevedere, gestire e controllare i risultati in termini di qualità del prodotto finale deve dotarsi di un *sistema qualità*.

Il sistema qualità ha una struttura dinamica. Il modello è concepito con lo scopo di dare evidenza, tramite documentazione e visite ispettive di parte terza, della presenza di un impianto aziendale finalizzato al perseguimento dell'obiettivo qualità. La gestione delle risorse umane, delle conoscenze, delle informazioni interne ed esterne, delle tecnologie utilizzate, degli insegnamenti ricavati dalle esperienze precedenti è tale da prevedere che ogni contributo apportato da un collaboratore sia discusso in riunioni periodiche innescando un processo d'implementazione del sistema qualità.

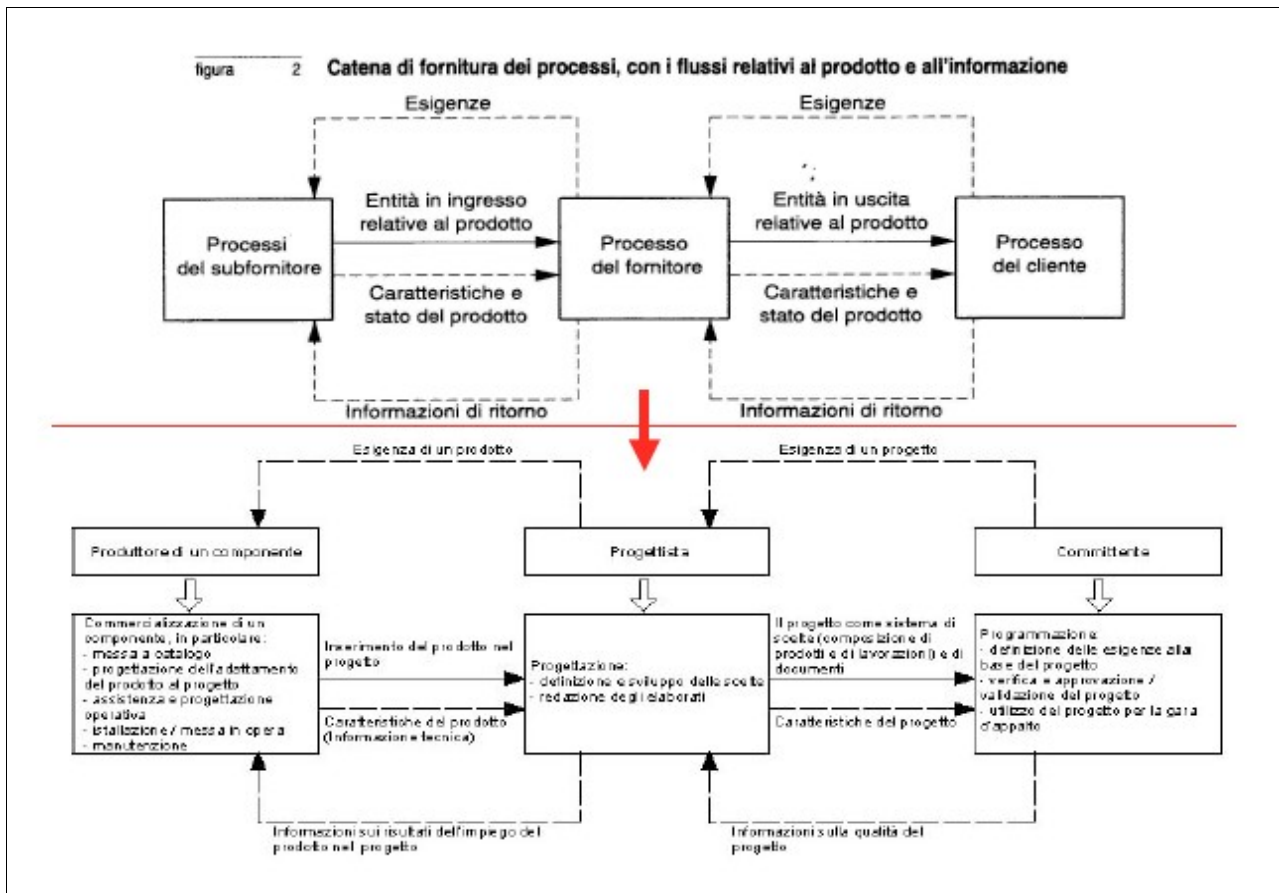


Fig. 2.363 - Catena di fornitura tipica del processo edilizio, integrata con il quadro delle esigenze (Daniotti B., lezioni del corso di “La ricerca per l’innovazione nel processo edilizio” per il corso di Dottorato in “Ingegneria dei sistemi edili”, Politecnico di Milano, 2011)

### 2.4.4.3 Attori e responsabilità nel processo edilizio

La *stazione appaltante* svolge un *ruolo strategico* all'interno del processo edilizio incidendo sulla qualità finale dell'opera architettonica. Essa, infatti, oltre a controllare i requisiti formali, garanti del corretto affidamento e svolgimento dell'appalto, diventa verificatrice dei contenuti del progetto. La stazione appaltante controlla l'adeguatezza al quadro esigenziale, normativo e vincolistico, la completezza e la coerenza dei dati informativi e la ripercorribilità delle scelte progettuali al fine di tutelare i propri interessi, ridurre il rischio d'inappaltabilità, e quelli della collettività rispettandone le richieste concordate.

La stazione appaltante svolge il ruolo del cosiddetto *Decision Maker*.

Gli *attori* che prendono parte al processo edilizio sono i professionisti singoli o associati, i vari specialisti, i produttori, i fornitori, le imprese, la Pubblica Amministrazione, il committente, l'utente finale e, l'intera collettività.

Il *livello di qualità* è dettato dalla capacità di *gestire il passaggio d'informazione* da una fase all'altra non solo senza perdite, disciplinando attraverso procedure operative le *modalità di relazione tra le*

parti coinvolte nelle varie fasi ma, permettendo ad ogni collaboratore di poter partecipare attivamente alla produzione della qualità (Fig. 2.364).

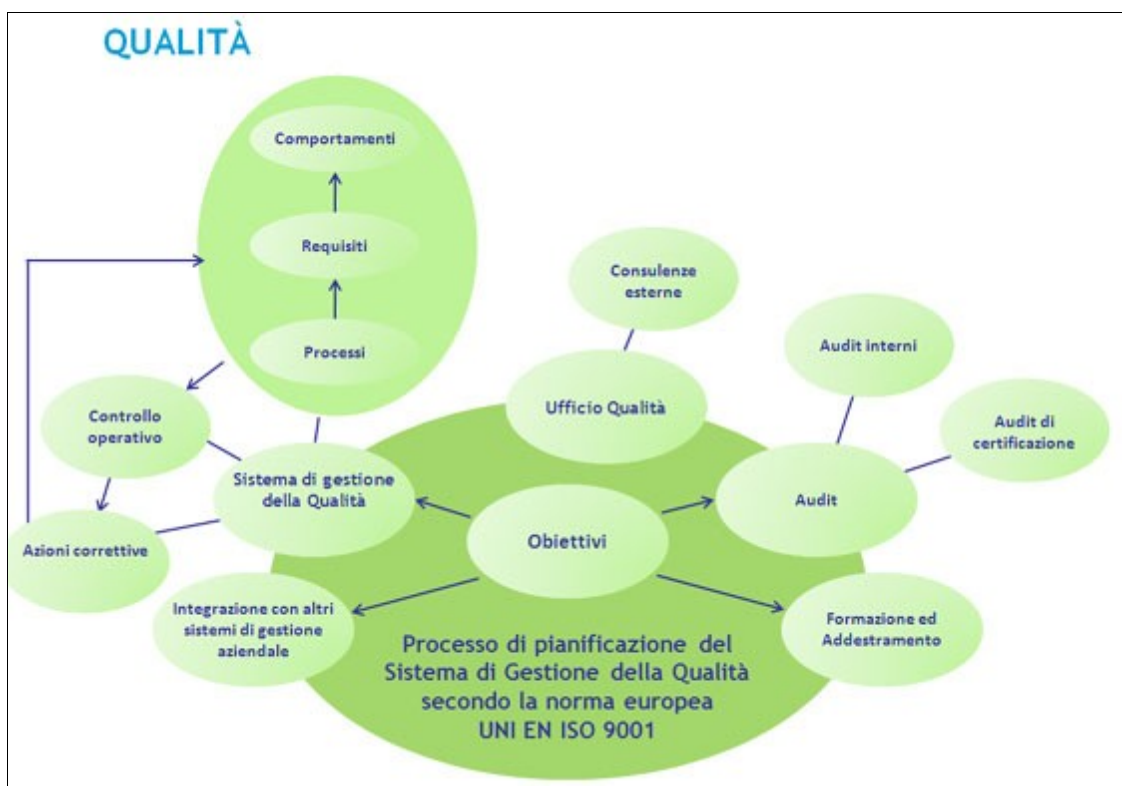


Fig. 2.364 - Processo di pianificazione della qualità secondo la UNI EN ISO 9001

#### 2.4.4.4 Il processo edilizio da processo a cascata a rete virtuale di catene di forniture interconnesse

Il processo edilizio è, come sopra descritto, costituito da una complessa rete di relazioni tra operatori diversi articolato in tre domini (domanda, produzione, uso e gestione).

La visione classica proposta in letteratura è quella di un *processo a cascata*.

Gli strumenti di gestione, di cui quelli per la qualità rappresentano una particolare applicazione standardizzata ed intersettoriale, negli ultimi anni si sono infatti prevalentemente sviluppati per consentirne uno *sviluppo lineare*.

Nel 2001, l'entrata della Cina nel WTO (World Trade Organisation) ha fatto emergere nuove tendenze organizzative in atto anche nelle filiere nelle costruzioni, che vedono la presenza di *catene di fornitura globali (globalizzazione produttiva)*.

Questo fatto ha influito anche sull'organizzazione del processo edilizio, che si presenta oggi come una *rete virtuale costituita da catene di fornitura interconnesse*.

Questa nuova struttura identificata dai nuovi scenari comporta una maggiore complessità nelle relazioni del processo edilizio e una serie di problemi, soprattutto di carattere culturale e normativo, connessi ai diversi livelli di qualità ritenuti accettabili Fornitori-Organizzazioni-Clienti globali.

Risultando praticamente impossibile una gestione dell'organizzazione tesa a garantire la qualità in linea con la versione degli standard ISO 9001-4 del 2000, pertanto, i responsabili del processo si orientano oggi piuttosto verso modalità di gestione che rispondano ad un *approccio integrato* di qualità, salute e sicurezza, ambiente, responsabilità sociale (nuova versione delle ISO 2009 in corso di emissione e normative UN ILO - United Nation International Labour Organisation), aspetti imprescindibili che sono ritenuti di sempre maggiore importanza sia nella realizzazione dei prodotti che nella gestione dei processi.

Da qui lo sviluppo in atto anche di metodologie e strumenti innovativi adeguati, di supporto alle varie fasi del processo, da quelle decisionali-metaprogettuali a quelle gestionali, tra cui il PeBBD - Performance Based Building Design e il BIM - Building Information Modeling per facilitare la comunicazione e l'interoperabilità tra le parti.

Secondo questa nuova prospettiva, si è passati dalla logica di *Qualità totale* (ISO 9000) a quella di *Qualità integrata* (Fig. 2.365), che deve essere gestita in modo continuo nello *sviluppo reticolare di tutto il processo, investendo ogni parte interessata della filiera*, per qualsiasi aspetto di tipo organizzativo ed operativo, decisionale e di controllo.

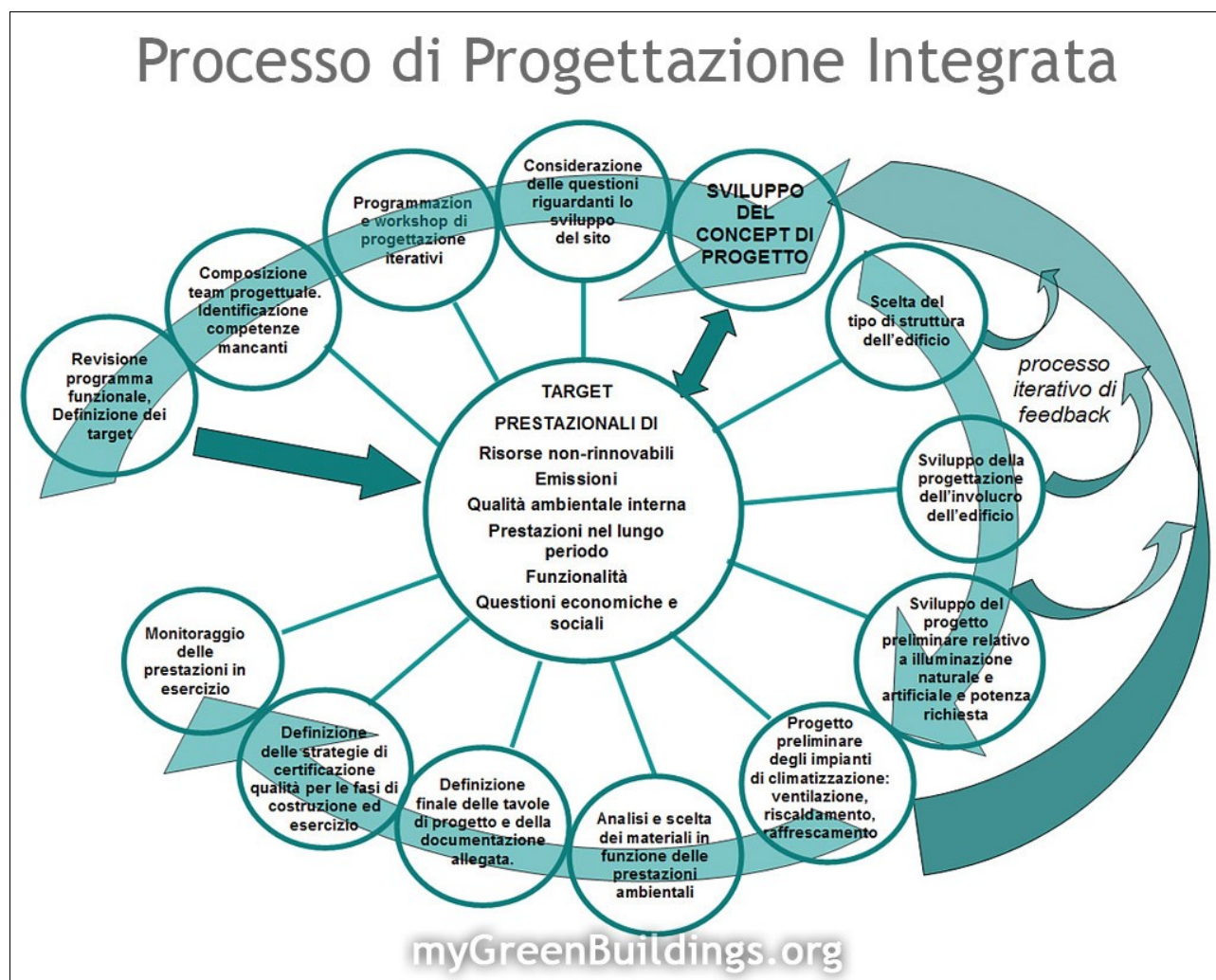


Fig. 2.365 - Modello che visualizza un processo di progettazione integrata

#### 2.4.4.5 Coinvolgimento degli attori nelle decisioni e partecipazione

Dai concetti sopra esposti discende la ormai imprescindibile necessità di *coinvolgimento degli attori in tutte le fasi decisionali* che il D.M. (Decision Maker – stazione appaltante) è tenuto a fare, anche avvalendosi della collaborazione delle figure specializzate previste dalle leggi, come il progettista, il coordinatore della sicurezza, il direttore dei lavori.

Coinvolgimento che, richiamando i principi fondamentali dei processi Agenda 21, è fatto proprio anche dall'architettura sostenibile, di cui costituisce una delle attività (*partecipazione*) che il decision maker (committente e/o progettista) è tenuto a svolgere, in particolare finalizzandola alla *condivisione del progetto* con i futuri abitanti / occupanti / utenti, in modo tale da favorire l'integrazione del manufatto nella comunità.

La partecipazione / coinvolgimento degli attori (stakeholders) è anche uno degli aspetti che concorrono alla *prestazione sociale dell'edificio* come intesa nella norma per la sua valutazione in costruzione da parte del CEN / TC 350.

#### 2.4.5 Indicatori: generalità e impiego nei metodi di gestione della sostenibilità

##### 2.4.5.1 Definizioni

Secondo la definizione di Filomena Maggino dell'Università degli Studi di Firenze (“Gli indicatori statistici: concetti, metodi e applicazioni”, 2006), *Indicatore* rappresenta un termine applicato per poter indicare *misure indirette di fenomeni complessi* (economici, sociali, ecc.) che non possono essere misurati direttamente ma attraverso misure dirette che abbiano un alto contenuto semantico in comune con il concetto che si vuole misurare. E' uno strumento di valutazione complessa di un fenomeno cui si attribuisce uno stretto legame con un referente concettuale che fa parte di un modello di ricerca (a priori) o di uno schema interpretativo (a posteriori).

Un indicatore rappresenta una statistica che riflette un importante aspetto del fenomeno di interesse ma non tutte le statistiche riguardanti tale fenomeno possono essere considerati indicatori.

Un *indice statistico* diviene un indicatore quando la sua definizione e la sua misurazione è collegata ad un obiettivo definito.

Le tre entità che descrivono il concetto di indicatore sono:

- 1) *comunicazione*
- 2) *semplificazione*
- 3) *quantificazione*.

Dove la semplificazione e la quantificazione devono essere funzionali alla comunicazione.

La semplificazione, che porta inevitabilmente ad una perdita di informazione, non deve prodursi a discapito del livello di qualità scientifica dell'informazione stessa.

Visti in questa ottica, gli indicatori possono non solo rappresentare un fenomeno ma anche essere utilizzati come criteri e metodi per arrivare ad una valutazione.

E' per questo che, dal punto di vista operativo gli indicatori hanno assunto una grande rilevanza come *sostegno alle decisioni di politica e gestione*. D'altra parte, un singolo indicatore, pur se collegato ad un particolare bisogno conoscitivo non è di per sé significativo in quanto difficilmente fornisce una informazione utile per descrivere fenomeni complessi.



### 2.4.5.2 Modello concettuale

Ciascuno di essi assume un significato solo se inserito all'interno di una struttura più ampia finalizzata alla conoscenza dei fenomeni di interesse.

I fenomeni sono osservabili e misurabili solo dopo aver definito un *modello concettuale di riferimento* (Fig. 2.366) che deve consentire di chiarire esattamente che cosa si vuole misurare attraverso la definizione di una serie di concetti astratti (costrutti).

Nel caso del *sistema di gestione della sostenibilità degli edifici* oggetto del processo in corso di sviluppo da parte del CEN / TC 350, il modello di riferimento concettuale è basato sull'approccio del *ciclo di vita* (Daniotti B., 2012), lungo il quale si articola il *processo edilizio* nel suo complesso e nel quale si individuano le singole fasi componenti.

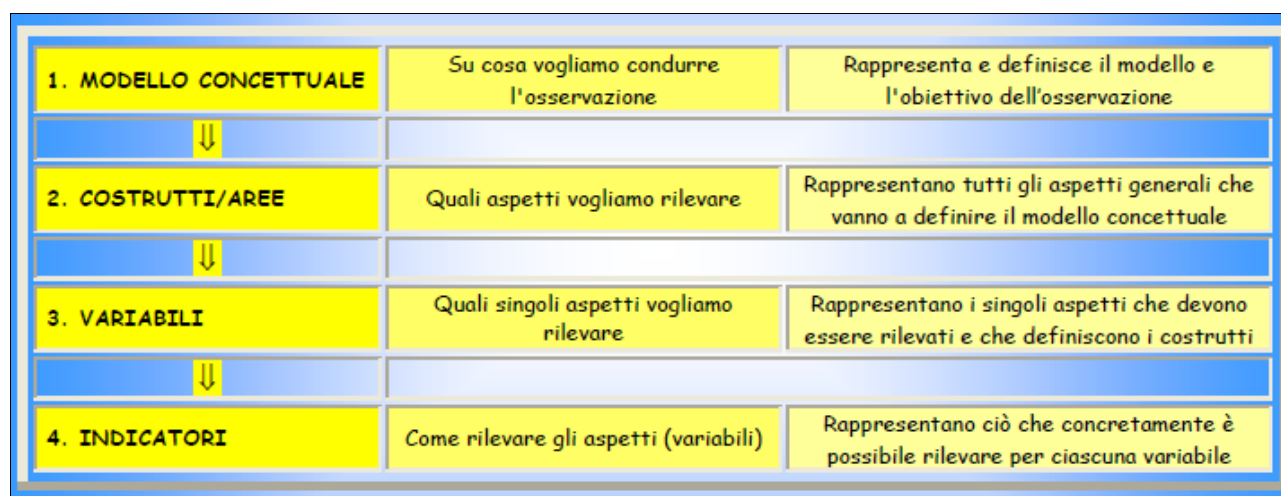


Fig. 2.366 - Flusso a cascata dal modello concettuale agli indicatori e relative funzioni (Maggino F., 2006)

La definizione del modello concettuale rappresenta un momento complesso in quanto richiede la identificazione e la definizione di costrutti che in genere derivano da astrazioni collocate in strutture teoriche e che in questo ambito devono avere riferimenti concreti. Ciò vuol dire che l'applicabilità di un costrutto è legata all'applicabilità della teoria cui si riferisce.

Riassumendo, per poter procedere alla osservazione empirica di tali fenomeni, è necessario definire:

- ♣ un *modello concettuale* (detto *conceptual framework*) che consente di definire il fenomeno da studiare e dei costrutti ad esso connessi (per esempio: benessere sociale)
- ♣ i *concetti astratti* (detti *costrutti*, *aree di indagine*, *domain*) che caratterizzano il fenomeno da studiare (per esempio: status sociale);
- ♣ le *variabili* che definiscono i costrutti; sono dette anche latenti in quanto non direttamente osservabili;
- ♣ gli elementi osservabili e misurabili (detti *indicatori*) per ciascun concetto definito.

### 2.4.5.3 Problemi e qualità degli indicatori

Per ciascuna variabile può essere necessario definire più indicatori nel caso in cui il fenomeno definito dalla variabile è complesso e variabile. In questo caso ogni indicatore definito corrisponde ad un aspetto particolare del concetto generale.

L'utilizzazione di un singolo indicatore (Fig. 2.367) può introdurre una grossa componente di errore e produrre problemi di:

- ⤴ *validità*, in quanto è molto improbabile che un singolo indicatore possa rappresentare e misurare una variabile complessa e articolata
- ⤴ *affidabilità*, in quanto la misurazione effettuata con un singolo indicatore è molto influenzata dall'errore casuale
- ⤴ *precisione e accuratezza*, in quanto le misure con singolo indicatore perdono in precisione non consentendo di discriminare tra i diversi livelli di una variabile
- ⤴ *collegamento e relazione* con altre variabili definite in altre aree
- ⤴ *specificità e individualità* posseduta dalla variabile che correla con altri attributi o fattori diversi da quello che si intende misurare
- ⤴ *discriminazione e differenziazione* accurata dei casi osservati.

L'affidabilità della misurazione di una variabile, dedotta da un campione di indicatori estratti da un'area di contenuto, dipende interamente:

- ⤴ dal numero di indicatori (maggiore è il numero di indicatori definiti, maggiore è l'affidabilità)
- ⤴ dalla correlazione media tra gli indicatori che definiscono un'unica variabile (maggiore è la correlazione media, maggiore è l'affidabilità).

UN INDICATORE DEVE ESSERE		RISPETTO ALLA SUA CAPACITÀ E POSSIBILITÀ DI
- chiaro - appropriato - esaustivo	- significativo - accurato	→ definire e descrivere il fenomeno ( <i>methodological soundness</i> ) e al suo disegno e ai suoi riferimenti spaziali e temporali
- coerente - consistente - pertinente	- rilevante - trasparente	→ riflettere le finalità, gli obiettivi e le esigenze per le quali è costruito (conoscitive, di <i>monitoring</i> , di valutazione, <i>accounting</i> , ...) ( <i>serviceability</i> )
- misurabile - stabile		→ rilevare in maniera diretta e stabile (in termini spaziale e temporale) il fenomeno (in caso di assenza di indicatori "diretti", è possibile utilizzare i cosiddetti "indicatori proxy")
- affidabile - valido - ripetibile - robusto	- rigoroso - preciso - esatto	→ registrare con il minor grado di distorsione possibile il fenomeno di interesse (capacità registrata a livello statistico e metodologico)
- fattibile - tempestivo - aggiornabile		→ essere rilevato con costi di raccolta e di sviluppo realistici, con tempi limitati tra l'osservazione e la disponibilità del dato
- confrontabile - discriminante	- disaggregabile - parsimonioso	→ essere analizzato al fine di confrontare e di rilevare differenze e disparità tra unità, gruppi, aree e realtà diverse, utilizzando il massimo delle informazioni disponibili
- credibile - accessibile - interpretabile	- comprensibile - semplice, - maneggevole	→ essere diffuso ovvero deve essere facilmente individuabile e accessibile, utilizzabile, analizzabile, interpretabile e guadagnare così la fiducia degli utilizzatori ( <i>brand image</i> )

Fig. 2.367 - Requisiti degli indicatori (Maggino F., 2006)

Se la variabile è complessa e *multidimensionale*, gli indicatori devono ricoprire tali dimensioni.

E' quanto può accadere nel *sistema di gestione della sostenibilità degli edifici*, in cui taluni aspetti coprono più dimensioni (ambientale, economica, sociale), come nel caso di quelli legati al benessere e alla salute dovuti alle condizioni termo-igrometriche, che vedono convergenza di obiettivi di contenimento energetico, delle emissioni nocive, dei consumi, assicurazione delle condizioni che determinano lo stato di buona salute degli occupanti.

#### 2.4.5.4 Indicatori statistici: classificazione

Ciascun indicatore può essere classificato secondo più criteri che possono essere così individuati:

- ⤴ Finalità (obiettivi)
- ⤴ Modalità di osservazione
- ⤴ Origine dell'informazione (fonte informativa)
- ⤴ Modalità di costruzione (livello di complessità)
- ⤴ Capacità di stratificazione (*target-oriented*)
- ⤴ Contesto gestionale (*governing context*)
- ⤴ Livelli di comunicazione (*target group*)
- ⤴ Fenomeni osservati (campi applicativi)

In base alla finalità (obiettivi), gli indicatori possono essere:

- ⤴ *Normativi*: indicatori orientati ai problemi da risolvere utilizzati come guida e supporto per interventi programmati; sono indicativi di un obiettivo ritenuto auspicabile. La funzione normativa necessita della definizione di particolari standard con specifici riferimenti (temporali, territoriali, ecc.) al fine di indirizzare possibili interventi (*policy*) e rispetto ai quali gli indicatori devono essere comparati e verso i quali devono tendere
- ⤴ *Problem-oriented*: indicatori definiti e misurati in funzione specifica di una particolare ipotesi di ricerca e di analisi dei legami esistenti tra particolari processi sociali al fine di identificare l'ambiente, il tipo e la severità di particolari problemi (per esempio: disagio giovanile). Tali indicatori consentono di identificare particolari condizioni sulla base della presenza o assenza di specifiche caratteristiche associate (tasso di mortalità infantile).

Nel caso del sistema di gestione della sostenibilità delle costruzioni, essendo impostato questo come volontario ed essendo gli obblighi legislativi il più delle volte non solo non allineati tra un Paese e l'altro, ma talvolta anche cogenti o meno a seconda dello Stato membro, la "normatività" dell'indicatore è affidata alla sua applicazione.

Tuttavia, il sistema intende essere principalmente "problem-oriented", volendo indirizzare tutto il settore delle costruzioni europeo verso una dimensione di maggiore sostenibilità, affidando al modello e alla scelta degli indicatori una ben precisa *strategia*.

Al riguardo, in base al *contesto gestionale*, gli indicatori possono essere classificati rispetto alle questioni di gestione e di governo nelle quali sono applicati.

In questa ottica, è possibile parlare di indicatori utilizzati per:

- ⤴ informare e stimolare un dibattito pubblico (finalizzati per formare e sviluppare particolari atteggiamenti)

- ▲ orientare le politiche (finalizzati a prendere particolari decisioni politiche): *political guidance*
- ▲ orientare l'amministrazione (valutare l'impatto di diverse alternative): *administrative guidance*

Nel caso dell'*etichettatura energetica degli elettrodomestici* prima e degli edifici poi, oltre a sviluppare una nuova cultura della consapevolezza del consumo delle risorse da parte dell'utente/consumatore e del risparmio energetico, i sistemi configurati e i relativi indicatori hanno contribuito ad un diverso orientamento delle scelte degli utenti e anche dei committenti nel caso del settore edilizio. Nel caso dell'*etichettatura energetica degli edifici*, l'obbligatorietà sancita dalla Direttiva 2002/91/CE, recepita dagli Stati Membri, ha anche conseguito il risultato di orientare politiche nazionali e locali, dall'incentivazione degli interventi di riqualificazione energetica attraverso i provvedimenti di detrazione fiscale, alle politiche delle Regioni che hanno attuato o anticipato le linee guida statali, alle politiche comunali che nei loro piani e regolamenti edilizi hanno contribuito a sviluppare un'edilizia energeticamente efficiente ed improntata ad uno sviluppo sostenibile.

I *sistemi di gestione della sostenibilità nelle costruzioni* già implementati, la misurazione e l'etichettatura degli edifici in base al loro livello di sostenibilità soprattutto ambientale hanno avuto il merito di iniziare ad orientare le committenze, talvolta anche amministrazioni pubbliche, in senso sostenibile, aprendo la via non solo ad un mercato ma anche ad una nuova cultura. Alcune esperienze come ad es. il Piano casa in Italia hanno anche mostrato che a livello locale è possibile orientare in tale direzione anche le politiche, ovvero le decisioni politiche.

In base alle modalità di costruzione, possono essere:

- ▲ Semplici o elementari (*single indicator*): indicatori riferiti a dimensioni immediatamente quantificabili in cui si è scomposto il singolo fenomeno complesso.
- ▲ Sintetici (*synthetic indicator*): indicatori ottenuti da aggregazioni di indicatori semplici e tra loro omogenei con l'obiettivo di ricomporre la misura di un unico fenomeno.

In base ai livelli di comunicazione, ovvero ai *target groups* che si intendono coinvolgere, tenendo conto della funzione comunicativa che devono avere gli indicatori, non è purtroppo sempre possibile sviluppare indicatori che comunicano con lo stesso livello di efficienza a tutti coloro i quali si vuole comunicare. In questo senso è quindi importante sviluppare indicatori che siano in grado di comunicare al livello più corretto.

In questo senso è possibile individuare tipologie diverse di indicatori in relazione al loro *livello di risonanza*:

- ▲ *Cold indicator*: indicatori che hanno un alto livello di qualità scientifica e presentano un alto livello di complessità e di difficoltà di comprensione
- ▲ *Hot indicator*: indicatori che presentano un livello di qualità scientifica più basso ma un alto livello di risonanza. Spesso vengono sviluppati con la stretta collaborazione di persone del territorio. Non sono utilizzabili nell'ambito di procedimenti decisionali (*policy*).
- ▲ *Warm indicator*: indicatori che presentano un buon bilanciamento tra qualità, comprensibilità e risonanza.

Quello del rapporto tra indicatori e target groups è un tema particolarmente afferente ai *sistemi di valutazione della sostenibilità*. Ciò in quanto si tratta di un tema multidimensionale, basato su principi abbastanza conosciuti a livello sociale (consumo di risorse e protezione dell'ambiente,

benessere, economicità), ma un modello concettuale complesso, a portata degli addetti ai lavori, dei committenti più esperti e solo molto difficilmente dell'utenza finale.

#### 2.4.5.5 Problemi tecnici nella costruzione di indicatori

Tra i più rilevanti problemi tecnici rientrano quelli di *misurazione*:

- ▲ sviluppo e implementazione di una *procedura di osservazione e di misurazione praticabile*
- ▲ determinazione di una *relazione o associazione affidabile tra lo specifico indicatore e la condizione o il processo che si suppone esso debba riflettere*
- ▲ *identificazione di quei fattori il cui controllo o la cui manipolazione possano migliorare le condizioni di osservazione o valutare il cambiamento*

I problemi di *costruzione metodologica* sono quelli che riguardano gli *indicatori compositi*:

- ▲ *determinazione delle componenti* che costituiranno insieme la misura composita
- ▲ *selezione degli indicatori appropriati* che insieme misurino i più importanti aspetti del fenomeno studiato
- ▲ *individuazione della corretta metodologia per combinare le componenti (ponderazione)*
- ▲ *individuazione della corretta struttura interpretativa.*

Sia i primi che i secondi tipi di problemi sono particolarmente afferenti ai sistemi di valutazione della sostenibilità in edilizia.

Ciò in quanto nell'ampia sperimentazione condotta negli ultimi anni grazie all'applicazione dei numerosi protocolli commerciali, nei quali è stato sviluppato un ampio ventaglio di possibili indicatori, sono emersi una serie di limiti che nella pratica hanno talvolta reso sconsigliabile la prosecuzione della loro adozione. Il progetto *SuPerBuildings* finanziato nel Settimo Programma Quadro Europeo ha indagato proprio questi aspetti, allo scopo di individuare quelli che valga la pena continuare a sviluppare in futuro, quelli che al contrario appaiono troppo onerosi rispetto ai benefici resi e quelli che invece risultano ad oggi promettenti ma inesplorati. In poche parole, *l'appropriatezza degli indicatori* e la *determinazione delle più giuste componenti*, come rilevato anche all'interno dell'attività normativa in corso da parte del CEN per mettere a punto la metodologia e gli indicatori per le componenti sociali ed economiche, sono i due fattori importanti sui quali i gruppi di lavoro ai livelli centrale e nazionali stanno spendendo le proprie energie.

La metodologia di combinazione delle componenti è invece, almeno per quanto riguarda la parte ambientale già disponibile sotto forma di standard approvato e pubblicato, corrispondente alla sommatoria degli effetti in tutte le fasi del ciclo di vita (Daniotti B., 2012) degli elementi e materiali usati e dei servizi per la gestione, sostanzialmente in termini di potenziale di riscaldamento globale e di energia incorporata e consumata, calcolati facendo uso di macro-indicatori.

L'uso della *ponderazione* nella metodologia come meccanismo per combinare le componenti rendendo "corretta" la metodologia è invece attuato in certi metodi ad es. Itaca, dove è stabilita sia una ponderazione (regola di proporzionalità interna) a livello di aree di prestazioni / indicatori (ambientale, sociale, ecc), sia allo stesso livello, fissando attraverso la "pesatura" di fatto una *gerarchia tra gli indicatori* di una stessa area.

#### 2.4.5.6 Problemi di analisi e interpretazione

Un altro punto critico nella costruzione di un sistema di valutazione è la difficoltà di *gestire informazioni prodotte da aggregazioni*.

Se per esempio si attribuisce ad una certa area un certo tasso (calcolo di un indicatore) si tende a

continuare ad attribuirlo anche a particolari sotto-aree che non necessariamente riflettono il valore presentato dall'indicatore (*ecological fallacy*). In altri termini, la fallacia assume che tutti i componenti di un gruppo possiedano le caratteristiche dell'intero gruppo (stereotipi).

Un ulteriore problema riguarda gli indicatori rilevati lungo il tempo (*time series*). I dati pur se misurati attraverso lo stesso indicatore potrebbero rivelarsi non confrontabili, soprattutto se riguardano un periodo molto lungo di tempo. Infatti, in questi casi, le possibilità di confronto date dai procedimenti di analisi dei trend sono condizionate da possibili cambiamenti che nel frattempo possono essere intervenuti e riguardanti i concetti, le definizioni, le procedure di misurazione, ecc.

#### 2.4.5.7 Dal modello concettuale agli indicatori

Un modo utile per rappresentare le relazioni (Fig. 2.368) che intercorrono tra le variabili del modello concettuale è quello di utilizzare la tecnica dei diagrammi causali in cui, in maniera semplice, è possibile rappresentare simultaneamente sia la teoria che si vuole verificare realmente (ipotesi) che la teoria ausiliaria per verificarla.

In pratica, la definizione degli indicatori consente la verifica dell'ipotesi che è stata definita in relazione al fenomeno da considerare rispetto a dati concreti. Se però da una parte è impossibile dimostrare che uno strumento misuri realmente il costrutto, dall'altra è possibile dimostrare che la misurazione sia coerente con la struttura teorica di riferimento.

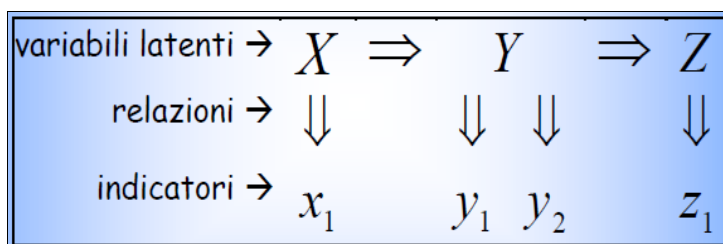


Fig. 2.368 - Relazioni tra variabili e indicatori (Maggino F., 2006)

#### 2.4.5.8 Dall'indicatore al sistema di indicatori

Come si è già precisato, un indicatore è utile quando inserito in un *sistema di valutazione* costruito in stretta connessione con il modello concettuale di riferimento ed associato ad obiettivi sia scientifici che operativi (Fig. 2.369).

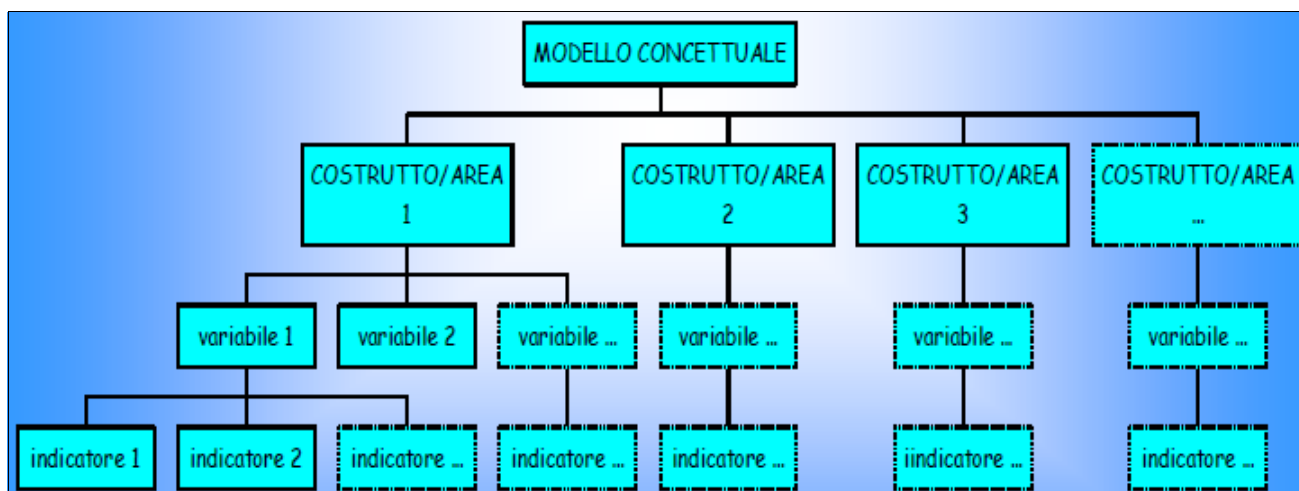


Fig. 2.369 - Sistema di indicatori (Maggino F., 2006)

Attraverso il sistema nel quale sono inseriti, tutti gli indicatori insieme forniscono le informazioni riguardanti le componenti individuali che insieme producono l'effetto totale. In altri termini, *il totale delle informazioni fornite da un sistema di indicatori è maggiore della somma delle sue parti.*

Proprio in questa ottica, i sistemi di indicatori possono rappresentare un importante e valido aiuto e supporto per vari soggetti (politici, amministratori, ecc.) cui spetta prendere decisioni. Ciò in particolare:

- ▲ nella conoscenza di particolari realtà
- ▲ nella gestione
- ▲ nella formulazione di priorità
- ▲ nella traduzione di queste in azioni.

Essendo i sistemi di indicatori essenzialmente strumenti di supporto essi *non possono*:

- ▲ *definire obiettivi e priorità* (l'informazione prodotta da un sistema di indicatori rappresenta solo uno dei fattori che contribuiscono a concepire le decisioni riguardo alle preferenze e alle priorità)
- ▲ *valutare programmi* (un sistema di indicatori non può sostituire la valutazione di programmi in quanto non forniscono il livello di rigore e/o dettaglio necessari)
- ▲ *sviluppare una scala di riferimento comune* (i sistemi di indicatori non dispongono (tranne pochi casi come nel caso dei sistemi di indicatori economici) di comuni riferimenti. In altre parole, non sempre porre ciascuno dei costrutti identificati in una scala comune.

Sono infatti le prime due categorie i compiti che spettano al decision maker (politico, committente, progettista), mentre la terza quello del tecnico che costruisce il sistema di valutazione. Nell'ambito dei *sistemi di valutazione della sostenibilità degli edifici* esistenti, sono emersi i primi problemi nello sviluppo di scale comuni, per poter inserire gli indicatori nell'unico sistema e sommare i valori stimati a concorrere insieme al risultato totale della valutazione. Problema che, se si è superato nella prima parte dello *standard europeo armonizzato (ambientale)* ricorrendo agli indicatori globali, è ricorso nello sviluppo dello standard relativo alla *prestazione sociale*, dove gli indicatori riflettono le più disparate dimensioni del benessere sociale e della qualità della vita. E se nella parte economica è prevedibile che l'unità di misura appropriata sarà facile da individuare, in un'ottica di

orientamento strategico delle scelte in direzione della sostenibilità, dei problemi potrebbero nascere sugli *intervalli di variazione* degli indicatori, ovvero esaminando i *profili* degli stessi.

Per essere efficace un sistema di indicatori deve essere inoltre caratterizzato da:

- ♣ *economicità* (la struttura deve consentire una produzione e una valutazione dell'informazione che siano semplici, standardizzate, realmente disponibili e rilevabili, aggiornabili; il raggiungimento di tale obiettivo richiede un grande sforzo da parte dei ricercatori)
- ♣ *generalizzazione* (la struttura proposta deve consentire la sua generalizzazione ad altri contesti simili, la cosiddetta "esportabilità")
- ♣ *condivisione* (il sistema deve essere sviluppato in maniera condivisa da tutti gli "attori").

Sono questi citati, infatti, obiettivi che stanno guidando il lavoro dei gruppi del CEN e quelli coinvolti nei progetti europei collaterali di supporto (v. SuPerBuildings, Open-House), impegnati della ricerca *condivisa* tra il più vasto numero di *stakeholders*, di un sistema di indicatori combinati attraverso una metodologia comune, *esportabile* in tutti gli Stati membri.

L'economicità sarà conseguita non solo attraverso l'applicazione del principio stesso di *standardizzazione* nella costruzione di un sistema comune a tutte le nazioni della UE e al suo territorio, ma anche attraverso la selezione di un panel di indicatori che siano facilmente utilizzabili, ovvero che richiedano il facile reperimento di dati, aggiornabili, superando i tanti problemi che sono sorti nell'applicazione degli attuali protocolli commerciali, che si è rivelata troppo spesso troppo onerosa in termini di tempo e conseguentemente di costi.

Il conseguimento di questi obiettivi, la maggiore sfida al momento, rappresenterà la chiave per la *diffusione del sistema* e attraverso di esso la messa in pratica dei principi di sostenibilità nell'ambiente costruito e la sua implementazione attraverso un'*unica rete comune* che favorirà la *rapida e fluida circolazione dei risultati*. A sua volta, ciò innescherà, in una logica di esteso benchmarking, quel meccanismo virtuoso che alimenta il *progresso* tramite l'*innovazione*.

Gli elementi che definiscono un sistema di indicatori sono:

- ♣ struttura concettuale (*conceptual framework*) che individua perché e che cosa misurare
- ♣ aree/dimensioni di interesse (*domain*)
- ♣ confini spazio-temporali
- ♣ struttura del sistema
- ♣ qualità e tipologia degli indicatori
- ♣ modelli di analisi
- ♣ modelli interpretativi e di valutazione.

Nel sistema armonizzato europeo in corso di costruzione i confini spazio temporali sono definiti con precisione e il *ciclo di vita* (Daniotti B., 2012) dell'edificio, le cui fasi sono pure individuate ed analizzate nello specifico, è l'elemento fondamentale del quadro di riferimento (modello) concettuale.

I sistemi, a seconda della localizzazione e dell'uso dei dati si suddividono anche in:

- ♣ *Sistemi verticali* (richiedono la raccolta di informazioni da livelli locali per essere sistematizzati a livello alto, solitamente nazionale; sono utilizzati per implementare obiettivi di politica nazionale sulla base delle informazioni locali)
- ♣ *Sistemi orizzontali* (richiedono la raccolta di informazioni ad un solo livello, per esempio



regionale; sono utilizzati per monitorare particolari ambiti di osservazione, per esempio l'ambiente, l'istruzione)

- ▲ *Sistemi prettamente locali* (sono disegnati per essere utilizzati solo nell'ambito di processi decisionali locali; relativamente a questa categoria, il sistema si caratterizza a due livelli: interno, quando gli indicatori servono a monitorare l'organizzazione interna del livello, esterno, quando gli indicatori fanno riferimento a parametri esistenti ai livelli più alti, per esempio, i trasporti).

Il sistema armonizzato in corso di costruzione in ambito CEN è orizzontale. Tuttavia, in presenza di altri sistemi esistenti e funzionanti ad altre scale (nazionale, urbana, ecc), come nel caso dei sistemi di valutazione delle politiche e della qualità della vita usati da anni in ambito italiano nazionale fino alla scala metropolitana della provincia di Milano, sarebbe bene verificare, ove possibile, la *trasversalità* di indicatori e dati, per esigenze di:

- ▲ *economicità* (riuscire a ridurre il numero dei dati necessari ed utilizzarli in indicatori per sistemi diversi significa facilitare il lavoro di raccolta da parte dei rilevatori statistici a monte sia dei valutatori a valle)
- ▲ *trasparenza* (minor numero di dati e indicatori consente un maggiore controllo dei processi di raccolta ed elaborazione ed una riduzione degli errori, ma anche di capacità di controllo nel raggiungimento degli obiettivi politici)
- ▲ *congruenza* delle azioni decise a livello politico e attuate a livello tecnico nelle diverse scale
- ▲ *risposta territoriale e multi-scalare* delle azioni varate ad una scala sulle altre scale geografiche, per misurarne il successo attraverso la diffusione o al contrario l'efficacia puntuale, o eventualmente "correggere il tiro".

Infine, gli indicatori appropriati per un sistema devono:

- ▲ tenere conto del modello logico che li mette in relazione - anche in termini ipotetici - con obiettivi concettuali (*goal*), operativi (*objective*) e strategici (*target*)
- ▲ usufruire dell'aiuto e del *parere di esperti e testimoni privilegiati del fenomeno da osservare e misurare*
- ▲ tenere conto delle *differenze "locali"*
- ▲ tenere conto delle *risorse a disposizione*
- ▲ essere definiti in *maniera pubblica e controllabile*
- ▲ consentire una *continua verifica e valutazione*.

Quello delle *peculiarità dei luoghi*, le cui esigenze possono incontrare ma anche divergere da quelle del contesto più ampio in cui l'edificio è inserito, è un tema particolarmente sensibile nel lavoro di costruzione del *sistema armonizzato europeo*. Si tratta infatti di far *dialogare l'ambito spaziale come quello dell'edificio e del suo intorno, in una logica globale* non solo riferita al contesto europeo, ma all'equilibrio complessivo del pianeta. La mancanza di sensibilità ovvero di adattamento degli indicatori standard fondamentali al livello strettamente connesso dell'edificio, può infatti comportare non solo un errore metodologico di trasferibilità, ma conseguenze pratiche notevoli. Caso tipico è quello dell'*uso dell'acqua*, la cui minimizzazione è un obiettivo globale ma in particolari zone come quella parte della pianura padana lombarda, dove la falda è alta e il mantenimento degli equilibri ecosistemici richiede un'abbondante captazione, l'obiettivo è opposto e pertanto anche a livello di metodologia occorre tenere conto. La *difesa delle risorse locali* soggette a sfruttamento intensivo (cave di materiali edili come nel caso dell'area metropolitana milanese, foreste, ecc), tanto quanto il *rispetto delle tradizioni costruttive locali* soprattutto in luoghi dall'elevato valore urbano ed architettonico, sono altre pressioni da considerare in senso positivo o

negativo.

#### 2.4.5.9 I sistemi di sistemi

In considerazione degli obiettivi e della struttura del sistema, gli indicatori devono essere collocati in un contesto analitico coerente. In questa ottica, è possibile distinguere diversi *modelli analitici* (Tab. 2.13):

- ⤴ *Trend analysis* (obiettivo dell'analisi è quello di chiarire trend di sviluppo)
- ⤴ *Monitoring analysis* (obiettivo dell'analisi è quello di monitorare gli sviluppi di una condizione, per esempio l'ambiente)
- ⤴ *Reporting analysis* (obiettivo dell'analisi è quello di riferire via via gli esiti in un procedimento gerarchico di *decision-making*)
- ⤴ *Benchmarking analysis* (obiettivo dell'analisi è quello di confrontare le performance di una entità (per esempio un edificio o un comune) con quelle delle altre entità)
- ⤴ *Impact assessment* (obiettivo dell'analisi è quello di chiarire gli impatti delle iniziative e delle azioni pianificate e intraprese)
- ⤴ *Evaluation analysis* (obiettivo dell'analisi è quello di registrare e valutare gli effetti di iniziative e azioni pianificate ed eseguite).

Il sistema armonizzato per la valutazione della sostenibilità in corso di sviluppo da parte del CEN è strettamente un *Impact Assessment model*, ma, mettendo in relazioni cause / effetti dell'uso di componenti, materiali, tecniche e processi possiede potenzialità per essere utilizzato come strumento per il controllo delle azioni e delle scelte e lo sviluppo della sostenibilità in edilizia. In tal modo diventa supporto anche a tutte le categorie di stakeholders interessate e coinvolte nelle varie fasi del ciclo di vita dell'edificio, da quella previsionale a quella d'uso, a quella di fine vita (Antonini E. et al., 2010).

Tab. 2.13 - Modelli analitici a supporto degli stakeholders del processo edilizio

		Ciclo di vita														
		<i>metaprogettazione-progettazione</i>					<i>esecuzione</i>			<i>uso</i>			<i>fine vita</i>			
		STAKEHOLDERS														
		Ri- cer- cato- ri	Poli- cy ma- kers	Inve- stito- ri	Com- mit- tenti	Pro- getti- sti / con- su- lenti	Valu- tatori	Im- pre- se co- str. / in- stall.	Pro- dut- tori di com- po- nenti e ma- teria- li	Utenti	Ma- nu- ten- tori	Au- torità di con- trollo	De- moli- tori	Rici- clatori	Smal- titori	
MOD ELLI ANA LITI CI	<i>Trend analysis</i>	X	X	X		X										
	<i>Monit- oring analysis</i>	X	X			X	X					X				
	<i>Report- ing analysis</i>		X	X	X	X	X	X		X						
	<i>Bench- mark- ing analysis</i>	X	X	X		X		X	X							
	<i>Impac- t assess- ment</i>	X	X			X	X			X	X	X				
	<i>Evalu- ation analysis</i>	X	X		X	X	X	X			X	X				

Per quanto riguarda i *decision maker*, tale sistema costituisce in particolare un utile strumento di *Accounting*, ovvero di quel procedimento attraverso il quale si misurano e si rendono disponibili in maniera sistematica tutte le informazioni che tipicamente aiutano a prendere decisioni riguardo alla collocazione e alla destinazione di risorse.

Oltre ai *decision maker*, per i professionisti coinvolti nella fase di *progettazione* e per gli stakeholders della *fase d'uso* il sistema rappresenta un valido sostegno nelle procedure di *Assessment*, ovvero di valutazione e di accertamento (certificazione e accreditamento) che hanno tipicamente l'obiettivo di:

- ♣ certificare o qualificare elementi discriminando le loro performance
- ♣ assistere nei processi di apprendimento attraverso una migliore conoscenza di ciò che si

conosce e di ciò che si vuole indagare

- ▲ fare inferenze riguardanti il funzionamento di imprese o sistemi.

Relativamente alla *Performance evaluation*, in particolare, un sistema che presenta tale funzione è costruito al fine di verificare se e in quale misura il programma sta progredendo. Gli indicatori che vengono definiti a tale fine possono essere distinti in:

- ▲ *indicatori di input* con funzione di misurare le risorse in ingresso (di solito sono quelle disponibili)
- ▲ *indicatori di processo* (o procedurali) con funzione di monitoraggio delle procedure definite a livello strategico
- ▲ *indicatori di output* con funzione di monitoraggio dei risultati diretti delle azioni
- ▲ *indicatori di impatto* con funzione di monitoraggio del progresso verso il raggiungimento degli obiettivi (concettuali e operativi).

E' possibile combinarne alcuni per definire misure composite (indicatori di efficacia o di efficienza).

In tal modo il sistema diventa anche un *sistema di gestione*.

Negli *standard in corso di sviluppo in ambito CEN* è sostanzialmente seguita la predetta l'impostazione, riferita al processo edilizio ed in particolar modo al *ciclo di vita* (Daniotti B., 2012) dell'edificio. Ciò fa sì che il sistema non sia solo un metodo di misurazione degli impatti, ma, data la sua spiccata impostazione *prestazionale*, diventa un vero e proprio *sistema di gestione della sostenibilità* (Lavagna M., 2008).

Come anche evidenziato dal progetto SuPerBuildings, in riferimento alle componenti ambientali, il *miglioramento da misurare* attraverso l'indicatore sarebbe la riduzione del *consumo di risorse* e la riduzione degli *impatti negativi* sull'ambiente rispettivamente. I risultati della valutazione devono essere tarati ai bisogni dei diversi stakeholders e gruppi di riferimento.

#### **2.4.5.10 Sviluppi futuri del sistema di gestione della sostenibilità**

Perchè il sistema si indicatori che i gruppi di lavoro CEN stanno sviluppando, oltre a fornire un'accurata e precisa informazione al fine di illustrare e chiarire riguardo alle condizioni del fenomeno descritto, contribuisca al suo miglioramento, occorrerà la definizione di un parallelo sviluppo di un *piano di ricerca finalizzato*, sulla linea dei progetti europei già completati o in corso. Tale componente di ricerca dovrebbe diventare parte integrante dello stesso sistema di indicatori che in questo modo consentirà ai ricercatori di verificare da un lato l'attività di monitoraggio, dall'altro possibili alternative agli indicatori utilizzati.

In pratica, si tratta di incorporare nel sistema una componente sperimentale definibile in termini di *indicator technology*, attraverso la quale i ricercatori e gli altri componenti dei gruppi di lavoro possano:

- ▲ tenere sotto controllo la qualità degli indicatori disponibili
- ▲ discutere i punti di forza e di debolezza di ciascun indicatore selezionato
- ▲ effettuare aggiustamenti di scala, se necessari
- ▲ creare tabelle riassuntive riguardanti le caratteristiche dei dati (per esempio: la disponibilità tra paesi, tra momenti diversi, le fonti, il tipo (di input, output o di processo).

#### 2.4.5.11 Rischi metodologici

Nello sviluppo successivo per il completamento del set di indicatori (ricordiamo che gli indicatori di *prestazione sociale* e quelli di *prestazione economica* sono solo all'inizio della definizione) e nella revisione / aggiornamento continui in recepimento dei progressi scientifici, del *mutamento degli obiettivi* generali e particolari, delle *istanze degli stakeholders* così come delle emergenze *dell'ambiente / della società / dell'economia*, occorrerà inoltre evitare il più possibile che si incorra in problemi o errori nella costruzione del sistema, che potrebbero comprometterne l'*affidabilità*.

Tra gli ipotetici rischi da evitare si annoverano:

- ⤴ la definizione di un povera raccolta di indicatori che presentano *bassa o nessuna relazione con il modello concettuale*, con gli obiettivi e le finalità
- ⤴ il cattivo adattamento tra *obiettivi e indicatori*: in questi casi può trattarsi di una cattiva definizione degli obiettivi e/o degli indicatori
- ⤴ la costruzione di un sistema basato su *dati non affidabili* (per poter costruire indicatori di qualità è necessario disporre di *dati di base accurati*)
- ⤴ le valutazioni che non tengono conto delle possibili *differenze "locali"* (non misurare variabili esplicative, ovvero trattare gli indicatori non verificandoli attraverso l'interpretazione della realtà che illustrano)
- ⤴ lo sviluppo di un sistema / di più sistemi relativi alle componenti ambientale, sociale ed economica in cui *gli indicatori di risultato non riescono a produrre effetti nel procedimento strategico, decisionale e di pianificazione*.

#### 2.4.5.12 Rischi applicativi

Perché il sistema possa essere oltre che affidabile efficace, dovrà essere opportunamente implementato sul campo così che i risultati, le criticità e le potenzialità che emergeranno potranno "correggere il tiro" in uno sviluppo del processo a circolo virtuoso.

Un primo tipo di difficoltà, come per i tipici sistemi utilizzati a supporto delle decisioni che riguardano scelte di tipo "territoriale", è di natura socio-politica e riguarda pertanto la pluralità di interessi (dei vari livelli istituzionali – es. Stato, Regione, Comune, Parco, ecc.) che si possono incrociare nel caso in cui occorra prendere delle decisioni. Ne sono interessati:

- ⤴ gli scienziati-tecnici, preoccupati di mantenere e difendere gli standard di oggettività nel descrivere e analizzare particolari condizioni attraverso appropriati indicatori
- ⤴ i responsabili politici (*policy-maker*), impegnati a prendere decisioni ed affrontarne le conseguenze, che tendono talvolta a trasformare i sistemi di reporting e di assessment in uno strumento di propaganda, non senza danneggiarli nel loro valore, che è fortemente legato alla sua indipendenza e oggettività
- ⤴ i soggetti partitici, impegnati a cercare di influenzare il procedimento decisionale introducendo e offrendo supporti sia a livello di evidenze che a livello di trattati e promesse, i burocrati, impegnati ad amministrare le regole e i programmi implementati a livello di politica decisionale.

Difficoltà possono emergere anche tra gli interessi dei ricercatori impegnati nel mettere a punto le più corrette procedure di misurazione quanto più oggettive e quantitative e gli interessi dei politici riguardo ad aspetti che non possono essere misurati quantitativamente.

Ma nel caso delle costruzioni, a questi soggetti che pongono questioni diverse che si incrociano si sommano la pluralità dei *gruppi sociali coinvolti nel processo edilizio*, dalla metaprogettazione fino

al compimento del ciclo di vita (gli *stakeholders*), che vanno dai progettisti alle imprese, agli investitori, ai produttori, ai controllori, agli utenti.

Nessuno di tali soggetti è infatti neutrale in quanto ciascuno di essi ha un particolare interesse riguardo ai risultati derivanti dalla applicazione del sistema di indicatori.

#### **2.4.5.13 Difficoltà temporali**

Nella gestione e amministrazione politica è necessario talvolta far fronte sia alle contingenze inattese che possono sorgere sia alle situazioni prevalenti che richiedono soluzioni.

In queste condizioni il tempo necessario per mettere insieme in modo appropriato le informazioni, anche se disponibili, raramente è abbastanza breve da soddisfare le necessità immediate prodotte dai processi decisionali.

Questo è purtroppo sovente nei processi edilizi, sia per la *costruzione di edifici privati sia pubblici*, dove la fretteosità dettata dal rispetto di tempi brevi per l'accesso a finanziamenti o il prolungamento di alcune fasi anche per lungaggini burocratiche può determinare ritardi e necessità di recupero in fasi come quella tecnico-valutativa, generando rischi di errore.

Problema opposto è quello del sovraccarico di informazione: un sistema di indicatori dovrebbe, se pienamente sviluppato nelle sue potenzialità, offrire a tutti i soggetti (siano essi ricercatori, politici, tecnici, amministratori, ecc.) un ricco corpo di informazioni continuamente aggiornate riguardanti la condizione dei settori interessati (industria, edilizia, ecc) e dei loro processi interattivi (*monitoring capability*). A volte però la presenza di tali informazioni può produrre un sovraccarico informativo che può complicare la visione della realtà e delle possibilità e il conseguente processo decisionale.

#### **2.4.5.14 Difficoltà comunicative**

Non ultima, tra le difficoltà nello sviluppo ma anche nell'applicazione di un sistema di indicatori è la necessità di comunicare informazioni a uditori che presentano diversa formazione, interessi, capacità pone diversi problema nel taglio da dare alla comunicazione dei risultati (*reporting*). Nella comunicazione tra gli stakeholders del processo edilizio questo tipo di difficoltà può diventare un ostacolo all'efficacia dell'applicazione.

E' necessario per questo studiare livelli diversi di trattamento dei dati e di presentazione dei risultati in modo da soddisfare le esigenze che emergono dai diversi gruppi di interesse, al fine di evitare incomprensioni, curando adeguatamente la presentazione e la comunicazione dei risultati riguardanti gli indicatori.

### **2.4.6 Green Public Procurement, eProcurement e Pre-Commercial Procurement**

#### **2.4.6.1 La Politica Integrata di Prodotto**

La *Politica Integrata dei Prodotti* (IPP) è parte integrante della strategia comunitaria per lo sviluppo sostenibile ed è basata sull'assunto che tutti i prodotti e servizi hanno un impatto ambientale, sia durante la produzione sia durante l'uso o lo smaltimento finale.

Obiettivo della politica ambientale europea è far sì che il miglioramento ambientale vada di pari passo con il miglioramento delle prestazioni dei prodotti e nello stesso tempo favorisca la competitività dell'industria a lungo termine.

Le linee strategiche, sviluppate in collaborazione con le imprese e i soggetti interessati, sono contenute nella Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento Europeo del

### 18.6.03 (COM(2003) 302 definitivo).

Di seguito sono elencati i 5 principi fondamentali sui quali si basa l'approccio IPP:

- ⤴ considerazione del ciclo di vita (*life-cycle thinking*) dei prodotti
- ⤴ collaborazione con il mercato (introduzione di incentivi per orientare il mercato verso soluzioni più sostenibili: in particolare, incoraggiando la domanda e l'offerta di prodotti più ecologici e premiando le imprese più innovative e impegnate a promuovere lo sviluppo sostenibile)
- ⤴ coinvolgimento delle parti interessate (incoraggiare tutti coloro che entrano in contatto con il prodotto - le industrie, i consumatori e le autorità pubbliche - ad intervenire nell'ambito della propria sfera di influenza, promuovendo la cooperazione tra le varie parti interessate)
- ⤴ miglioramento continuo (ciascun impresa può stabilire i miglioramenti in relazione al loro rapporto costo - efficacia)
- ⤴ molteplicità degli strumenti di azione (non si tratta di creare nuovi strumenti ma di attivare in modo efficace quelli già esistenti, dagli strumenti volontari a quelli normativi, dagli interventi su scala locale fino alle azioni a livello internazionale).

L'esperienza derivante dal ricorso ad alcuni strumenti di gestione ambientale ha dimostrato concretamente che, in un mondo sempre più dominato dalla concorrenza, il miglioramento ambientale effettivamente può costituire per le imprese uno strumento per aumentare la loro competitività o quella dei loro prodotti. La politica ambientale di prodotto mira, pertanto, a favorire proprio queste imprese, garantendo loro soprattutto una maggiore visibilità.

#### 2.4.6.2 Gli strumenti della Politica Integrata di Prodotto per le imprese

Le imprese hanno a disposizione diversi strumenti per controllare l'impatto ambientale delle proprie attività. Alcuni strumenti riguardano i processi di produzione (ad esempio i sistemi di gestione ambientale), mentre altri sono finalizzati a ridurre l'impatto ambientale dei prodotti realizzati (ad esempio l'analisi del ciclo di vita, l'eco-design o le certificazioni di prodotto).

Per la realizzazione dei sistemi di gestione ambientale sono stati sviluppati alcuni standard certificabili (ad esempio ISO 14.000 ed EMAS) e per la produzione di diverse categorie di prodotti i cosiddetti *marchi ecologici*.

Le principali etichette ecologiche oggi reperibili nel mercato sono:

- ⤴ **ECOLABEL**: marchio di qualità ecologica per eccellenza, nato nel 1992 con l'adozione del Regolamento europeo n. 880/92 e aggiornato con il nuovo Regolamento n. 1980 del 17 luglio 2000. E' uno strumento ad adesione volontaria che viene concesso a quei prodotti e servizi che rispettano criteri ecologici e prestazionali stabiliti a livello europeo. L'ottenimento del marchio costituisce, pertanto, un attestato di eccellenza che viene rilasciato solo a quei prodotti/servizi che hanno un ridotto impatto ambientale. I criteri sono periodicamente sottoposti a revisione e resi più restrittivi, in modo da favorire il miglioramento continuo della qualità ambientale dei prodotti e servizi.
- ⤴ **Nordic White Swan**: istituito nel 1989, è il solo marchio insieme a quello Europeo ad essere multinazionale (Svezia, Norvegia, Finlandia e Islanda). Un ente coordina i quattro consigli nazionali.

- ⤴ **Blaue Engel**: marchio tedesco istituito nel 1977, risulta fra i primi marchi ambientali e ha dato lo spunto per la realizzazione di Ecolabel.
- ⤴ **NF Environnement**: marchio francese istituito nel 1992, rispetta criteri stabiliti sulla base di una LCA completa, redatta congiuntamente da industria e autorità preposte.
- ⤴ **Stichting Milieukeur**: è il marchio dei Paesi Bassi, istituito nel 1992 su iniziativa del Ministro dell'Ambiente e dell'Economia. I criteri ecologici sono definiti sulla base di studi elaborati da parte di un istituto di ricerca specializzato. Lo schema nordico prende in considerazione solo parzialmente la LCA.
- ⤴ **Umweltzeichen Baume**: marchio austriaco istituito nel 1991 dal Ministro dell'Ambiente, della Gioventù e della Famiglia. I criteri sono applicabili a prodotti e processi manifatturieri.
- ⤴ **AENOR Medio Ambiente**: è il marchio spagnolo istituito nel 1993 dall'Associazione Spagnola di Normalizzazione e Standardizzazione (AENOR). I criteri sono stabiliti sulla base della LCA del prodotto. AENOR.
- ⤴ **El Distintiu**: è il marchio di qualità ambientale catalano istituito nel 1994.
- ⤴ **U.S. Green Seal Programme**: istituito sin dal 1989, è uno schema di etichettatura privato ma collabora strettamente con circa 100 partner ambientali, incluse molte agenzie e amministrazioni pubbliche. Lo schema viene utilizzato talvolta anche per bandi di gara.
- ⤴ **Canada Environmental Choice**: è l'etichetta canadese istituita nel 1988 e amministrata da Canadian Environment Ministry. È stata gradualmente privatizzata. Il sistema di etichettatura canadese è molto simile a quello europeo.
- ⤴ **Eco Mark**: è il sistema di etichettatura giapponese, istituito nel 1989 dalla Nippon Environment Association sotto l'egida del Ministro dell'Ambiente.
- ⤴ **Energy Star**: marchio statunitense di efficienza energetica applicabile alle apparecchiature per ufficio.
- ⤴ **Oeko – Tex standard 100**: riguardante la presenza di sostanze nocive nei prodotti tessili.
- ⤴ **FSC – Forest Stewardship Council**: riguardante la gestione sostenibile delle foreste e la relativa rintracciabilità dei prodotti.

Per quanto concerne le norme sull'applicazione dei sistemi di gestione ambientale, esse costituiscono attualmente il riferimento più efficace per l'introduzione di politiche aziendali di rispetto dell'ambiente e per il perseguimento di obiettivi di prevenzione dell'inquinamento e di tutela delle risorse naturali.

La norma **UNI EN ISO 14001** rappresenta il principale riferimento internazionale cui è possibile adeguare il proprio sistema di gestione aziendale ed ottenere, tramite un ente esterno, un certificato di conformità.

**Il Regolamento Europeo ad adesione volontaria EMAS** (CE n° 761 del 2001) garantisce che le proprie prestazioni ambientali siano verificate e convalidate oltre che da un ente privato anche da un Comitato pubblico a cui partecipano rappresentanti dei Ministeri dell'Ambiente, dell'Industria, della Sanità e del Tesoro.

L'adesione ad EMAS costituisce una sorta di "contratto", su base volontaria, che l'organizzazione che vi aderisce sottoscrive nei confronti del pubblico, circa il proprio impegno a migliorare costantemente le prestazioni ambientali.

Oltre alle certificazioni sopra descritte esistono altri strumenti a disposizione delle imprese per controllare e ridurre il proprio impatto ambientale. Tra questi sono da ricordare:



- ▲ L'**Analisi del Ciclo di Vita** (o LCA - Life Cycle Assessment) consiste in una valutazione dei flussi di materia ed energia in entrata e in uscita di un prodotto/processo/attività, considerando l'intero ciclo di vita, quindi dall'estrazione delle materie prime, alla produzione del prodotto (o erogazione del servizio), fino alla gestione dei rifiuti.

L'obiettivo generale di una LCA è quantificare gli impatti ambientali associati alle varie fasi del ciclo di vita di un sistema di prodotto/servizio, nella prospettiva di un miglioramento delle relative prestazioni ambientali.

La caratteristica fondamentale di LCA (Lavagna M., 2008) è costituita dal modo innovativo di affrontare l'analisi dei sistemi industriali: dall'approccio tipico dell'ingegneria tradizionale, che privilegia lo studio separato dei singoli elementi dei processi, si passa ad una visione globale, in cui tutti i processi che influenzano le prestazioni ambientali del sistema, compresi quelli "esterni" al sistema di prodotto vero e proprio (es: produzione di energia elettrica), sono presi in considerazione.

- ▲ La **Dichiarazione Ambientale di Prodotto**, meglio nota come EPD (Environmental Product Declaration) è uno strumento pensato per migliorare la comunicazione ambientale fra produttori da un lato (business to business), e distributori e consumatori dall'altro (business to consumers). La EPD, prevista dalle politiche ambientali comunitarie, è fondata sull'esplicito utilizzo della metodologia LCA (Life Cycle Assessment o Analisi del Ciclo di Vita), cardine attorno a cui ruota la Dichiarazione e fondamento metodologico da cui scaturisce l'oggettività delle informazioni fornite. Pur mantenendo l'attenzione al prodotto, sia esso merce o servizio, le aziende hanno la possibilità di comunicare le proprie strategie e l'impegno ad orientare la produzione nel rispetto dell'ambiente valorizzando il prodotto stesso.

La EPD è un documento con il quale si comunicano informazioni oggettive, confrontabili e credibili relative alla prestazione ambientale di prodotti e servizi. Tali informazioni hanno carattere esclusivamente informativo, non prevedendo modalità di valutazione, criteri di preferibilità o livelli minimi che la prestazione ambientale debba rispettare.

- ▲ La **progettazione con criteri ecologici** (ad esempio **eco-design**, design for environment) consiste nell'integrazione di considerazioni ambientali nella fase di progettazione (Scudo G., 2008).

Durante la progettazione del prodotto, infatti, sussistono numerosi modi per integrare pienamente considerazioni di carattere ambientale nel processo creativo. Ciò può essere realizzato, ad esempio, riducendo il numero e la quantità di materiali utilizzati, evitando l'uso di sostanze tossiche, riducendo il consumo di energia, o progettando il prodotto in modo da poter essere riciclato facilmente.

#### **2.4.6.2 Gli strumenti della Politica Integrata di Prodotto per le Pubbliche Amministrazioni: gli acquisti pubblici verdi (GPP)**

Nel quadro della Politica Integrata di Prodotto e di un approccio integrato alle politiche ambientali rivolto al miglioramento continuo della prestazione ambientale dei prodotti nel contesto dell'intero ciclo di vita (Daniotti B., 2012), si inseriscono gli Acquisti Pubblici Verdi (o GPP – Green Public Procurement).

Essi costituiscono lo strumento attraverso il quale la Pubblica Amministrazione tiene conto degli

aspetti ambientali al momento dell'acquisto di beni o servizi. Attraverso tale strumento, inoltre, *la Pubblica Amministrazione può contribuire in maniera efficace ad attuare la politica ambientale di prodotto, facendo leva su un elevato numero di imprese ed orientando così il mercato nella direzione della sostenibilità.*

Si tratta, infatti, di uno degli strumenti principali che gli Enti Locali e la Pubblica Amministrazione in genere hanno a disposizione per mettere in atto strategie di sviluppo sostenibile mirate a ridurre gli impatti ambientali dei processi di consumo e produzione.

Gli acquisti verdi favoriscono la diffusione di prodotti ecocompatibili (Grosso M., 2008) e si possono allargare a vari servizi e forniture. Adottare il GPP vuol dire anche sostenere la domanda e l'offerta ecologica: il GPP incide principalmente sulla domanda pubblica, che rappresenta il 14% del PIL nei Paesi dell'Unione Europea.

La modalità più semplice per mettere in pratica una politica di acquisti pubblici verdi è quella di fare riferimento agli standard di prodotto, agli standard di efficienza energetica ed alla presenza di un sistema di gestione ambientale certificato.

Per essere ritenuto a impatto ambientale ridotto, un prodotto/servizio deve infatti possedere almeno uno dei seguenti requisiti rispetto ad un prodotto/servizio con funzione equivalente:

- ♣ ridurre l'utilizzo delle risorse naturali
- ♣ ridurre le emissioni inquinanti in aria, acqua e/o suolo
- ♣ ridurre i rischi per l'ambiente e per la salute umana
- ♣ ridurre la produzione di rifiuti
- ♣ avere una durata di vita più estesa
- ♣ poter essere riutilizzato in una o più delle sue parti.

Le caratteristiche che rendono tale un prodotto sono i *criteri ecologici* (es.: le fibre vergini di legno per la produzione della carta e il legno per la produzione di mobili devono provenire da foreste per le quali esiste una certificazione che attesti che vengono applicati principi e misure atti a garantire una gestione sostenibile, oppure: il costruttore deve garantire, a titolo gratuito, il ritiro del prodotto per aggiornarlo o riciclarlo).

Negli ultimi anni alcune amministrazioni e gruppi di coordinamento, come il Gruppo di lavoro Acquisti verdi del Coordinamento Agende 21 Locali Italiane, hanno operato per la diffusione degli strumenti del GPP nelle amministrazioni pubbliche, pubblicando manuali per i tecnici ed amministratori, contenenti liste di criteri ambientali per categorie di prodotti, e indicando metodologie di approccio e sviluppo. Di seguito è riportata quella proposta da Regione Lombardia, denominata "Un percorso metodologico per gli Appalti Verdi".

#### 1. Chi e cosa acquista

*Obiettivo:* Conoscere chi acquista e cosa viene acquistato all'interno dell'ente locale.

Per costruire un quadro completo della situazione di partenza l'ente locale può utilizzare:

- ♣ una checklist per definire la struttura che attualmente acquista beni e servizi all'interno del Comune
- ♣ una checklist di dettaglio delle attività per analizzare gli acquisti di beni e servizi
- ♣ una checklist di analisi dei bandi di gara dei contratti realizzati e previsti.

## 2. Definire gli obiettivi ambientali

*Obiettivo:* Definire gli obiettivi di politica ambientale all'interno dell'ente.

Scopo del GPP è ridurre l'impronta ecologica della Pubblica Amministrazione, ovvero:

- ⤴ Ridurre l'utilizzo delle risorse naturali, di materia ed energia
- ⤴ Ridurre le emissioni inquinanti in aria, acqua e suolo
- ⤴ Ridurre i rischi per l'ambiente e per la salute umana
- ⤴ Ridurre la produzione di rifiuti.

A tale scopo ci si può avvalere di una check list della politica ambientale e di un albero degli obiettivi che riporta il quadro degli obiettivi di politica ambientale dell'ente.

## 3. Accogliere gli obiettivi ambientali

*Obiettivo:* Approvare formalmente gli obiettivi ambientali in un documento del Comune.

L'ente è in grado di definire una propria politica in materia di acquisti e di inserirla ufficialmente tra le altre politiche e strategie; a titolo esemplificativo si fornisce uno schema di delibera degli appalti di lavori, forniture e servizi.

## 4. Delimitare il campo d'intervento del Gpp

*Obiettivo:* Individuare, sulla base degli acquisti e degli obiettivi, gli acquisti nei quali introdurre i Criteri Ecologici.

Definite le attività e gli obiettivi di politica ambientale dell'ente, è necessario esaminare gli aspetti ambientali dei prodotti lungo il ciclo vita ed individuare le aree prioritarie di intervento del Piano d'Azione, utilizzando i seguenti strumenti:

- ⤴ matrice di identificazione degli effetti ambientali di beni e servizi
- ⤴ matrice di valutazione degli effetti ambientali di beni e servizi.

## 5. Definire un Piano d'Azione del GPP

*Obiettivo:* Definire ed approvare un Piano d'Azione del GPP, che individui obiettivi, scadenze ed azioni.

Al fine di definire gli obiettivi ed i tempi di attuazione si può redigere una scheda d'azione, da approvarsi con una specifica Delibera per il Piano d'Azione del GPP da parte dell'ente locale.

## 6. Introdurre i criteri ecologici

*Obiettivo:* definire ed approvare un Piano d'Azione del GPP, che individui obiettivi, scadenze ed azioni.

Per gli enti locali è preferibile utilizzare i criteri ecologici elaborati in ambito comunitario per l'assegnazione dell'Ecolabel, data la crescente diffusione del marchio e la facilità nell'ottenere informazioni sullo stesso sia da parte dei fornitori che dei consumatori. Esistono inoltre anche altri schemi di etichettatura a cui poter fare riferimento.

### **2.4.6.3 GPP in edilizia**

Già nell'anno 2003 la Commissione Europea aveva invitato gli Stati Membri ad adottare dei Piani d'azione nazionali (PAN) sul GPP. L'Italia aveva provveduto con l'emanazione del Decreto interministeriale del 11 aprile 2008, n. 135, che fissava l'obiettivo del 30% di penetrazione degli acquisti verdi entro il 2009 per una serie di soggetti, tra cui province e comuni oltre i 15.000 abitanti.

Il Piano prevede l'emanazione dei criteri minimi per undici categorie merceologiche individuate

dalla Legge n. 296/2006, art. 1, commi 1126, 1127 e 1128, ovvero nello specifico: arredi, *edilizia*, gestione dei rifiuti, servizi urbani e al territorio, servizi energetici, elettronica, prodotti tessili e calzature, cancelleria, ristorazione, *servizi di gestione degli edifici*, trasporti.

E' possibile definire "criteri minimi" (CAM) quegli elementi di base per poter qualificare come verdi le procedure d'acquisto. Sono, in pratica, delle "indicazioni tecniche" collegate alle diverse fasi delle procedure d'acquisto, ovvero: oggetto dell'appalto, selezione dei candidati, specifiche tecniche (obbligatorie), criteri premianti (punteggi ponderativi) e condizioni di esecuzione dell'appalto.

Il primo provvedimento attuativo ad essere stato emanato è il DM del 12 ottobre 2009, concernente "Criteri ambientali minimi per l'acquisto di ammendanti e per l'acquisto di carta in risme da parte della Pubblica Amministrazione".

Si tratta peraltro di strumento volontario, in base al quale la pubblica amministrazione può integrare i cosiddetti criteri ambientali in tutte le varie fasi del processo di acquisto.

Riguardo ai prodotti che sotto l'aspetto ambientale possono essere preferiti rispetto ad altri sono date delle indicazioni di massima, ossia è previsto che:

- ⤴ Consumino meno energia possibile
- ⤴ Siano costituiti da materiali riciclati
- ⤴ Non contengano sostanze nocive
- ⤴ Derivino da processi produttivi meno impattanti, il cui volume sia ridotto e infine che siano di facile riciclo.

Ad oggi, risultano stati fissati criteri ambientali minimi per i prodotti appartenenti alle seguenti categorie merceologiche:

- ⤴ Carta per copie e ammendanti (DM 12/10/2009 G.U. n.269 del 9.11.2009. (Nuovo DM in via di pubblicazione)
- ⤴ Arredi, IT, tessili, apparati di illuminazione pubblica (DM 25/2/2011, G.U. n.64 del 19/3/2011)
- ⤴ Ristorazione collettiva, serramenti esterni (materiali costruzione) (DM 25/7/2011) G.U. n. 220 del 21.9.2011)
- ⤴ Servizi energetici per gli edifici (DM 7/3/2012 G.U. n.74 del 28/3/2012)
- ⤴ Acquisizione veicoli per il trasporto su strada (DM 8/5/2012)
- ⤴ Servizi e prodotti di pulizia (DM 24/5/2012)
- ⤴ Guida per l'integrazione dei criteri sociali negli appalti pubblici (DM 6/6/2012).

I nuovi criteri ambientali minimi in via di definizione da parte del Ministero dell'Ambiente, della Tutela del territorio e del mare riguardano:

- ⤴ Costruzione e manutenzione di strade
- ⤴ Costruzione e manutenzione edifici
- ⤴ Arredo urbano e parchi e giardini
- ⤴ Servizio gestione rifiuti urbani
- ⤴ Revisione dei CAM già adottati (ammendanti, IT, illuminazione pubblica).

Tuttavia, per completare il processo, oltre alle disposizioni di legge, occorre mettere in campo una serie di azioni da parte di tutti i soggetti interessati (Riccardo Rifici, Ministero dell'Ambiente, della Tutela del territorio e del mare, 2012):

- ⤴ È necessario rafforzare la sinergia fra le diverse attività della PA ed i settori produttivi
- ⤴ È necessario rendere obbligatori alcuni CAM
- ⤴ È necessario superare la logica del prezzo più basso passando a quella del LCC

- ⤴ È necessaria una riflessione sulle politiche di acquisto della PA, in modo da tener conto della struttura produttiva nazionale.

In ogni caso, le amministrazioni che intendano attuare dei processi di appalti verdi, anche nell'ambito dei contratti di servizi e lavori edili, possono sin dal 2006 avvalersi dei margini dati dal D.Lgs. 12.4.2006, n. 163 (Codice degli appalti) (Fig. 2.370), che, recependo la direttiva 2004/18/CE, fornisce una serie di indicazioni a favore della selezione di soggetti e prodotti, in funzione di obiettivi di qualità.

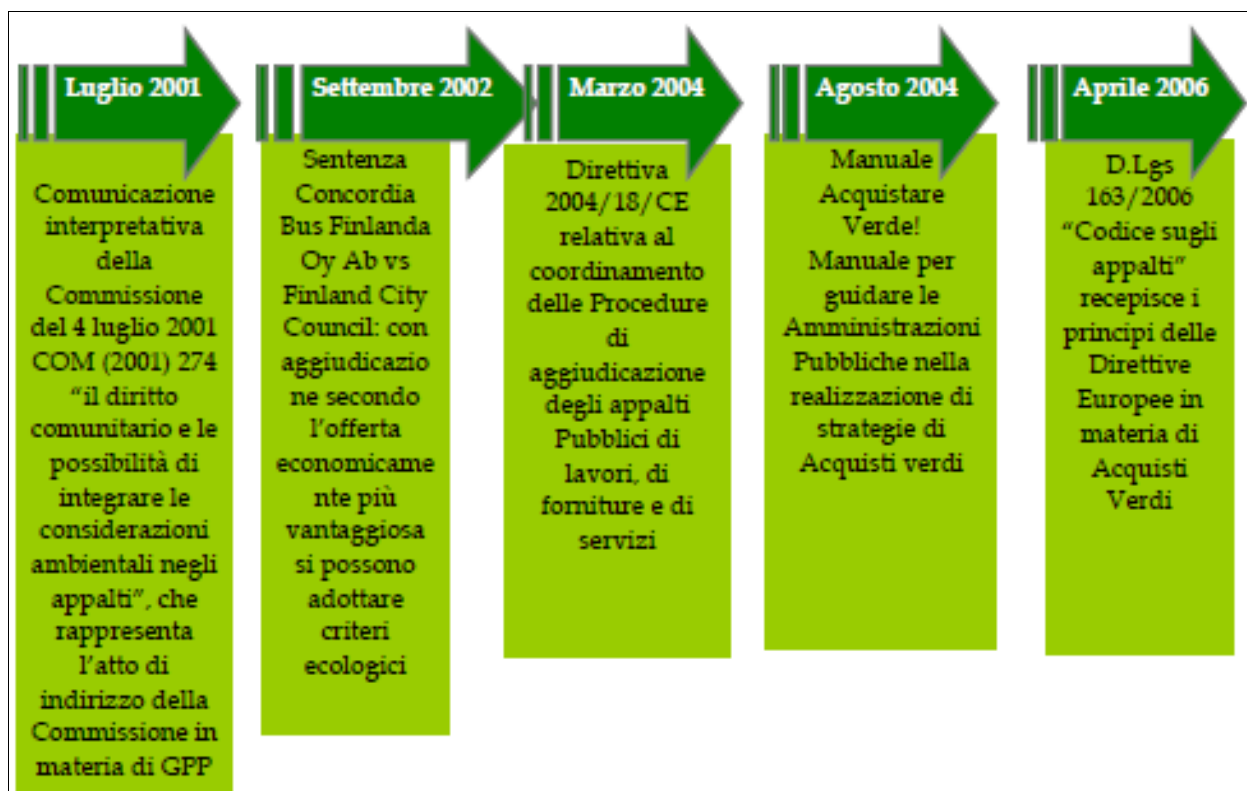


Fig. 2.370 - Le tappe fondamentali della normativa sul GPP a livello internazionale e italiano (Provincia di Milano, Linee guida per gli acquisti verdi, 2006)

Nel codice degli appalti, sono esplicitamente indicati i sistemi di qualità ambientale aziendale e nei bandi di appalto le amministrazioni possono inserire criteri di preferibilità, in ogni caso oggettivi. Il modo più semplice per valutare che un prodotto o un servizio posseggano caratteristiche di preferibilità ambientale (Tab. 2.14) è quello di riferirsi ai criteri ecologici stabiliti dalle etichette ecologiche o alle prestazioni richieste dai sistemi di gestione ambientale.

Tab. 2.14 - Requisiti di preferibilità ambientale che possono essere introdotti nei bandi pubblici (fonte: Provincia di Milano, Linee guida per gli acquisti verdi, 2006)

<b>Articoli D. Lgs. 163/2006 (Codice degli appalti)</b>	<b>Requisiti di preferibilità ambientale</b>
<b>Art. 42 - Capacità tecniche e professionali</b>	Si può richiedere di specificare quali misure di gestione ambientale l'operatore potrà applicare durante l'appalto (per appalti di lavori e servizi e unicamente nei casi appropriati)
<b>Articolo 44 - Norme di gestione ambientale</b>	Si può inserire il riferimento al "sistema di gestione ambientale" per stabilire capacità tecniche e professionali dell'operatore economico (per appalti di lavori e servizi e unicamente nei casi appropriati)
<b>Articolo 68 – Specifiche tecniche</b>	Si possono inserire caratteristiche ambientali in termini di prestazioni o di requisiti funzionali facendo riferimento ad eco-etichettature se: appropriate all'oggetto dell'appalto; elaborate con criteri scientifici; adottate con il coinvolgimento delle parti interessate; accessibili alle parti interessate
<b>Articolo 69 - Condizioni particolari di esecuzione del contratto prescritte nel bando o nell'invito</b>	Si possono integrare considerazioni ambientali e sociali nell'ambito delle condizioni di esecuzione dell'appalto
<b>Articolo 83 - Criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa</b>	Quando il contratto è affidato con il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa tra i criteri di valutazione si può far riferimento anche alle caratteristiche ambientali

#### 2.4.6.4 E-Procurement

Con la direttiva 2004/18/CE, oggi recepita dal D.Lgs. 12.4.2006, n. 163, il Legislatore comunitario ha dato un nuovo impulso al sistema di e-procurement pubblico, il quale consente alle Pubbliche Amministrazioni di provvedere all'approvvigionamento di beni e di servizi mediante l'utilizzo di strumenti tecnologici avanzati per la scelta del contraente nel rispetto dei principi di evidenza pubblica. La suddetta direttiva ammette in via definitiva il ricorso ai mezzi elettronici per tutte le comunicazioni, gli scambi e le archiviazioni di informazioni nell'ambito delle procedure di aggiudicazione degli appalti pubblici, giungendo fino ad equipararli ai tradizionali mezzi di comunicazione.

L'utilizzabilità degli strumenti di comunicazione elettronica non è, peraltro, stata introdotta in via generalizzata, per quanto si registri una diffusione crescente nelle amministrazioni pubbliche. Inoltre, sono ancora poche centinaia gli che Enti utilizzano in modo sapiente tutti gli strumenti (mercati elettronici, negozi online, cataloghi, gare/aste elettroniche), come risulta dalle analisi svolte dall'Osservatorio di eProcurement nella PA, nato nel 2005 con la missione ultima di supportare un più veloce ed efficace processo di diffusione dell'eProcurement a favore dell'innovazione ed efficienza nella PA italiana e studiando anche il processo decisionale che governa l'introduzione di questi nuovi strumenti (Fig. 2.371).

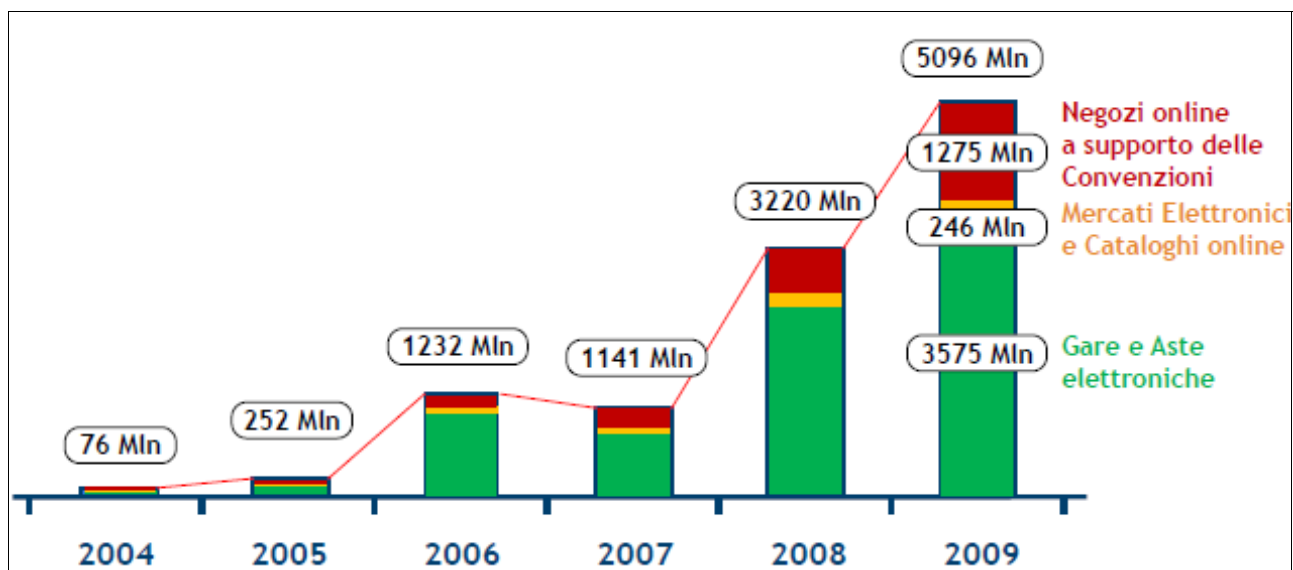


Fig. 2.371 - Trend di sviluppo degli strumenti elettronici per il procurement delle pubbliche amministrazioni (Calabria G., Gestire in maniera innovativa gli acquisti della P.A.: l'eProcurement e le opportunità per il Sistema Paese, 5 giugno 2012, Politecnico di Milano)

Anche l'utilizzo dei negozi online a supporto delle convenzioni cresce, spinto soprattutto dal ruolo delle centrali di acquisto regionali ed il potenziale di crescita è ancora molto elevato, se si considera che con i negozi online è possibile fare anche acquisti sopra soglia.

I vantaggi dell'impiego del eProcurement per le pubbliche amministrazioni sono molteplici.

Le gare e le aste elettroniche consentono, infatti, di:

- ▲ ottenere importanti risparmi sul prezzo di acquisto (tra 10% e 15%)
- ▲ incrementare l'efficienza del processo (riducendo del 30% - 40% i tempi legati per le procedure)
- ▲ aumentare l'efficacia del processo, con incremento di trasparenza e riduzioni contenziosi.

Le criticità sono invece legate a necessità di sviluppare competenze specifiche per efficaci strategie di gara e a resistenze culturali, dal lato sia degli Enti sia dei fornitori.

I mercati elettronici portano:

- ▲ riduzione dei prezzi di acquisto (con le RdO)
- ▲ un utile strumento di benchmark per la PA
- ▲ più efficienza nella gestione di piccoli acquisti (affidamenti diretti, cottimi fiduciari e trattative private multiple), con tempo risparmiato tra 30% e 60% (con picchi di 80%).

Tra le criticità si annoverano:

- ▲ limitatezza dell'offerta (mancanza di prodotti e categorie merceologiche, MA indice di un interesse nell'uso dello strumento)
- ▲ percezione di prezzi non sempre competitivi (se non ulteriormente negoziati con le RdO).

Il principale beneficio dei negozi online è quello di attivare con facilità un ordine da Convenzione, riducendo il carico di lavoro dell'Ufficio Acquisti. L'accesso facilitato alle Convenzioni consente di:

- ▲ sfruttare economie di scala molto significative accorpando fabbisogni di più Enti
- ▲ evitare procedure di gara ad hoc (anche per acquisti sopra soglia europea).

Di contro, le principali criticità comprendono:

- ▲ offerta ancora limitata
- ▲ la difficoltà di discernere se affidarsi a una convenzione o a una gara ad hoc.

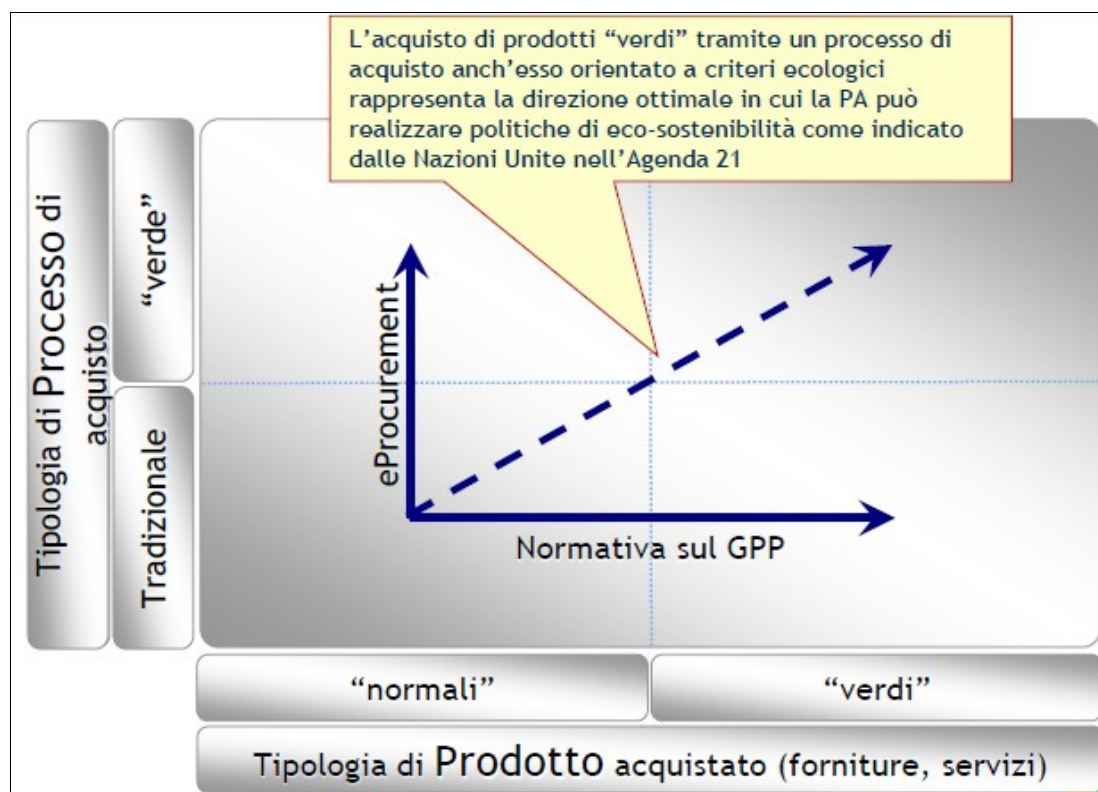


Fig. 2.372 - L'eProcurement offre opportunità anche al green public procurement

La normativa in materia di GPP pone l'accento sull'approvvigionamento di un Prodotto "verde", ma anche il Processo di acquisto merita attenzione; l'utilizzo di strumenti elettronici a supporto degli acquisti può avere due effetti benefici, il primo dovuto al minore utilizzo di carta ed alla riduzione dei consumi di energia (ad es. a causa dei minori spostamenti), il secondo connesso alla possibilità di realizzare, tramite le tecnologie, un efficace controllo della spesa che razionalizzi gli acquisti minimizzando gli sprechi (Calabria G., 2012).

Ciò a cominciare dalla riduzione della produzione di CO<sub>2</sub>, dovuta alla smaterializzazione dei processi e al taglio degli sprechi di materiali (Fig. 2.372).

#### 2.4.6.5 Pre-commercial procurement

Con la Comunicazione al Parlamento, al Consiglio, alla Comitato europeo economico e sociale e al Comitato delle Regioni COM(2007) 799 del 14/12/2007 sul pre-commercial procurement, complementare alla precedente Guida sul public procurement di prodotti, lavori e servizi innovativi, la Commissione Europea ha inteso dare impulso alla modernizzazione dei servizi pubblici tramite investimenti in ricerca e sviluppo.

Lo strumento è basato sul principio che i servizi di R&S possano essere forniti in un modo che applica una condivisione di rischi e benefici tra appaltanti e appaltatori ma che non costituisce aiuto di Stato. Inoltre, lo scopo è di aiutare le amministrazioni pubbliche ad impiegare i risultati della ricerca per ottenere un valore aggiunto immediato e allo stesso tempo ridurre i tempi tra le innovazioni e l'immissione nel mercato, particolarmente importante per la competitività dei settori a veloce cambiamento tecnologico.



Il pre-commercial procurement si applica ai contratti esclusi dal D.Lgs. 163/2006, secondo quanto disposto dall'art. 19 "Contratti di servizi esclusi", ovvero contratti "concernenti servizi di ricerca e sviluppo diversi da quelli i cui risultati appartengono esclusivamente alla stazione appaltante, perché li usi nell'esercizio della sua attività, a condizione che la prestazione del servizio sia interamente retribuita da tale amministrazione".

A norma della Comunicazione della Commissione Europea, oggetto dell'appalto pre-commerciale sono i prototipi di beni e servizi non ancora sul mercato (realizzati con attività di R&S e innovazione). Il prezzo pagato deve essere inferiore al valore della prestazione fornita. La proprietà dei risultati: deve essere condivisa tra stazione appaltante e ditta aggiudicataria. La modalità di acquisizione consiste in una procedura a più stadi, con la garanzia di una pluralità di aggiudicatari per ognuno di essi (Fig. 2.373).

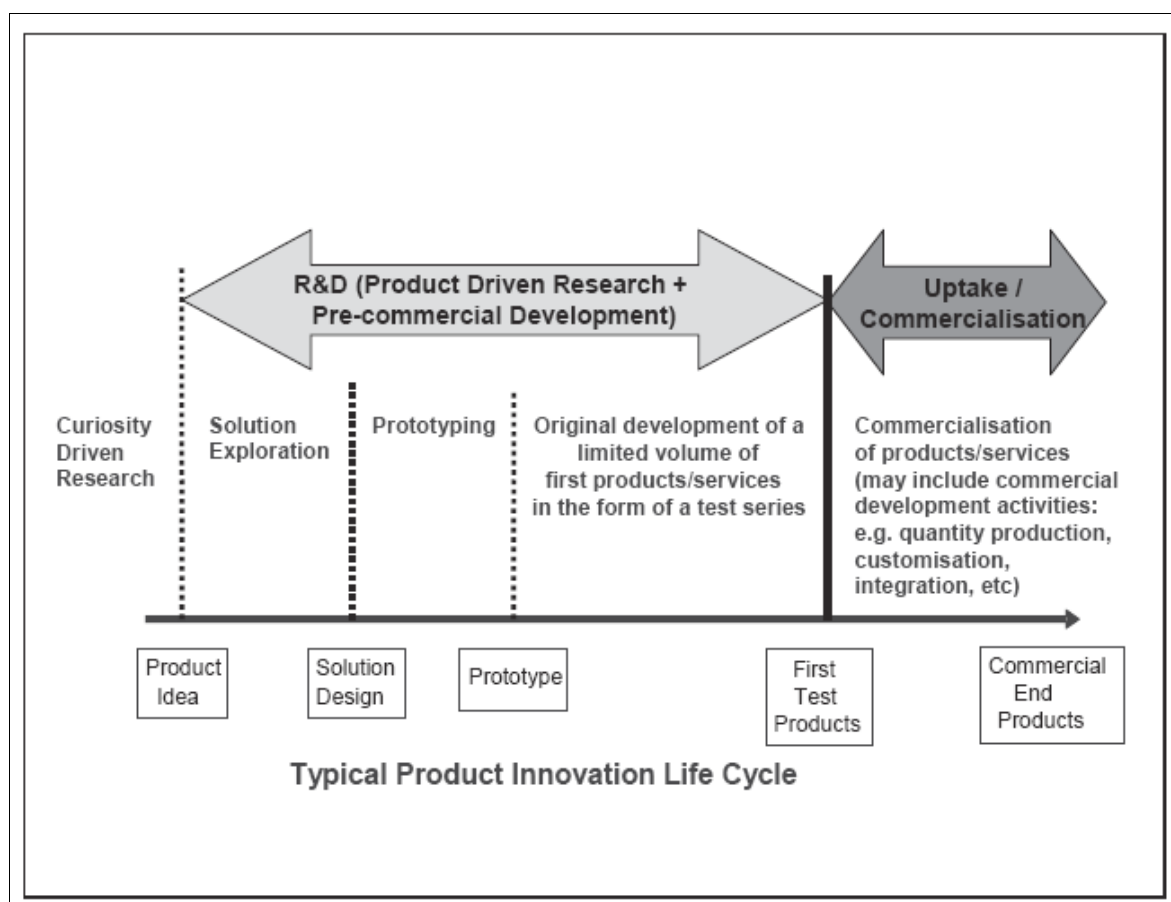


Fig. 2.373 - Tipico ciclo di vita dell'innovazione di prodotto. Fonte: COM(2007) 799 del 14/12/2007

Una procedura di pre-commercial procurement è realizzabile per un ente se sono soddisfatte le seguenti condizioni (Molinari, F., 2012):

- ▲ assenza di applicazioni predefinite sul mercato (prodotti / servizi / tecnologie)
- ▲ elevato numero di fornitori già attivi e di soluzioni già poste in essere in situazioni affini o analoghe alla propria (Fig. 2.374)
- ▲ è possibile definire con precisione i fabbisogni da soddisfare e le metriche con cui può essere valutata la prestazione

- ⤴ esiste solo un problema da risolvere, esclusivo o comune ad altri enti, ma non sono chiari il percorso, i costi e i tempi per la sua soluzione.

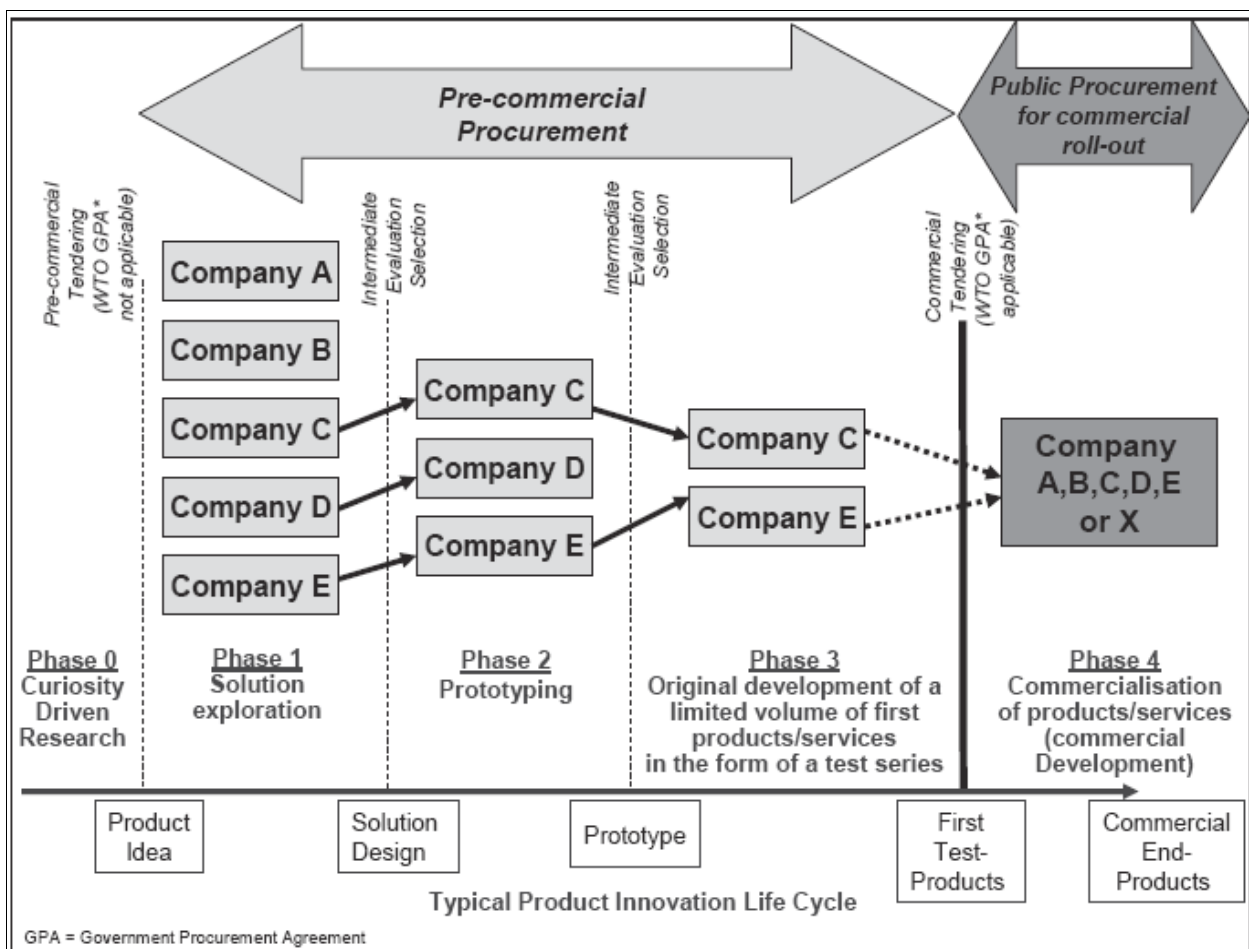


Fig. 2.374 - Fasi del processo di pre-commercial procurement all'interno di un tipico ciclo di vita dell'innovazione di prodotto. Fonte: COM(2007) 799 del 14/12/2007

I principi di base sono:

- ⤴ separazione tra fase di R&S e commercializzazione dei prodotti/servizi: il PCP si applica solo nella prima fase
- ⤴ specifiche funzionali in luogo delle descrizioni dei prodotti: non essendo chiaro l'oggetto, ma solo il bisogno che soddisfa
- ⤴ trasparenza e competizione: per quanto non si applichino le regole del GPA, è comunque necessario aprire il PCP alla partecipazione di più imprese concorrenti
- ⤴ apertura e non discriminazione: il PCP prevede il mantenimento in gara di almeno due imprese per ogni stadio
- ⤴ prezzi di mercato: gli acquisti di beni e servizi di R&S non devono generare extra profitti per i fornitori, altrimenti costituiscono aiuti di stato non autorizzati
- ⤴ condivisione dei rischi e dei benefici: il fornitore privato rinuncia all'esclusività dei diritti di sfruttamento, anche se è libero di proseguire autonomamente il percorso di innovazione; l'acquirente pubblico mette a disposizione i risultati di una platea più vasta di concorrenti, per agevolare gli stadi successivi del processo.

Le esperienze finora svolte in Europa hanno messo in evidenza una maggiore finalizzazione degli investimenti; la possibilità di svolgere un "servizio al territorio" nella formulazione dei fabbisogni, anche di parte pubblica, e nella valutazione degli esiti della sperimentazione dei prototipi; l'integrazione di un "cofinanziamento di parte privata" per la realizzazione degli obiettivi, l'eventuale integrazione di "gruppi d'acquisto" (ad es. più comuni associati) e/o "gruppi di interesse" (per la successiva adozione nella fase di mercato); effetti moltiplicativi e di sistema; piccola dimensione finanziaria, basso rischio tecnico nella sperimentazione ma elevato impatto innovativo e sui servizi in caso di buon fine del pilota; integrazione e diffusione di capacità tecniche delle stazioni appaltanti.

## 2.5 Conclusioni sullo stato dell'arte

---

La letteratura analizzata ha evidenziato due livelli di input allo sviluppo della tesi:

- ▲ Necessità di un approccio di sistema, che veda l'edificio non più come elemento isolato ma relazionato al contesto, intendendo per contesto non solo l'ambiente in generale, ma anche il suo territorio fisico e l'ambiente costruito di cui fa parte.
- ▲ Esempi virtuosi di approccio al tema dello sviluppo sostenibile che relaziona il livello dell'edificio con quello del territorio, alle diverse scale, mutuati da esperienze di ricerca, di progetto e costruzione coordinate in prevalenza da autorità locali
- ▲ Piani, programmi, regolamenti, strumenti legislativi e normativi, modelli di management, che costituiscono il "framework" in cui si inquadra l'oggetto della tesi, dalla scala territoriale alla scala di prodotto e di processo.

La letteratura su sintetizzata costituisce la base per lo sviluppo della metodologia.

Di seguito, vengono riassunti, criticamente, i principali contenuti degli strumenti legislativi e normativi, le cui assunzioni e indicazioni costituiscono gli input strategici per la costruzione della procedura oggetto della tesi.

Alla fine del paragrafo sono evidenziate le questioni aperte, cui la presente ricerca intende fornire una possibile risposta.

### *1. Agenda 21 e programmi locali di sviluppo sostenibile*

Dell'articolato programma di azione steso nella Conferenza di Rio del 1992, che è stato declinato a vari livelli, resta un vasto repertorio di sperimentazione a livello mondiale. Molti Comuni italiani hanno aderito anche alla Carta di Aalborg, prodotta nella Conferenza europea sulle città sostenibili. Per quanto l'incidenza delle attività di livello locale che hanno definito un Piano di Azione è stata scarsa, nelle realtà territoriali in cui è stato sperimentato un percorso "Agenda 21" si è affermata la cultura della sostenibilità e la capacità di pianificare azioni orientate allo sviluppo sostenibile. Il Patto dei Sindaci, che in Italia sta riscuotendo molte adesioni, recupera e valorizza queste potenzialità. In esso la pianificazione urbana e il processo edilizio sono parte di un approccio multidisciplinare coordinato e integrato.

### *2. Protocollo di Kyoto*

Insieme al successivo pacchetto fissa i limiti cogenti, e i drivers di sviluppo cui tutti i processi produttivi, compreso quello edilizio, devono convergere. La produzione di energia da fonti

rinnovabili e la riduzione delle emissioni impongono la scelta di talune tecnologie rispetto alle tradizionali.

### 3. EPBD

Se da un lato indica target di efficienza energetica sempre più stringenti (ZeroEnergy), imponendo un ruolo di esempio alle Pubbliche Amministrazioni, dall'altro l'Unione Europea cerca di accompagnare i Paesi Membri verso la conversione del parco edilizio, introducendo gli "optimal costs". Dallo stato di attuazione della precedente direttiva, emergono buone e best practices da parte soprattutto degli Stati Membri più attivi (Germania, Austria, Danimarca, ecc). I Paesi dell'Europa centrale e del Nord sono anche quelli che hanno sviluppato tecnologie e strategie più spinte grazie all'adozione dello Standard Passivhaus e sotto la spinta dei maggiori costi della maggiore quantità di energia consumata, per ovvi motivi climatici.

L'implementazione della EPBD ha importanti implicazioni anche a livello di mercato, sia per il suo ruolo di leva attraverso la certificazione energetica, sia per le posizioni di leadership che alcuni Paesi hanno già guadagnato nei settori della produzione di componenti e tecnologie sia in quello immobiliare. Tra i limiti riscontrati, i frequenti discostamenti tra i consumi stimati in fase previsionale e quelli effettivi misurati in fase d'uso.

### 3. Norma ISO sulla Service Life

L'approccio Service Life descritto nelle ISO 15686:2002 è strettamente collegato al LCA (Life Cycle Assessment) per la sua estensione alla vita (Daniotti B., 2012) dell'edificio, pertanto imprescindibile da una dimensione temporale, che orienta la progettazione ad una "Perspective vision". Ma è strettamente legato anche al LCC (Life Cycle Cost), in quanto fortemente dipendente dai processi di produzione industriale e dai loro rapporti con il mercato.

Ed infatti è proprio per ragioni di costo che l'approccio Service Life è ritenuto fondamentale in una gestione consapevole e responsabile del processo edilizio. L'esperienza nel settore ha dimostrato che l'assenza di scelte attente sotto questi aspetti in fase di progettazione, per gli elevati "rischi tecnici", viene pagata successivamente dal proprietario dell'immobile, in alti costi gestionali, oltre che dall'utenza, come prima si è accennato, in termini di riduzione negli anni della qualità della fruizione. Un approccio, pertanto, che va anche oltre il trinomio Tempi/Costi/Qualità riferito solitamente alla fase di progettazione, estendendosi a tutte e tre le fasi canoniche del processo edilizio: progettazione/costruzione/gestione.

### 4. Norma UNI sulla qualità in edilizia

La Norma 10838:1999, in particolare riguardo al processo edilizio e alle differenti classi di qualità, ai requisiti e prestazioni, resta un caposaldo per l'analisi e valutazione di un processo edilizio e l'introduzione in esso di istanze tecniche e tecnologiche derivanti dal continuo miglioramento, nonché dall'evoluzione delle esigenze e delle relative risposte, come lo sono quelle ambientali ed energetiche.

### 5. Norme ISO, CEN e UNI sulla sostenibilità dei lavori di costruzione

Gli standard armonizzati per la valutazione della sostenibilità si sono sviluppati soprattutto negli ultimi 5 anni, con lo scopo di fissare dei punti di riferimento condivisi nei diversi contesti (internazionale, europeo, nazionale): terminologia, linee guida, frameworks, indicatori di sostenibilità, requisiti minimi delle dichiarazioni ambientali di prodotto, metodologie di calcolo delle prestazioni ambientali nella costruzione di edifici e di opere civili. I lavori in corso nei tavoli dei gruppi nazionali e internazionali sono dedicati allo sviluppo dei metodi di calcolo delle prestazioni ambientali, sociali ed economiche, revisionando gli standard meno recenti ed

estendendo i confini dell'edificio al contesto. Il nuovo approccio, che si configura sempre più come multi-scala, si è avviato con i lavori preparatori di un nuovo standard per la valutazione della sostenibilità delle opere civili, l'estensione della metodologia di calcolo anche a complessi / gruppi di edifici e l'introduzione di nuovi indicatori di collegamento tra l'edificio e il contesto urbano e territoriale legati all'uso del suolo.

Tra i limiti degli standard attualmente pubblicati, una visione che sembrerebbe un pò sbilanciata verso gli operatori del mercato delle costruzioni, essi stessi membri dei gruppi e poco influenzata dagli sviluppi della ricerca accademica, comunitaria e statale. Tra le maggiori potenzialità, l'effetto traino direttamente sull'industria dell'approccio sostenibile alla gestione del processo edilizio. Ma anche, invocata da più parti, la possibilità di fornire un importante contributo all'integrazione di direttive comunitarie, come quelle dell'Ecodesign, tutte orientate alla riduzione del consumo delle risorse e all'ottimizzazione dei processi produttivi in chiave energetica-ambientale.

#### *6. Metodi semplificati di valutazione della sostenibilità a scala dell'edificio (Leed, Itaca, Dngb, Breeam) e urbana (Casbee, Dgnb)*

La necessità di misurare e confrontare edifici sotto gli aspetti della sostenibilità legata ai consumi energetici e delle risorse e l'assenza di standard armonizzati ha generato, a livello per lo più nazionale, un vasto numero di sistemi di rating. Incentrati su tipicità nei processi edilizi, dell'uso di materiali e tradizioni costruttive locali, per quanto alcuni di essi siano stati adattati anche ad altre realtà geografiche, nati da approcci anche molto diversi tra loro, presentano limiti oggettivi.

Eccessivamente semplificati alcuni, molto sofisticati altri e pertanto poco pratici nel reperimento dei dati per l'aggregazione in numerosi indicatori, talvolta poco adattabili a talune realtà territoriali, hanno da una parte il merito di aver contribuito all'innescò di un meccanismo virtuoso tendente al miglioramento continuo degli standard medi di costruzione. Dall'altra iniziano a catalizzare pressioni da parte dei progettisti e dei committenti, che sottolineano l'eccessiva frammentarietà di approccio e taluni aspetti legati a politiche di marketing, vista la fin troppo vasta offerta di mercato. Nell'ottica dell'armonizzazione e dell'applicabilità delle metodologie, attraverso la semplificazione in quantità e il potenziamento della qualità degli indicatori, sono nate iniziative comuni tra i detentori dei marchi, come SBA (Sustainable Building Alliance) e OpenHouse.

#### *7. LCA e rapporto con i protocolli*

Il Life Cycle Assessment (Valutazione del Ciclo di Vita) (Lavagna M., 2008) rappresenta il principale strumento operativo del "Life Cycle Thinking". Il metodo oggettivo di valutazione e quantificazione dei carichi energetici ed ambientali e degli impatti potenziali associati ad un prodotto/processo/attività lungo l'intero ciclo di vita (Daniotti B., 2012), dall'acquisizione delle materie prime al fine vita, è quello definito dalla norma ISO 14040.

Se la grande potenzialità di questo metodo è il contributo innovativo fornito alla IPP (Politica Integrata di Prodotto) comunitaria, attraverso la responsabilizzazione degli operatori di tutto il processo edilizio, la disponibilità ancora bassa di banche dati nazionali e la grande attenzione che l'interpretazione dei risultati richiede, ne costituiscono i maggiori limiti. L'integrazione nei e con i protocolli di valutazione ne rappresenta invece la sua valorizzazione come contributo alla gestione della sostenibilità nel processo edilizio.

#### *8. VIA e VAS - Valutazione d'impatto ambientale di piani e progetti*

Nata 50 anni fa come procedura tecnico-amministrativa a supporto delle decisioni su piani e progetti, dalle teorie e tecniche dell'estimo e dell'economia urbana, la VIA ha al suo attivo un corposo bilancio di applicazioni, in Italia e all'estero. La multi-disciplinarietà e l'inter-disciplinarietà sono i precursori di quello che oggi si chiama "approccio olistico". L'approccio previsionale ha

contribuito allo sviluppo delle più attuali ricerche che vedono al centro la costruzione di scenari negli e degli ambiti urbani, e conseguenti impatti ambientali sul territorio circostante. Anche l'inclusione nella metodologia della fase del monitoraggio, l'impiego dell'analisi costi-benefici, dei metodi multi-criteria e l'uso di criteri/indicatori/dati rendono particolarmente interessante lo studio di possibili sovrapposizioni / analogie / trasferimenti di risultati con le metodologie attuali per la valutazione della sostenibilità del processo edilizio. La Valutazione Ambientale Strategica è più recente e più complessa per tutte le implicazioni ambientali e sociali sottese. Comprendendo fasi e modalità che prevedono la partecipazione del pubblico e soggetti esterni da quelli preposti alla progettazione urbanistica, interagisce con i nuovi modelli di governance, per cui contempla una visione aperta e innovativa di gestione del processo.

#### *9. CPR Regolamento (UE) N. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio*

Dopo venti anni di applicazione della Direttiva 89/106/CEE del Consiglio per la commercializzazione dei prodotti da costruzione, il Regolamento (UE) N. 305/2011 del Parlamento Europeo e del Consiglio del 9 marzo 2011 fissa nuove condizioni armonizzate, tra cui: definizione di un linguaggio comune, responsabilità maggiori da parte di chi accetta e installa il prodotto, ma anche degli Stati sulla vigilanza del mercato, attenzione alle piccole imprese, garanzia nel tempo delle caratteristiche essenziali, e un settimo requisito essenziale, quello della sostenibilità. L'uso sostenibile delle risorse dal prodotto all'organismo edilizio, lungo tutto il ciclo di vita (Daniotti B., 2012) sarà normato nei prossimi anni dalla Commissione che ha dato mandato al CEN per definire i comuni standard di riferimento. L'indicazione di tale approccio e l'abbandono della presunzione di conformità a favore di maggiori responsabilità affidate al progettista e direttore dei lavori in termini di rispondenza prestazionale del prodotto edilizio ai requisiti, contribuiscono allo sviluppo dei metodi di gestione della sostenibilità di tipo trasversale a materiali, prodotti, opera edilizia, ambiente.

Ancora oggi, l'approccio alla costruzione di nuovi edifici e all'intervento sull'esistente risente del diffuso limite della autoreferenzialità dell'edificio, inteso come manufatto isolato e con pochi o nulli scambi con l'esterno.

In realtà, come evidenziato da più parti del settore delle costruzioni (autorità pubbliche, comunità scientifica, utenza) è sempre più richiesto un approccio alla sostenibilità nei lavori di costruzione che consideri l'edificio, per quanto concerne i suoi impatti e prestazioni, non più solo limitato ai propri confini fisici. Bensì, è necessario operare in una nuova prospettiva, che lo ponga in relazione, costante e lungo tutto il suo ciclo di vita (Daniotti B., 2012), con il suo contesto, intendendo per contesto non solo l'ambiente in generale come nella attuale prassi, ma anche il suo territorio fisico e l'ambiente costruito di cui fa parte. Sussistono, in altre parole, delle pressioni dall'edificio sul territorio, ma anche dal territorio sull'edificio, che non si possono non considerare in un approccio sistemico alla sostenibilità.

La letteratura mostra in vari contesti europei, anche quello italiano, la presenza di buone pratiche, già realizzate in ambito urbano, di edifici progettati e costruiti in una ottica di sostenibilità di quartiere ed urbana. Purtroppo, però, si tratta di esempi virtuosi ma isolati.

Per l'organizzazione del settore, la necessità di un approccio di sistema, che attivi committenze, progettisti, imprese di costruzione e servizi, produttori e risorse in un'unica direzione, può trovare risposta solo con l'individuazione e diffusione di nuovi modelli, nuovi strumenti e nuove prassi, basati però su assunzioni, criteri e metodologie il più possibile condivisi.

Non si può peraltro prescindere, data la natura e la complessità della materia, da un approccio, oltre che multi-scala, anche multi- ed inter-disciplinare, che relazioni ed integri le componenti della sostenibilità (ambientale, sociale, economica).

Lo stato dell'arte mette altresì in evidenza la disponibilità di un quadro di strumenti di normazione tecnica per la valutazione della sostenibilità degli edifici, facenti capo a livello europeo agli standard pubblicati ed elaborati dal CEN (European Committee for Standardization) TC 350 ed ancora in corso di sviluppo, che possono costituire la base per l'evoluzione della ricerca in questa direzione.

Inoltre, mostra che esistono piani d'azione, programmi ed iniziative strategiche che individuano scenari, target e requisiti minimi prestazionali, applicati al settore edilizio e talvolta anche più direttamente ai suoi comparti, di riduzione degli impatti globali, come l'uso dell'energia e la produzione di emissioni climalteranti. Ma, anche, che una buona parte di questi obiettivi è disattesa per mancanza di metodi, prassi e strumenti pragmatici, a disposizione dei decisori del processo edilizio. Probabilmente ciò è retaggio anche di uno sviluppo disciplinare che ha trovato ancora ad oggi pochi punti d'incontro tra la scienza della gestione del territorio, tradizionalmente affidata agli urbanisti, e quella del manufatto edilizio, affidata agli ingegneri ed architetti.

Il superamento di questa empasse è indirettamente raccomandato anche dalla stessa legislazione europea, che impone sempre maggiori obiettivi di riduzione degli impatti degli edifici sul contesto, per l'attuazione dei quali sono richiesti altrettanto maggiori investimenti di risorse.

L'efficacia degli sforzi da parte dei decisori del settore privato e ancor più di quello pubblico sarà in questo modo possibile attraverso l'ottimizzazione degli interventi, in funzione dei target imposti dalle autorità pubbliche.

## CAPITOLO 3

---

### **Sviluppo e applicazione di un metodo multi-scala di supporto alle decisioni per l'ottimizzazione della sostenibilità in edilizia** **Metodologia**

---

#### **3.1 Generalità sul metodo**

---

##### **3.1.1 Strategia e procedura individuata**

###### **3.1.1.1 Obiettivi generali**

Gli obiettivi generali del metodo possono così riassumersi:

1. Individuazione di una strategia (metodo) multi-scala applicata alle diverse fasi del processo edilizio, per l'identificazione di interventi mirati all'ottimizzazione della sostenibilità dell'edificio in relazione al suo contesto. Il contesto comprende l'ambito urbano a scala di quartiere, di città, fino alla scala globale e le relazioni tra di essi.
2. Verifica della fattibilità di applicazione e contributo allo sviluppo degli standard europei (CEN TC 350) ed internazionali (ISO) per la sostenibilità nei lavori di costruzione.
3. Verifica della fattibilità dell'uso di un numero limitato di indicatori, selezionati in base allo scopo, per descrivere le performance dell'edificio in funzione della sostenibilità e tenerle sotto controllo durante tutte le fasi del processo edilizio.
4. Verifica della fattibilità di applicazione sistemica nel settore edilizio e contributo all'attuazione e



allo sviluppo di piani e programmi strategici di ambito locale, nazionale ed internazionale, mirati al miglioramento del livello di sostenibilità ambientale dei territori. Secondo le linee d'azione indicate nel Programma europeo di strategia urbana al settore edilizio è richiesto di fornire il suo contributo attraverso il miglioramento dei suoi aspetti della qualità e la progressiva riduzione degli impatti ambientali dell'ambiente costruito, raggiungendo dei target temporali e quantitativi fissati.

5. Verifica della coerenza di sistemi assessment / reporting esistenti, applicati a scala locale / nazionale con gli indicatori e gli obiettivi internazionali per la sostenibilità nelle costruzioni, in particolare contenuti negli standard CEN / TC 350.

### **3.1.1.2 Obiettivi specifici**

1. Valutazione e classificazione, in una scala di merito dal livello di sostenibilità "alto" a "basso", di un set di alternative corrispondenti ad interventi progettuali elaborati, nel rispetto delle normative vigenti, in risposta ad esigenze di prestazione e durabilità di un edificio esistente, caratterizzato da vincoli di carattere architettonico e storico, ed inserito in un contesto urbano. La suddivisione in classi consente al decisore di scegliere, poi, la alternativa / le alternative, nell'ambito di una classe omogenea o diverse classi, che più rispondono a requisiti o limiti (come nel caso del budget economico disponibile) fissati dalla committenza.

2. Verifica dell'applicabilità, nell'ambito della esportabilità dei risultati ottenuti sul caso studio, delle indicazioni e dei target forniti dagli strumenti strategici territoriali vigenti e delle linee guida fornite da autorità di ranking internazionale per il miglioramento del livello di sostenibilità a scala di edificio e di quartiere.

### **3.1.1.3 Assunzioni e approccio**

1. L'approccio è di tipo prestazionale, applicato al ciclo di vita dell'edificio, dalla fase di produzione dei materiali e componenti alla fase di dismissione.

2. L'ottimizzazione è intesa come il risultato del bilanciamento tra la massimizzazione delle prestazioni ambientali, sociali ed economiche fornite dall'edificio durante il suo ciclo di vita e la riduzione degli impatti sull'ambiente, in particolare riferiti al consumo di energia e alle emissioni di gas serra.

3. La strategia comprende l'individuazione di un modello di supporto gestionale e la definizione di un metodo induttivo, logico-operativo, per l'identificazione di un panel di indicatori di prestazione / impatto in base ai quali valutare e confrontare tra loro un set di ipotesi progettuali su uno stesso edificio.

### **3.1.1.4 Elementi fondamentali**

Il metodo comprende una prima fase di confronto, armonizzazione, selezione, verifiche di congruenza tra elenchi di indicatori, con il supporto di una griglia di controllo per l'individuazione di una griglia di indicatori appropriata al caso studio. Successivamente, comprende una fase di ricerca e individuazione di benchmarks e l'applicazione di una procedura di organizzazione del set di alternative e classificazione in categorie del tipo "rating". Le figure che seguono rappresentano le peculiarità di una tipica procedura multi-criteria di rating, che consiste nell'organizzazione di un set di oggetti, generalmente alternative, attraverso l'assegnazione di classi omogenee (categorie / livelli) in base a criteri (indicatori) prefissati e al confronto con profili (Fig. 3.1, Fig. 3.2, Fig. 3.3). Agli indicatori sono attribuiti dei pesi, che ne definiscono la gerarchia. (Colorni A., 2012)

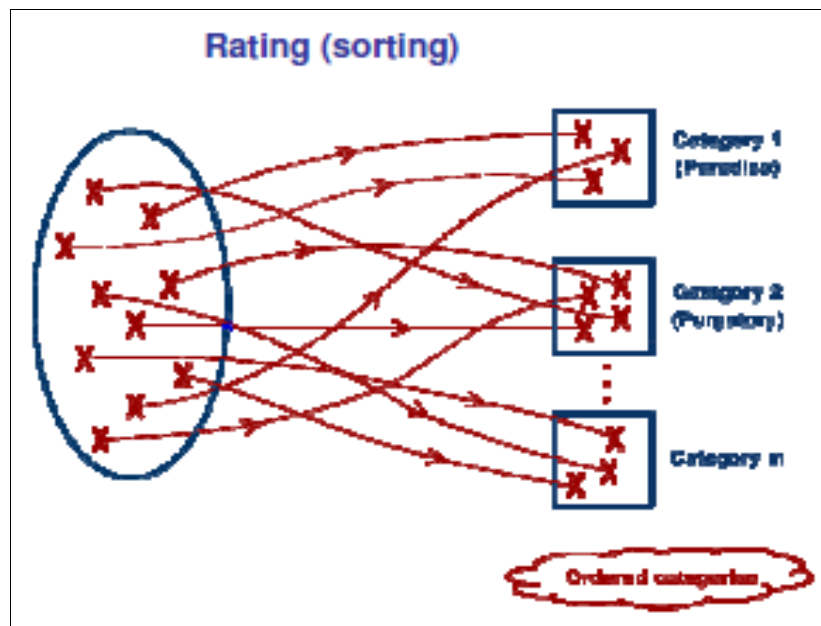


Fig. 3.1 - Classificazione di oggetti in categorie nella procedura di rating (Colorni A., 2012)

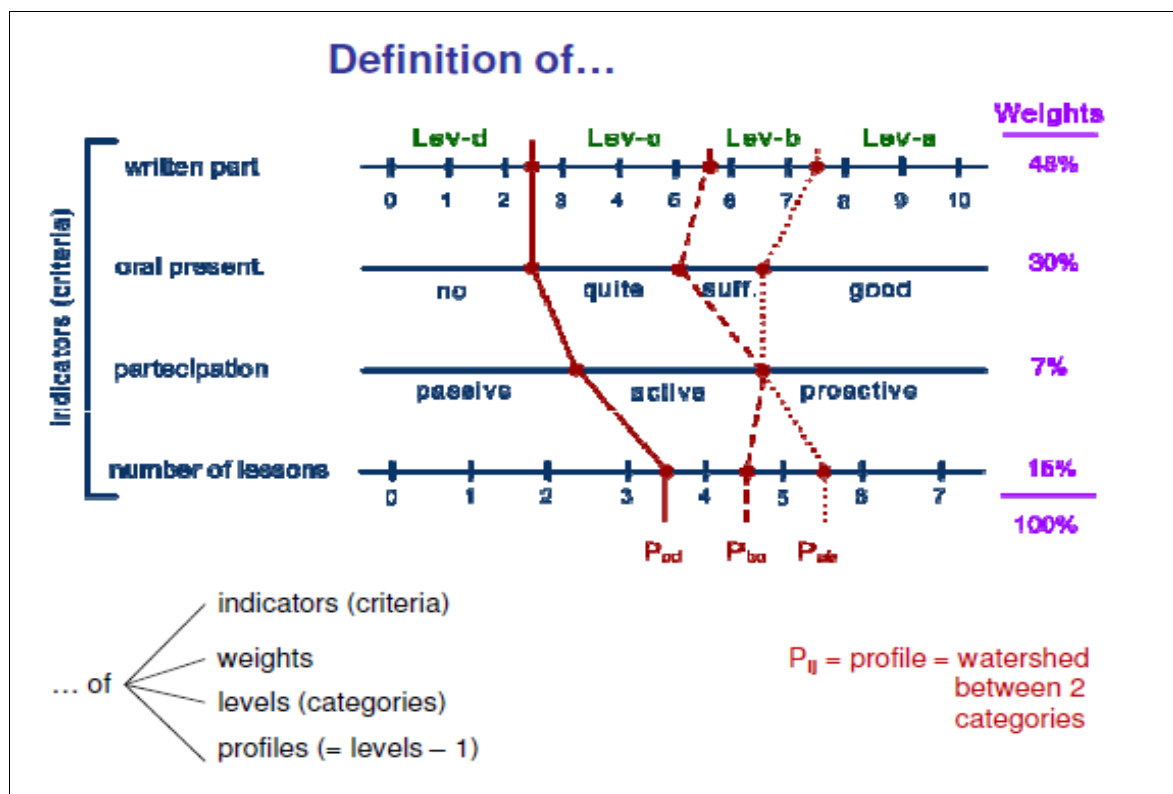


Fig. 3.2 - Schema generale degli elementi per la procedura di rating (Colorni A., 2012)

Pertanto, la procedura di rating si avvale dei seguenti elementi, definiti dal valutatore in base al caso studio e all'obiettivo della valutazione:

1. Indicatori
2. Pesi
3. Livelli-profilo: soglie/benchmarks
4. Categorie
5. Soglie minime (somma dei pesi degli indicatori a favore)
6. Condizioni/veti.

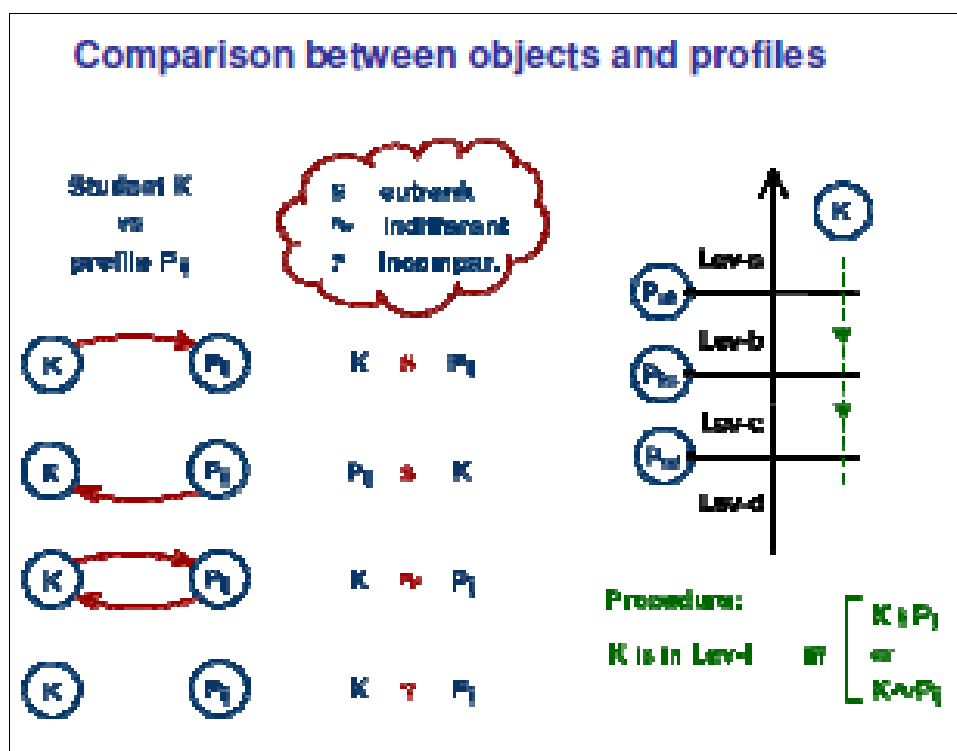


Fig. 3.3 - Confronto tra oggetti e profili in una procedura di rating (Colorni A., 2012)

Nella procedura di rating, dunque, ciascuna alternativa, la cui performance è descritta dagli indicatori pesati, viene confrontata con i profili, a partire da quello più alto, ovvero che suddivide le prime due classi di merito. La soglia minima (somma dei pesi a favore), insieme al rispetto delle altre condizioni/veti, determina l'assegnazione ad una classe anziché alla successiva.

Al termine della procedura, un'analisi di sensitività e l'impiego di un secondo sistema di pesi validano il metodo, individuando limiti e potenzialità di implementazione.

### **3.1.2 Generalità del metodo**

#### **3.1.2.1 Elementi fondamentali del modello**

Prima ancora della procedura di rating, nel metodo in oggetto è stato sviluppato un modello di approccio integrato per la gestione delle decisioni nel quale si innesta la procedura.

Scopo del modello è inquadrare in un contesto manageriale ogni tipo di decisione inerente interventi di sviluppo nel Campus Città Studi, così da individuare le variabili da controllare da parte degli attori del processo (valutatore / progettista / decisore) in base agli obiettivi specifici della committenza / proprietà e a quelli più generali della sostenibilità.

In questo modello si tiene conto del contesto nel quale si opera, in particolare della tipologia di decisore e degli stakeholders e del tipo di "oggetto" sul quale si interviene.

Inoltre, si cerca di indagare e rappresentare la complessità delle relazioni e dei rapporti di causa-effetto delle azioni comprese nell'intervento edilizio.

Di seguito, sinteticamente, gli elementi individuati per il caso studio e di cui si è tenuto nel modello:

- tipo di patrimonio immobiliare
- decisore pubblico
- ruoli del decisore
- tipi di stakeholders.

#### **3.1.2.2 Fasi di sviluppo del metodo**

Di seguito sono riportati gli elementi fondamentali che, come per ogni applicazione di una tipica procedura di rating, devono essere definiti dal valutatore in base alle peculiarità del caso studio e dell'obiettivo della valutazione:

1. Indicatori
2. Pesi
3. Livelli-profilo: soglie/benchmarks
4. Categorie
5. Soglie minime (somma dei pesi degli indicatori a favore)
6. Condizioni/veti.

Per poter individuare gli elementi necessari alla costruzione del sistema in funzione degli obiettivi generali e specifici, è stata definita una procedura, articolata nelle seguenti fasi:

1. Contestualizzazione degli indicatori europei a scala di edificio e relazioni con le scale territoriali
2. *Armonizzazione degli indicatori del progetto "Campus sostenibile" con gli indicatori a scale di edificio e territoriali*
3. *Costruzione di un set di indicatori per l'edificio "La Nave" e il Campus*
4. Identificazione degli indicatori delle scale edificio e contesto e degli indicatori multi-scala
5. Stima del valore degli indicatori multi-scala alle diverse scale del contesto

6. Uso degli indicatori multi-scala per valutare le relazioni tra l'edificio e il contesto campus-città
7. Individuazione di benchmarks multi-scala
8. Confronto tra le alternative in base agli indicatori multi-scala e ai benchmarks
9. Confronto tra le alternative in base agli indicatori economici
10. Comparazione costi-benefici ambientali
11. Identificazione di indicatori specifici a scala di edificio (ambientali e sociali)
12. Confronto performance delle alternative in base agli indicatori specifici ambientali e sociali
13. Identificazione di scenari
14. Individuazione di soglie degli indicatori multi-scala
15. Individuazione di soglie per gli altri indicatori
16. *Definizione delle classi di rating*
17. *Assegnazione di un primo sistema di pesi*
18. *Individuazione di profili*
19. Assegnazione di condizioni e veti
20. *Applicazione della procedura di rating e risultati*
21. *Analisi di sensitività, risultati e conclusioni*
22. *Assegnazione di un secondo sistema di pesi e risultati.*

Le prime 4 fasi saranno funzionali a individuare il panel di indicatori in base ai quali confrontare le performance delle alternative. Il requisito fondamentale del panel è che sia coerente con:

1. gli standard europei CEN / TC 350
2. gli obiettivi della valutazione (sostenibilità, multi-scalarità)
3. il caso studio, dal punto di vista del contesto immobiliare, sia di quello territoriale.

Le fasi evidenziate in corsivo sono quelle specifiche del caso studio e degli obiettivi specifici, mentre le altre possono ritenersi generalizzabili al metodo.

Il panel di indicatori "utili" dell'edificio, nello specifico, dovrà rispondere ai seguenti criteri:

- ^ *Appartenenti al panel degli indicatori europei standardizzati CEN TC 350 di prestazione / impatto dell'edificio, identificati per la valutazione della sostenibilità dei lavori di costruzione*

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

- ⤴ *Coerenti* (omologia, similitudine) con gli indicatori dei sistemi territoriali di assessment / reporting esistenti per il contesto cui appartiene il caso studio
- ⤴ *Collegati* alle prestazioni / impatti alle scale territoriali del Campus e della Città e allo schema (principi, priorità) della matrice di controllo multi-scala degli interventi sul Campus adottata per l'attuazione del progetto "Città Studi Campus Sostenibile"
- ⤴ *Congruenti* con gli obiettivi di sostenibilità e dunque efficaci per lo sviluppo / applicazione del metodo
- ⤴ *Appropriati* al caso studio (categoria di intervento, ovvero tipologia degli interventi edilizi).

Le successive fasi saranno invece utilizzate per individuare gli altri elementi necessari per avviare una procedura di rating. La tabella seguente (Tab. 3.1) collega fasi con gli elementi del sistema.

Tab. 3.1 - Corrispondenza tra fasi di sviluppo del metodo e elementi del sistema di rating da definire

1	2	3	4	5	6
Indicatori	Pesi	Soglie / benchmarks	Livelli-profili	Categorie	Condizioni / veti
1					
2					
3					
4					
5					
6					
		7			
		8			
		9			
		10			
		11			
		12			
				13	
		14			
		15			
				16	
	17				
			18		
					19
	20				

### **3.1.3 Costruzione di un modello di approccio integrato a supporto delle decisioni**

#### **3.1.3.1 Obiettivo**

Il presente paragrafo illustra il processo che ha prodotto un modello di supporto alle future decisioni da parte del management del Politecnico di Milano, in primis i decisori finali, ovvero il Rettorato, finalizzate all'ottimizzazione delle scelte inerenti lavori di costruzione, nella direzione del miglioramento della sostenibilità dell'ambiente costruito. Quest'ultimo è costituito dal patrimonio immobiliare di proprietà dell'ente pubblico Politecnico di Milano. Sul modello è possibile innestare l'applicazione di metodi operativi come quello oggetto del presente lavoro di tesi.

Il modello viene sviluppato sulle basi teoriche descritte nei precedenti capitoli e in particolare sui principi dell'ingegneria dei sistemi applicati al processo edilizio. Si tiene conto inoltre dei risultati dell'attività di standardizzazione europea per la valutazione della sostenibilità nelle costruzioni, attualmente in corso e degli sviluppi ad oggi previsti per i prossimi anni.

Nella seconda parte del paragrafo dal modello teorico si passa al modello pratico-operativo, applicato al caso studio nel paragrafo successivo.

#### **3.1.3.2 Sostenibilità come complessità**

Un metodo di gestione della sostenibilità e soprattutto di introduzione dei suoi principi nelle costruzioni e sull'ambiente urbano deve necessariamente essere pensato e costruito come un metodo di *gestione di sistemi complessi*, ovvero utilizzando *tecniche e strumenti logici e grafici* che mettono insieme *categorie diverse (variabili) ma interagenti* e utilizzando le quali si ricercano *legami causa-effetto*, convergenze, divergenze, ecc..

Anche le metodologie che il CEN / TC 350 sta mettendo a punto per gestire le componenti ambientale, sociale ed economica nelle interazioni tra le variabili interne e nelle interazioni tra loro sono basate su questo principio. I progetti di ricerca e le applicazioni ai casi studio che si stanno svolgendo a latere a supporto del lavoro dei gruppi impegnati hanno anch'essi questa base concettuale comune.

#### **3.1.3.3 Gestire la sostenibilità in maniera integrata**

Come innanzi menzionato, tutto l'impianto delle procedure di gestione della sostenibilità in ambito CEN / TC 350 è necessariamente basato su una *prospettiva integrata* degli aspetti. Nell'introduzione comune a ciascuno standard pubblicato, è segnalato: "In the future, the assessment methodologies within this framework standard may be part of an overall assessment of integrated building performance. The assessment methodologies may also be extended to an assessment of the neighbourhoods and wider built environment".

Ed ancora, nelle definizioni, *sustainability assessment of buildings* è descritto come "*combination of the assessments of environmental performance, social performance and economic performance taking into account the technical requirements and functional requirements of a building or an assembled system (part of works), expressed at the building level*".

Già è previsto dalla prima stesura, dunque, che le future versioni saranno impostate in un'ottica, ma anche praticamente organizzate, *integrata*. Di seguito (Fig. 3.4) sono rappresentate le componenti di un approccio integrato ai progetti, in cui, attraverso le dimensioni ambientale, sociale ed economica, vengono controllati gli impatti sull'ambiente in funzione di obiettivi legati al tempo, alla qualità e ai costi. Gli stakeholders centrali rispetto al processo.

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

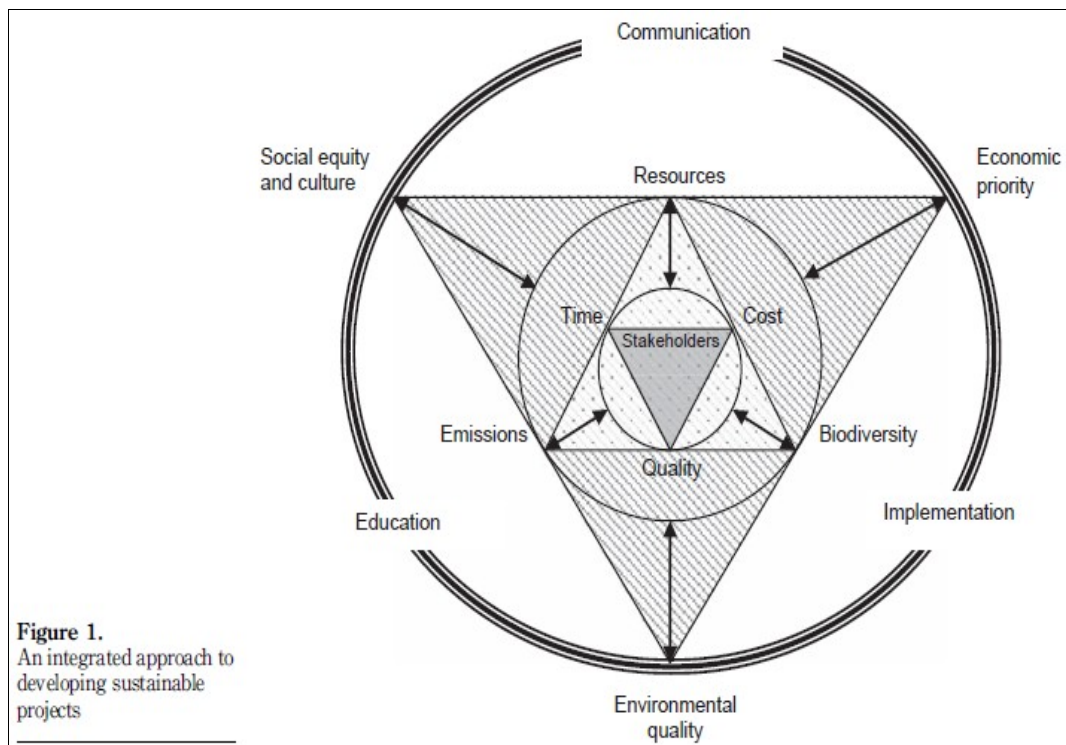


Fig. 3.4 - Schema di un approccio integrato a progetti sostenibili (Yang J., 2012)

Nella Fig. 3.5 gli aspetti tecnici, sociali, economici ed ambientali sono invece relazionati a costi e benefici, in una visione di performance integrata.

	<i>Functional / technical aspects</i>	<i>Social aspects</i>	<i>Environmental aspects</i>	<i>Economic aspects</i>
<i>Benefits</i>	Functionality Serviceability	Comfort Security Health User Satisfaction User Participation		Income Value Risk avoidance Chances
	<b>Functional Performance</b>	<b>Social Performance</b>		<b>Property Performance</b>
<i>Expense</i>	Quality Durability Adaptability		Resource depletion Impacts on environment	Construction cost Operation cost
	<b>Technical Performance</b>		<b>Environmental Performance</b>	<b>Cost Performance</b>

**Fig. 3** Integrated building performance (extended version)

Fig. 3.5 - Schema di performance integrata, secondo le componenti della sostenibilità (Lützkendorf T., Lorenz D., 2007)



Nello schema che segue (Fig. 3.6) il quadro metodologico è riferito al settore industriale. La valutazione della sostenibilità tiene conto degli interessi degli stakeholders lungo la catena delle forniture e la variabilità degli indicatori negli scenari considerati.

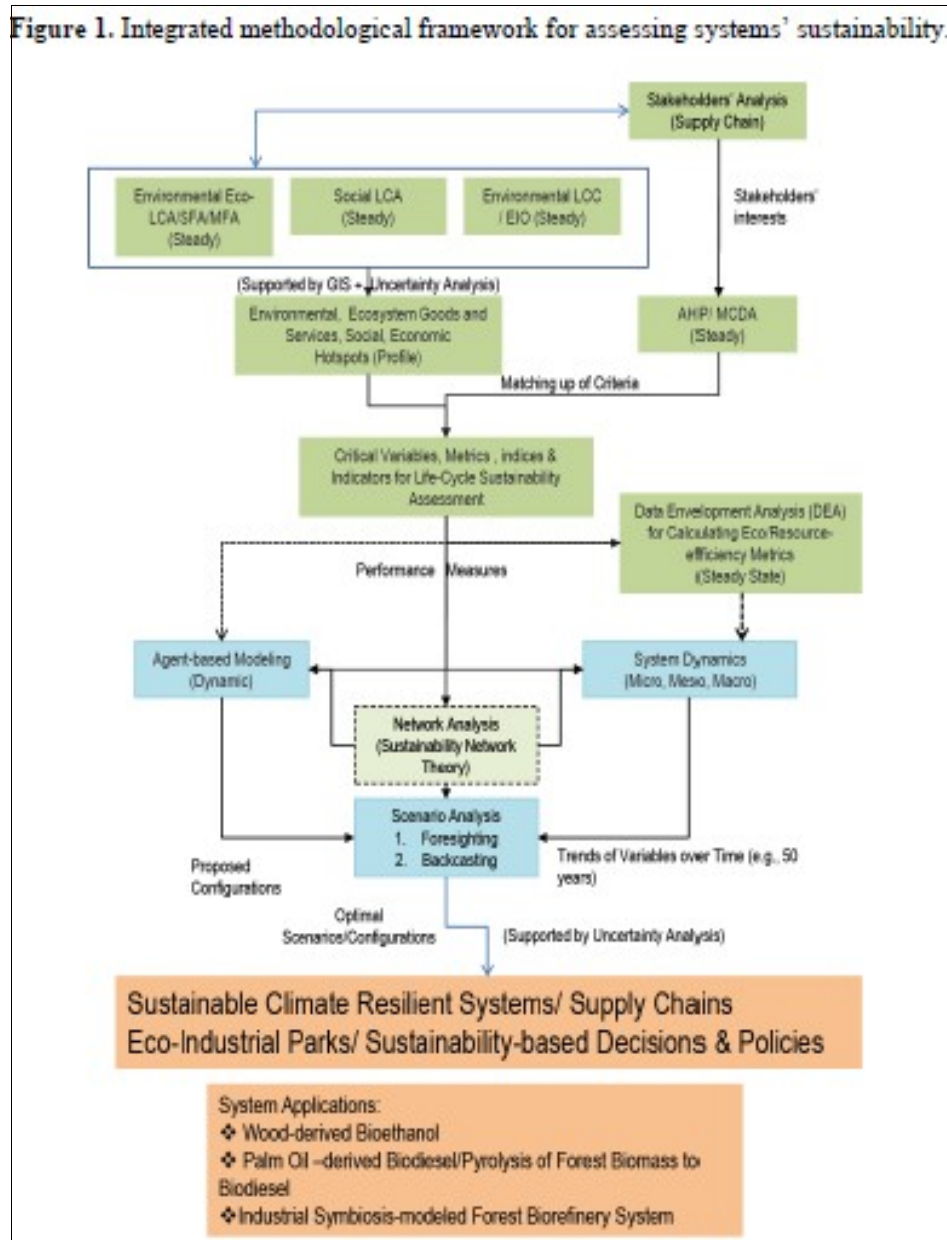


Fig. 3.6: Inquadramento metodologico integrato per la valutazione della sostenibilità (Halog A., Manik Y., 2011)

### 3.1.3.4 Categorie di variabili

Di seguito le *categorie di variabili* che caratterizzano il caso di studio:

- ♣ *Multi-dimensione*
- ♣ *Multi-criteria*

- ⤴ *Multi-layer*
- ⤴ *Multi-ruolo (A)*
- ⤴ *Multiactivity (multi-funzione) (B)*
- ⤴ *Multi-scala (C)*
- ⤴ *Multi-settore (D)*
- ⤴ *Multi-obiettivo (E)*
- ⤴ *Multi-stage (F)*
- ⤴ *Multi-stakeholder / multi-interesse (G)*
- ⤴ *Multi-impatto (H)*
- ⤴ *Multi-prestazione (I)*
- ⤴ *Multi-indicatore (L).*

Come in ogni processo decisionale gestito secondo le più attuali visioni e tecniche, inoltre, il *Decision Maker* ovvero la Dirigenza del Politecnico dovrà dichiarare i propri fabbisogni ed obiettivi e tener conto del maggior numero di necessità possibile dei gruppi sociali su cui ricade la sua decisione.

Ma il compito del D.M. dovrà andare nella direzione del raggiungimento dell'obiettivo coinvolgendo direttamente i gruppi sociali, ovvero gli *stakeholders*, attraverso:

- ⤴ ascolto delle necessità
- ⤴ contributo attivo alla soluzione.

### 3.1.3.5 Il modello concettuale (Multi-dimensione, Multi-criteria, Multi-layer)

Il modello concettuale è *multidimensionale*, in quanto, come anticipato, molte sono le *variabili* interessate. Le soluzioni saranno date dagli incroci tra le differenti variabili.

Per poter meglio gestire l'analisi *multi-criteria*, in linea con le moderne teorie e tecniche della statistica, dell'economia e dell'ingegneria che si occupano di processi decisionali, occorre lavorare principalmente per matrici, che incrociano uno ad uno criteri ed alternative oppure set di variabili fra loro, ma anche per layers (multi-layer), che mettono in relazione più set di variabili tra loro contemporaneamente (Fig. 3.6).



Fig. 3.6 - Rappresentazione tipica di un modello multidimensionale

Lo scopo è di ottenere, *incrociando logicamente le variabili tra loro*, più informazioni possibili sulle diverse combinazioni, per scoprire gli effetti delle possibili azioni in una prospettiva di integrazione e sinergia.

Il lavoro analitico a supporto del D.M. (decision maker: Politecnico di Milano) servirà ad *individuare un panel di indicatori* adatti ai successivi processi decisionali orientati in direzione sostenibile, che, prima della definitiva adozione, saranno sottoposti e valutati (rating) dai gruppi di stakeholders.

Di seguito (Fig. 3.7) è riportato un esempio di modello di struttura logica multi-layer denominato "Towards an integrated multi-dimensional assessment approach", nel quale sono evidenziati i livelli di variabili (funzionalità, economia, ecologia, salute e sicurezza) e le relazioni tra di essi, nelle fasi di progettazione - costruzione e uso:

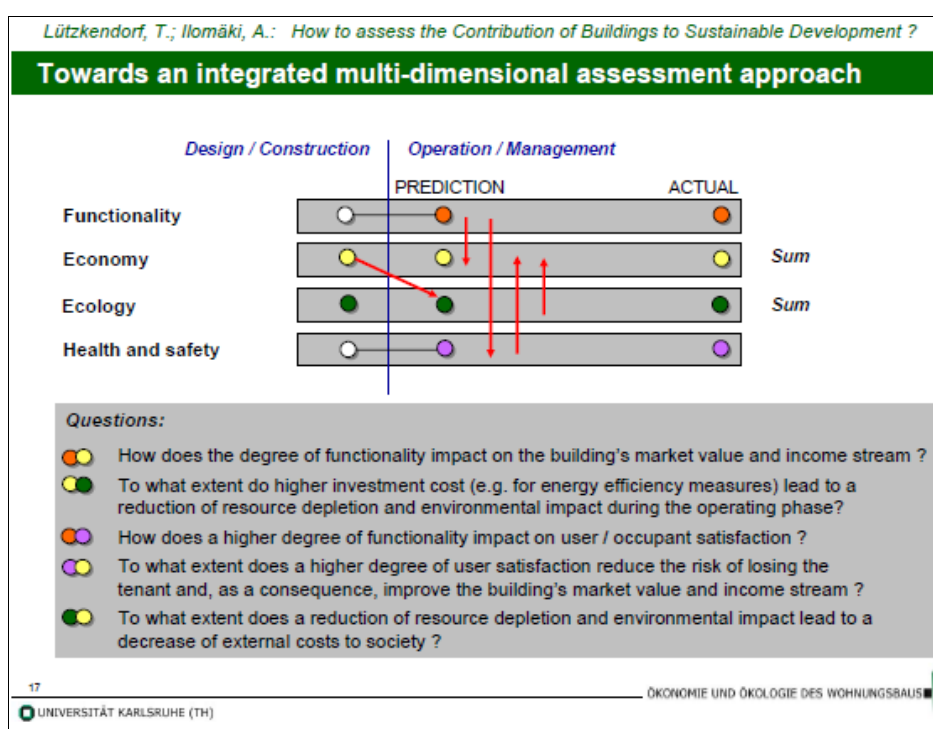


Fig. 3.7 - Esempio di approccio alla valutazione multi-dimensionale integrata (Lützkendorf T., Iiomäki A., 2007)

### 3.1.3.6 I ruoli del decision maker (Multi-ruolo) (A)

Nel caso studio in oggetto il decisore, ovvero la Dirigenza del Politecnico, riveste direttamente o con delega molti ruoli:

Ruoli ordinari:

- ⌘ Responsabile delle attività universitarie (formazione, ricerca, servizi di analisi/certificazione/consulenza per terzi/rappresentanza esterna)
- ⌘ Responsabile del personale (datore di lavoro)
- ⌘ Responsabile dei rapporti con l'utenza (studenti)

Ruoli straordinari:

- ⤴ Committente di servizi e forniture (buyer)
- ⤴ Committente di lavori di nuova costruzione (responsabile del procedimento ex L. Merloni / progettista / direttore lavori)
- ⤴ Gestore delle strutture (committente appalti di manutenzione e lavori di ristrutturazione)
- ⤴ Affittuario
- ⤴ Utente (laboratori, ecc)
- ⤴ Proprietario / investitore (con risorse proprie o in prestito).

L'obiettivo prioritario e costante per un'università è quello di essere *competitiva* a livello nazionale e internazionale nella categoria dei servizi (università pubbliche), e poter così mantenere il proprio status e mantenersi. Questo obiettivo, monitorato costantemente attraverso i frequenti benchmarking, è sempre più pressante in quanto i criteri fissati per la competizione sono destinati a diventare sempre più severi.

Di seguito (Fig. 3.8) sono rappresentate le fasi tipiche di un processo decisionale, cui si conforma anche il caso in oggetto, a partire dalle alternative, per il conseguimento dei risultati legati agli obiettivi.

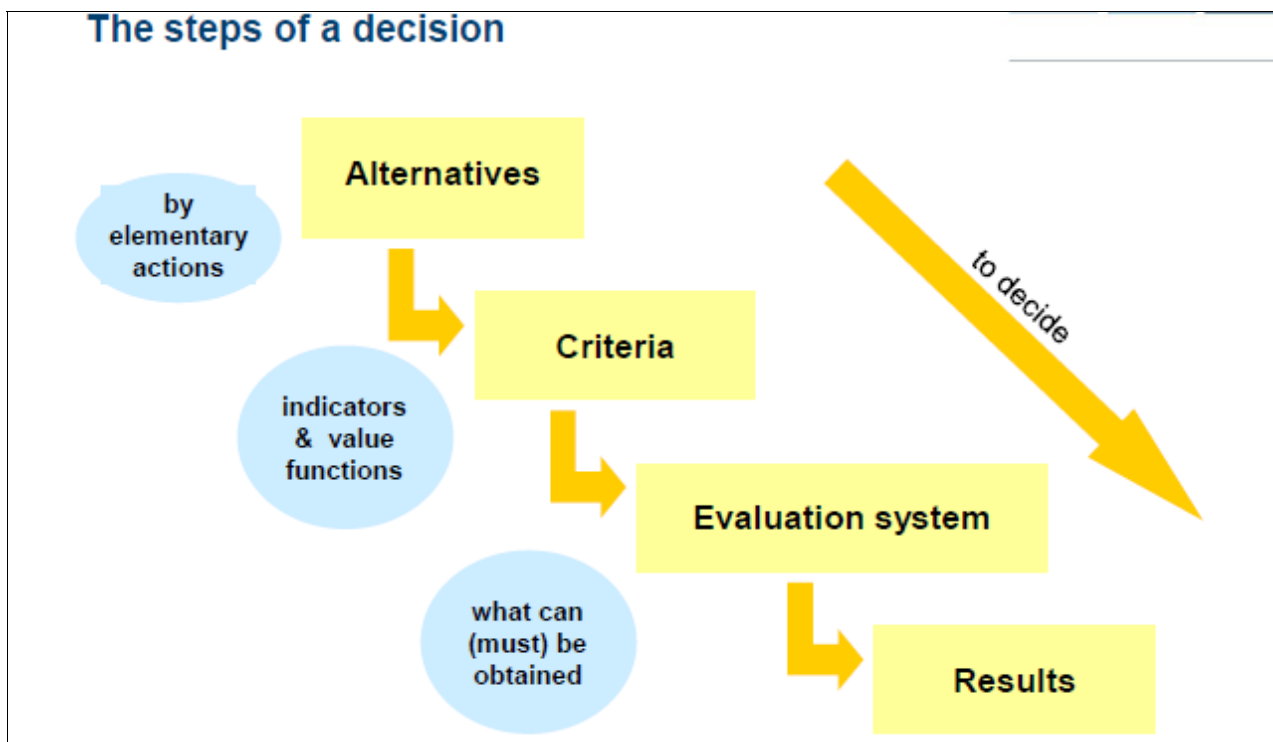


Fig. 3.8 - Schema di processo decisionale, per fasi consecutive (Colorni A., 2012)

### 3.1.3.7 Le attività e funzioni degli spazi (Multi-activity / multi-funzione) (B)

In un Politecnico universitario si svolge un coacervo di attività (processi e progetti) e dal punto di vista funzionale – spaziale può definirsi un sistema complesso.

Di seguito le principali *funzioni spaziali*:

- ▲ aule (didattica)
- ▲ servizi (igienici, depositi, archivi)
- ▲ uffici (amministrativi, direzionali)
- ▲ sale riunioni / rappresentanza / convegni
- ▲ ristorazione (bar, ristoranti, mense)
- ▲ residenze (studenti)
- ▲ spazi comuni chiusi / aperti (biblioteche, attività singole e di gruppo, tempo libero)
- ▲ laboratori
- ▲ locali tecnici.

### 3.1.3.8 Le scale geografico-territoriali (Multi-scala) (C)

Il tema della scala cui si rapportano *azioni / impatti* è complesso e richiede una prospettiva da molti punti di vista.

Ogni azione nel territorio, come può essere una nuova costruzione o una riqualificazione di un'intera area facente parte di un contesto urbano, ha le sue ricadute sul sistema in cui si trova. Oggi giorno le connessioni soprattutto a scala urbana sono così strette e ramificate, soprattutto a livello di mobilità / società, di economia, ma anche di ambiente, che è veramente molto difficile definire i confini di un sistema oltre i quali un'azione non esercita più il suo effetto diretto / indiretto.

In una visione più pratica e ristretta non si può comunque fare a meno di considerare i più attuali orientamenti che da alcuni anni interessano la progettazione e gestione dei Campus Universitari, sia in ambito europeo sia extraeuropeo.

Essi comprendono anche le università che non sono state concepite in campus dedicati in diretta integrazione con il territorio. Il modello concettuale che differenzia *funzioni / spazi / aree* vede 3 ambiti spaziali omogenei, fruiti da diverse categorie / mix di *utenze*:

- ▲ gli spazi interni (fruiti dai soli addetti: studenti e personale)
- ▲ spazi a fruizione mista: spazi del campus (e relativi servizi) aperti / spazi della città (e servizi di quartiere) a servizio anche degli addetti dell'università
- ▲ spazi esterni al campus / della città

Associati agli spazi, vi sono i servizi (es. per la mobilità).

Ovviamente, specularmente, il tema multi-scala riguarda anche le *prestazioni*, servendo una struttura universitaria un territorio che va oltre la dimensione della città e quindi rappresentandone un *carico* (impatti) ma anche una fonte di valorizzazione del territorio. In direzione opposta si rilevano altrettanti effetti.

### 3.1.3.9 I settori (Multi-settore) (D)

Coerentemente con l'orientamento verso una sempre maggiore *integrazione* dichiarato in sede normativa europea, l'analisi sarà non solo multi-settoriale ma il più possibile inter-settoriale.

I settori considerati sono quelli tematici in cui sono raggruppati i progetti e le iniziative già attivati dal Politecnico di Milano, sui quali 5 rispettivi tavoli di lavoro (docenti, ricercatori, staff, studenti, esperti, con la collaborazione delle autorità locali e di cittadini) stanno operando (Fig. 3.9):

- ▲ *People*

- ▲ *Energy*
- ▲ *Environment*
- ▲ *Accessibility*
- ▲ *City*.



Fig. 3.9 - Rappresentazione dei temi trattati nei tavoli di lavoro del progetto Città Studi Campus Sostenibile ([www.campus-sostenibile.polimi.it](http://www.campus-sostenibile.polimi.it))

### 3.1.3.10 Lo scopo della decisione (Multi-obiettivo) (E)

Escludendo il caso di costruire un nuovo immobile per affittarlo o venderlo, non essendo nei ruoli di una pubblica amministrazione quello di natura commerciale-speculativa, i possibili scopi per i quali il Politecnico di Milano potrebbe essere chiamato a gestire un processo sostenibile ora e in futuro potrebbe essere:

- ▲ Intende costruire un nuovo edificio
- ▲ Ristrutturare un edificio
- ▲ Intende riqualificare le aree di proprietà in maniera sostenibile / suggerire al Comune criteri e soluzioni sostenibili nelle aree comuni o adiacenti
- ▲ Prendere in affitto un immobile
- ▲ Dare in affitto un immobile
- ▲ Gestire la manutenzione introducendo criteri di sostenibilità
- ▲ Fruire degli spazi in maniera più sostenibile.

### 3.1.3.11 I confini del sistema: il ciclo di vita (Multi-stage) (F)

Il punto di vista del CEN / TC 350 è tutto il ciclo di vita dell'edificio, che copre tutto il periodo in cui un'azione relativa produce i suoi effetti, con prolungamento delle informazioni anche dopo il ciclo di vita. Si può dire pertanto che l'osservazione e la valutazione della sostenibilità secondo i criteri prescelti e rappresentati dagli indicatori, sia *multi-stage*.

I diversi stages sono indicati nelle parti dello standard armonizzato già adottate, "moduli".

Essi sono:

*A-C Life Cycle*

*A1-3 Product Stage*

A1 Raw material supply

A2 Transport

### A3 Manufacturing

#### A4-5 *Construction process Stage*

A4 Transport

A5 Construction-installation process

#### B1-7 *Use Stage*

B1 Use

B2 Maintenance

B3 Repair

B4 Replacement

B5 Refurbishment

B6 Operational energy use

B7 Operational water use

#### C1-4 *End of life Stage*

C1 De-construction demolition

C2 Transport

C3 Waste processing

C4 Disposal

D *Beyond Life Cycle* (Benefits and loads beyond the system boundary: reuse, recovery, recycling - Potential)

### 3.1.3.12 I gruppi di interesse (Multi-stakeholder / multi-interesse) (G)

Gli stakeholders interessati e da coinvolgere nella gestione del processo dipendono dal processo stesso. Essi sono descrivibili come:

- ⤴ *Anelli di una catena (supply chain)* quando il D.M. è committente di un prodotto (es. edificio, servizio di manutenzione, pulizia, beni mobili e di consumo)
- ⤴ *Gruppi indipendenti* negli altri casi.

Anche il D.M. è uno stakeholder e portatore di interessi legati a:

- ⤴ Ruolo / ruoli
- ⤴ obiettivo generale (competitività nel settore)
- ⤴ obiettivo specifico rispetto allo scopo della decisione.

Nel caso in questione il D.M. è anche un soggetto pubblico, per cui è portatore di particolare responsabilità e compiti. Ricordiamo i criteri cui sono tenute per legge ad attenersi le pubbliche amministrazioni:

- ⤴ trasparenza
- ⤴ imparzialità
- ⤴ efficacia
- ⤴ tempestività.

Al proposito, sempre più a partire dal livello comunitario, le pubbliche amministrazioni (come rilevabile in molte delle più recenti direttive tra le quali quella sul contenimento energetico degli edifici ma anche la comunicazione che sancisce la necessità e le caratteristiche di una metodologia di gestione della sostenibilità nelle costruzioni: COM(2004)60 Comunicazione della Commissione al Consiglio, al Parlamento Europeo, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni “Verso una strategia tematica sull’ambiente urbano”) sono ritenute soggetti di particolare responsabilità all'interno della struttura organizzativa e decisionale della società. Tali responsabilità comprendono il perseguire gli obiettivi indicati dalla UE in anticipo rispetto ai soggetti privati e seguendo virtuosamente le linee programmatiche generali, gli orientamenti, i principi e i valori condivisi in sede europea. Comunicazioni, decisioni, linee indicate nei programmi quadro, sono i documenti condivisi e pubblicati nei quali l'Unione degli Stati Membri dichiara la visione circa gli sviluppi dell'ambiente, della società e dell'economia che intende perseguire nel prossimo futuro e che pertanto le pubbliche amministrazioni non solo devono conoscere ma in coerenza con la quale sono tenute ad adeguare il loro comportamento in ogni campo del proprio operare.

Gli *interessi* degli stakeholders possono essere tra loro:

- ⤴ *convergenti*
- ⤴ *confliggenti*
- ⤴ *indifferenti.*

Rispetto al contesto del D.M. i gruppi di interesse possono essere:

#### Interni

- ⤴ Staff docenti
- ⤴ Staff amministrativo-tecnico
- ⤴ Staff tecnico laboratori
- ⤴ Staff ausiliario
- ⤴ Ricercatori
- ⤴ Studenti / dottorandi

#### Esterni

- ⤴ Imprese appaltatrici lavori-manutenzione
- ⤴ Imprese appaltatrici servizi (pulizia, riscaldamento, manutenzione apparecchiature, manutenzione verde, ristorazione, ecc)
- ⤴ Affittuari (negozi di proprietà del Politecnico)
- ⤴ Cittadini (abitanti zona)
- ⤴ Ministero Istruzione e ricerca
- ⤴ Altre istituzioni pubbliche
- ⤴ Altre università (es. partners scambi scientifici italiani e stranieri)
- ⤴ Investitori (es. project financing)
- ⤴ Fornitori beni mobili e di consumo
- ⤴ Gestori trasporti
- ⤴ Gestori servizi pubblica utilità (en. elettrica, acqua, gas)
- ⤴ Imprese private partners-sponsors
- ⤴ Società in cui si hanno membri in c.d.a. o partecipazioni azionarie.



### 3.1.3.13 Gli impatti delle azioni (Multi-impatto) (H)

Ogni azione del D.M. determina degli impatti. In un'ottica di sostenibilità dello sviluppo, gli impatti vengono sostanzialmente raggruppati in tre categorie:

- ♣ ambientali
- ♣ sociali
- ♣ economici.

In realtà, un'azione, come il decidere di inserire un determinato elemento / prodotto / materiale in un edificio o di realizzare un edificio con un determinato sistema costruttivo (es. legno, o c.a.) determina un impatto o genera una serie di impatti che possono anche non essere inscrivibili in una delle tre categorie sommarie. Ad es., un certo materiale posto all'interno di un ambiente, es. un'aula universitaria, produce un impatto nell'ambiente misurabile in CO<sub>2</sub> equiv., ma è anche causa di effetti sulla salute degli occupanti. Pertanto, ha impatti sull'ambiente e sulla società. Se poi lo stesso materiale è messo in opera in un ufficio, esso genera un terzo impatto: economico, in quanto l'effetto sulla salute del dipendente si riflette sulla sua produttività nel lavoro.

Prendendo come principale riferimento gli indicatori rilevanti, quelli individuati e quelli già selezionati dal CEN / TC 350 e nei progetti attivati a supporto di esso (SuPerBuildings, OpenHouse, gli impatti si possono sostanzialmente così schematizzare:

#### *Diretti:*

- ♣ sull'ambiente (consumo di suolo, di acqua, di energia, di risorse, immissione di rifiuti)
- ♣ sulla salute degli occupanti

#### *Indiretti:*

- ♣ ricaduta sull'ambiente globale e sugli ecosistemi a diverse scale (inquinamento fotochimico, surriscaldamento del pianeta, impronta ecologica, ecc)
- ♣ livello di soddisfazione degli utenti e conseguenti produttività / malattie sociali, ecc (società – economia)
- ♣ riflessi sulla qualità della vita di gruppi sociali esterni (es. abitanti dei quartieri adiacenti)
- ♣ riflessi sulla macro economia (impiego nell'industria e produzione, acquisto materie prime, contributo all'industria del riciclo, importazioni, ecc)
- ♣ riflessi sulla micro economia (LCC, in particolare consumi energetici durante le varie fasi e in special modo quella d'uso)
- ♣ riflessi sull'economia locale (valorizzazione o svalorizzazione del sito).

Le ricadute sull'esterno, le cosiddette “esternalità” soprattutto in un contesto particolarmente denso come quello urbano, sono nella pratica troppo spesso trascurate, più o meno consapevolmente dai decisori (soprattutto politici), con la conseguenza anche di effetti domino difficilmente controllabili in una fase successiva a quella decisionale. Come noto, troppo spesso finiscono inoltre per ricadere nella sfera della salute e del benessere (*ambientale-sociale*) e di lì a poco anche *economica* per gli alti costi sanitari associati.

### 3.1.3.14 Le prestazioni (Multi-prestazione) (I)

Se normalmente le prestazioni rappresentano, in relazione agli impatti (effetti negativi), l'altra categoria dei risultati delle azioni e dunque delle scelte (soluzioni tecnologiche, progettuali, impiego di componenti e materiali) di cui tener conto in una valutazione della sostenibilità di un intervento, in taluni contesti, come strutture d'eccellenza, rappresentano un fattore cardine.

Ciò sia per il loro diretto riflesso sulla "qualità totale" dell'oggetto di valutazione, sia per una serie di effetti indiretti sull'utenza. La prestazione è espressa dall'indicatore, che misura il "comportamento", cioè traduce in numero quanto è distante l'oggetto di valutazione rispetto ad una prestazione-valore di riferimento (benchmark). Ovviamente l'obiettivo è minimizzare o massimizzare l'impatto-effetto a seconda del caso specifico, se gli impatti siano negativi o positivi, affinché la costruzione / intervento risponda nel miglior modo possibile ai seguenti requisiti totali:

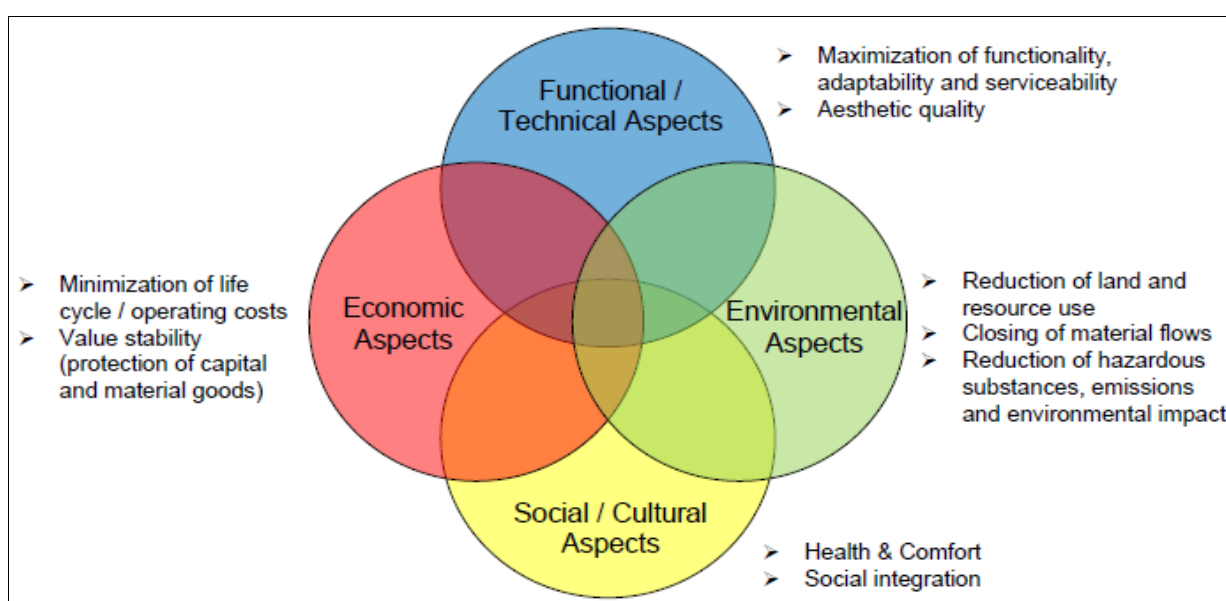


Fig. 3.10 - Ottimizzazione degli aspetti della sostenibilità nelle costruzioni (Lorenz D.)

La prospettiva delle nuove norme armonizzate frutto del lavoro del CEN TC/350 guarda alle prestazioni il più possibile *integrate* nei diversi ambiti (ambientale, sociale, economico), ovvero a soluzioni progettuali / tecnologiche / tecniche che siano efficienti sotto i tre punti di vista contemporaneamente.

Critério / Indicatore / Benchmark

Le prestazioni riguardano:

- ⤴ la reputation dell'università (parametri impiegati nelle metodologie di valutazione della qualità dell'Università - benchmarking internazionali)
- ⤴ la reputation degli stakeholders (buone prestazioni possono essere certificate qualificando gli operatori, es. gli investitori, i progettisti, gli appaltatori, fornitori, ecc)
- ⤴ l'ambiente (efficienza delle soluzioni progettuali e tecniche per il risparmio di acqua, di energia, di risorse e la minimizzazione dei rifiuti)

- ⤴ l'utenza (livello di funzionalità: accessibilità, efficienza spaziale e funzionale)
- ⤴ il proprietario / il gestore (flessibilità, adattabilità).

Come richiamo ai concetti generali, si riportano di seguito: due schematizzazioni di “performances integrate” (Fig. 3.11, Fig. 3.12), comprendenti quelle che vanno dalla qualità della progettazione a quella della fase d'uso, lungo tutto il processo edilizio; due schemi di confronto tra un approccio convenzionale e uno integrato (Fig. 3.13, 3.14), in cui la complessità viene gestita in maniera funzionale all'efficienza del processo decisionale e alla trasparenza della comunicazione; infine una lista di controllo per la valutazione di alternative progettuali in un approccio integrato (Fig. 3.15).

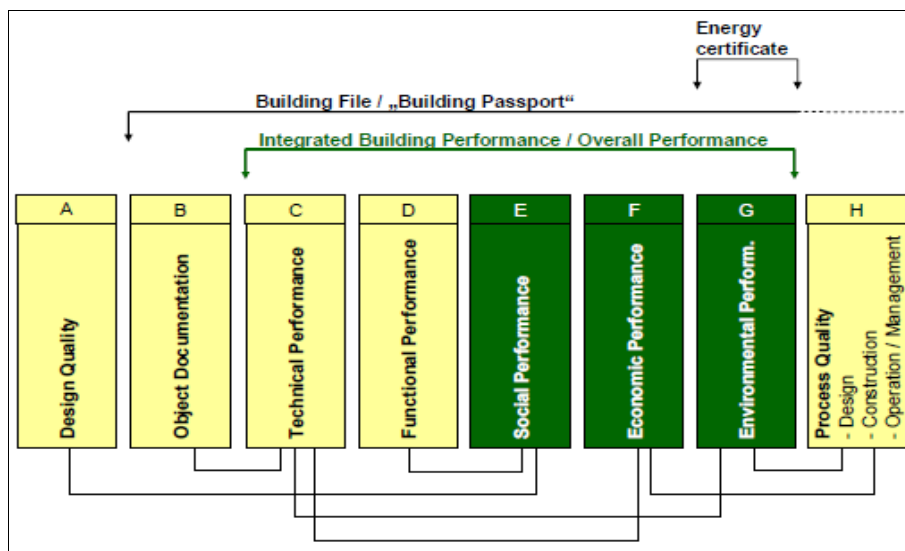


Fig. 3.11 - Schematizzazione di performance integrate (Lützkendorf T., Ilomäki A., 2007)

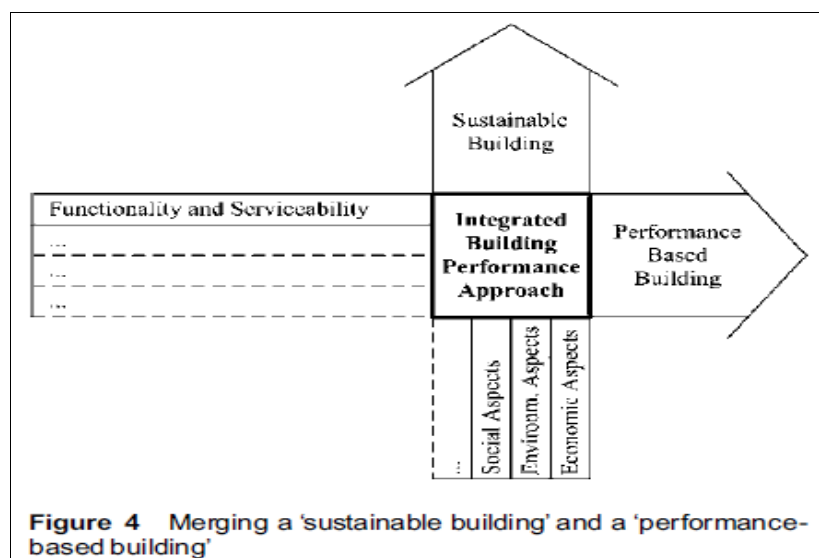


Fig. 3.12 - Schema di processo di un approccio basato sulle performance integrate dell'edificio (Lützkendorf T., Lorenz D., 2006)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

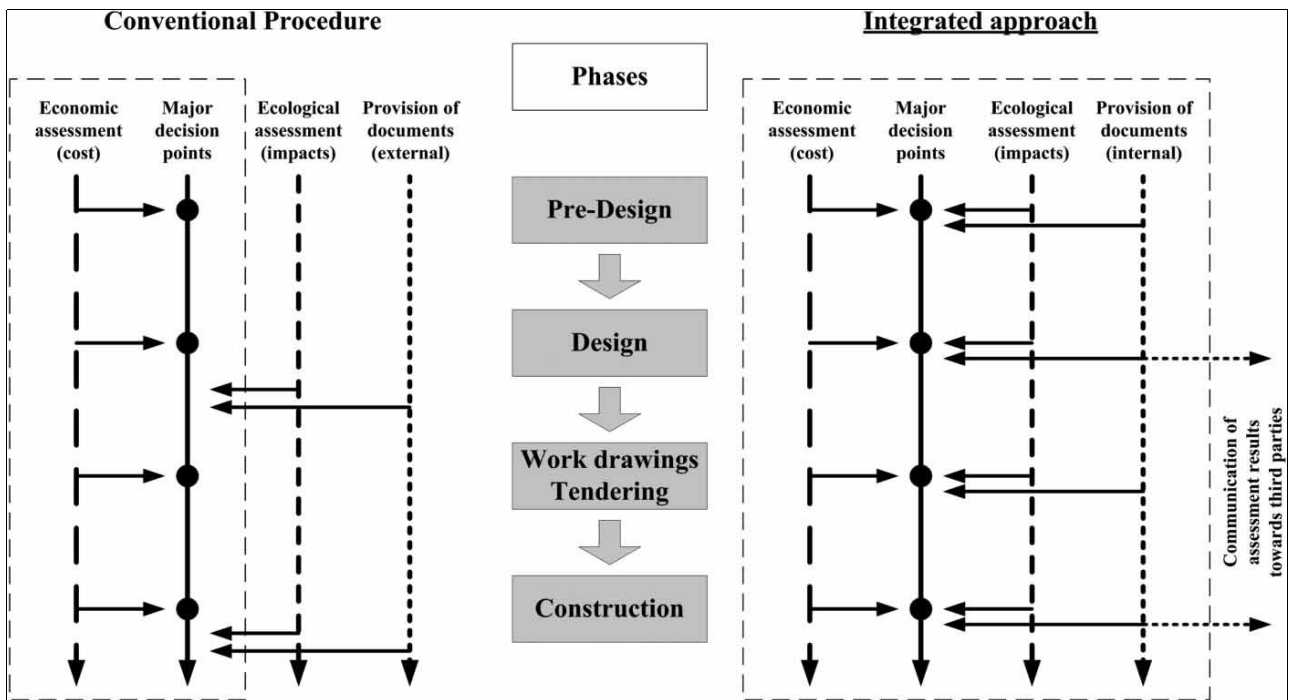


Fig. 3.13 - Confronto tra il processo progettuale convenzionale e nell'approccio integrato (Lützkendorf T., Lorenz D., 2006)

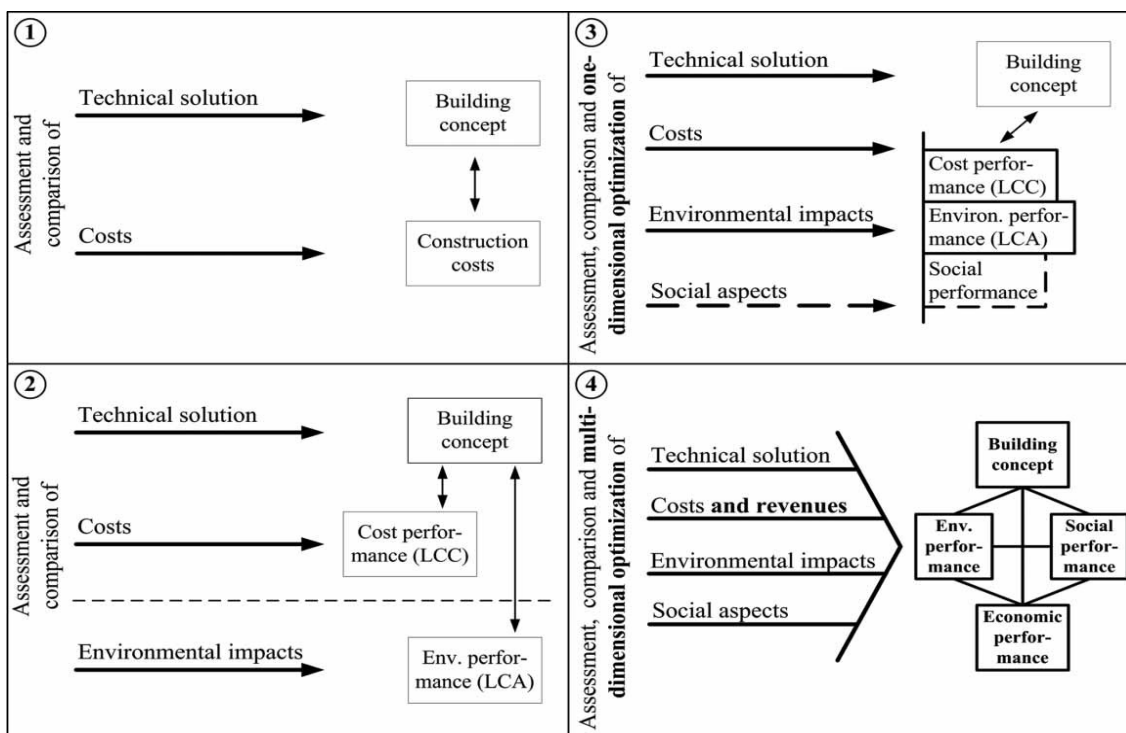


Fig. 3.14 - Evoluzione degli scenari della valutazione degli edifici (Lützkendorf T., Lorenz D., 2006)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

	Question/assessment task	Dimension
A1	To what extent does the construction or engineering solution fulfil the static requirements that result from the intended use of the building?	Technical
A2	What is the total amount of construction cost for the building? What is the total amount of annual operating costs for a given/expected useful lifetime of the building?	Economic
A3	<b>What resource depletion and impacts on the environment result from the construction and use of the building?</b>	<b>Environmental</b>
A4	What is the predicted percentage of dissatisfied building users regarding thermal comfort?	Social
B1	Which material or constructional modification of the construction or engineering solution leads to an extension of the buildings' useful lifetime?	Technical
B2	To what extent do higher investment cost (e.g. for energy efficiency measures) lead to decreased operating cost? (economic payback period)	Economic
B3	<b>To what extent do higher material expenses during the construction phase (e.g. additional insulation) lead to a reduction of environmental impacts during the operating phase (e.g. through reduced emissions caused by lower energy demand)? (energetic/environmental payback period)</b>	<b>Environmental</b>
B4	To what extent does the planned quality of the heat insulation impact on occupants' productivity and satisfaction during the operating phase?	Social
C1	To what extent does a change of technical parameters (e.g. n-values, air renewal rate) lead to a change of occupants' satisfaction?	Integrated
C2	To what extent do higher investment cost (e.g. for energy efficiency measures) lead to a reduction of resource depletion and environmental impact during the operating phase (e.g. additional investment cost per tonne of saved carbon dioxide emissions)?	Integrated
C3	To what extent does a higher degree of occupants' satisfaction reduce the risk of losing the tenant and, as a consequence, improve the building's cash flow and market value?	Integrated
C4	How does the quality of the indoor building environment (e.g. indoor air quality, noise, view, etc.) impact on the health and satisfaction of the building's occupants and users?	Integrated
C5	To what extent does a reduction of resource depletion and environmental impact lead to a decrease of external costs to society?	Integrated

Examples for assessment tasks associated with the evaluation of different design/building solutions

Fig. 3.15 - Esempio di lista di controllo per la valutazione di alternative progettuali in un approccio integrato (Lützkendorf T., Lorenz D., 2006)

### 3.1.3.15 L'output (Multi-indicatore) (L)

I risultati finali del processo di analisi delle relazioni tra i set di variabili, gestita tramite matrici e strutture logiche multi-layer, saranno un *panel di indicatori*.

L'individuazione degli indicatori privilegerà la selezione già disponibile nei documenti del CEN TC 350 sia relativi alle metodologie standardizzate armonizzate, sia a supporto degli sviluppi futuri di queste, in una operazione di trade-off. Secondariamente, verranno considerati quelli adottati nei protocolli commerciali nazionali, già utilizzati e validati. Infine, qualora non reperibili tra quelli disponibili, ne verranno aggiunti degli altri. In sintesi, in ordine di priorità:

- ⤴ Indicatori standard CEN TC 350
- ⤴ Indicatori SuperBuildings
- ⤴ Indicatori Open-House - protocolli nazionali (Leed, Dgnb, Breeam, Itaca, ecc)
- ⤴ Altri indicatori.

Per *prevenire conflitti tra gli stakeholders* (i cui interessi verranno toccati dal DM nelle sue decisioni) e soprattutto seguendo le indicazioni di metodo già fornite nella bozza di standard per la valutazione della performance sociale CEN TC 350 in corso di discussione, il panel di indicatori verrà sottoposto ad un panel di stakeholders, chiedendone una valutazione di interesse. Ciò in analogia al processo già condotto dal gruppo di lavoro del progetto SuPerBuildings su scala europea (escluse alcune nazioni tra cui l'Italia) e confrontando i risultati per target group analoghi.

In sintesi il processo sarà così articolato:

- ⤴ Panel di indicatori provvisorio
- ⤴ Selezione di soggetti appartenenti a gruppi di interesse omogenei
- ⤴ Somministrazione di questionario ai soggetti selezionati con richiesta di espressione di un giudizio di gradimento degli indicatori misurato in scala
- ⤴ Valutazione dei soggetti
- ⤴ Analisi dei dati acquisiti
- ⤴ Elaborazione dei dati (estrazione di strutture di preferenze, di profili e statistiche, attraverso procedure rating-ranking).

Di seguito viene riportato uno schema che evidenzia i principali elementi che intervengono in un processo decisionale (Fig. 3.16).

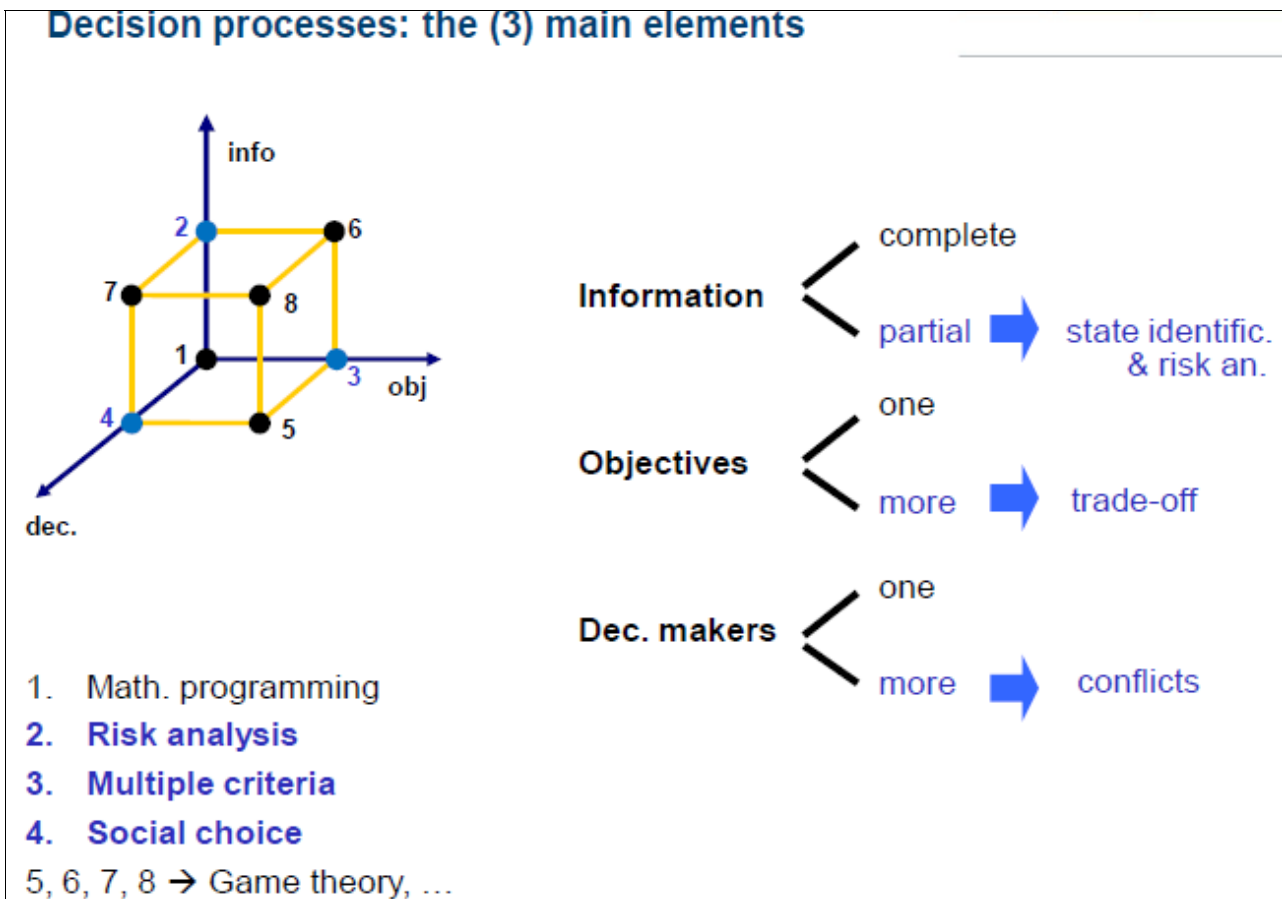


Fig. 3.16 - I principali elementi dei processi decisionali (Colorni A., 2012)

## 3.2 Caso di studio

### 3.2.1 La scala di quartiere: il Campus "Città Studi"

#### 3.2.1.1 Dati generali, consumi e emissioni

Il Campus Leonardo (Fig. 3.17) è il principale dei 7 campus del Politecnico di Milano distribuiti nel territorio della regione Lombardia. Occupa 186.613 m<sup>2</sup> ed è frequentato da oltre 17.000 studenti, cui si aggiungono oltre 1.700 unità di personale (docenti e staff tecnico-amministrativo).

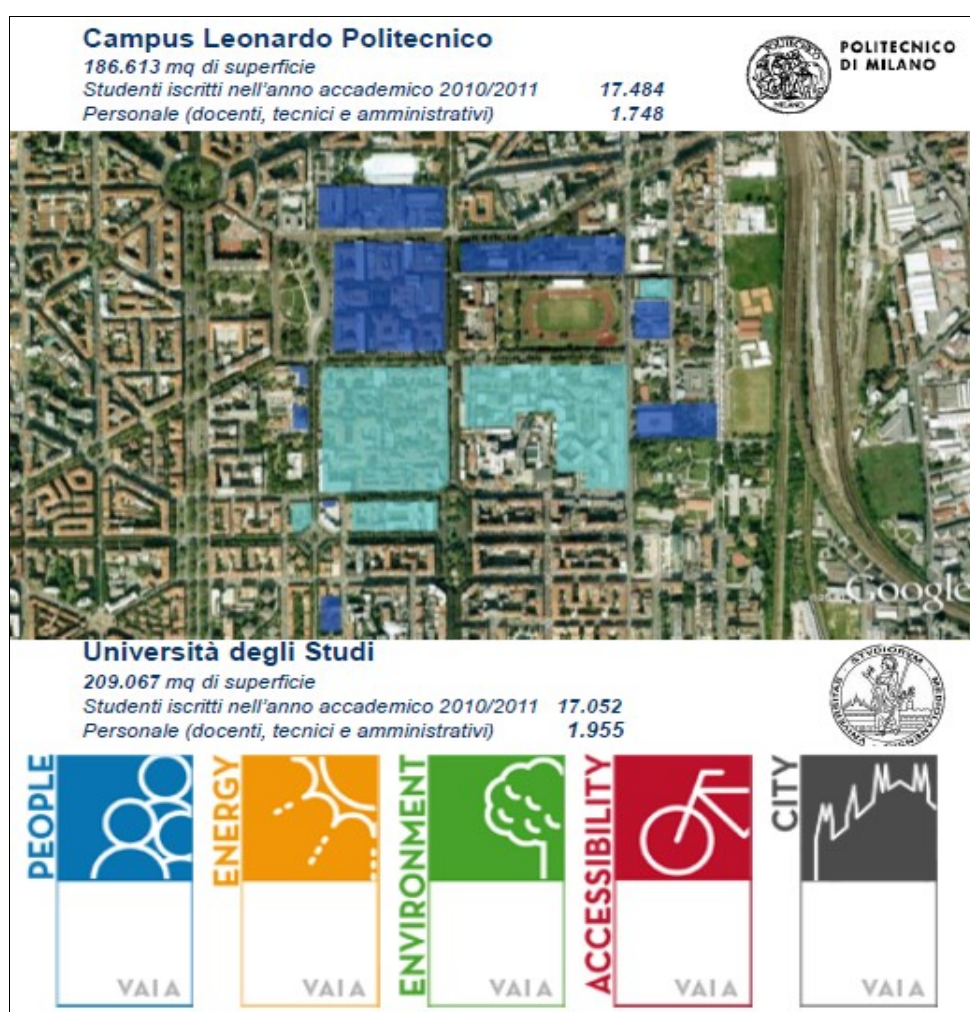


Fig. 3.17 - Planimetria del Campus Leonardo e temi del progetto Campus Sostenibile (Politecnico di Milano, 2012)

Di seguito sono riportati i dati principali (Tab. 3.1, 3.2), relativi alle informazioni generali, ai consumi e alle emissioni.

Tab. 3.1 - Campus Leonardo: dati principali (Scolieri S., 2012)

Indicatori	Unità di misura	Valore	Note
Superficie calpestabile	m <sup>2</sup>	185.990	
edifici	n	27	costruiti tra il 1927 e il 1999
Superfici coperte (interne agli edifici)	m <sup>2</sup>	90.965	
superficie serramenti	m <sup>2</sup>	14.788	Il 50% dei serramenti sono a vetro singolo, il 6% vetro isolante doppio, il 44% con vetrocamera)
Ambienti	n	3.693	destinazioni d'uso: 39% corridoi e spazi comuni, 28% uffici, 13% aule didattiche
Popolazione	n	20.027	
di cui studenti	n	17.187	
Docenti	n	883	
Assegnisti	n	417	
Dottorandi	n	644	
PTA	n	896	

Tab. 3.2 - Campus Leonardo: dati consumi e emissioni (Scolieri S., 2012)

Indicatori	Unità di misura	Anno di riferimento	Valore	Note
Consumi elettrici	kWh a	media 2007 a 2011	18.830.328	(Costo annuale = 3,4 Milioni Euro a)
Consumi elettrici	kWh a	2011	19.686.960	Maggiori consumi nei mesi di giugno e luglio per condizionatori
Consumi elettrici	MWh	2012	14.192	
Consumi per riscaldamento	GJ a	media 2007 a 2011	64.154	Gas naturale
Consumi per riscaldamento	GJ a	2011	57.001	Gas naturale
Emissioni da riscaldamento	tCO <sub>2</sub> a	media 2007 a 2011	3616	Gas naturale
Emissioni da riscaldamento	tCO <sub>2</sub> a	2011	3211	Gas naturale



### 3.2.1.2 Confronto con altre università

Le medie dei consumi rapportate alla superficie del campus (circa 0,12 GJ/m<sup>2</sup> per i consumi elettrici e circa 0,35 GJ per riscaldamento), seppure calcolate negli anni più sfavorevoli, risultano più basse delle medie italiane. Inoltre, risultano sensibilmente inferiori alla media di quelle delle università straniere e praticamente in linea con le minime di queste. La tabella seguente (Tab. 3.3) riporta i dati relativi alle università italiane e straniere.

Tab. 3.3 - Medie dei consumi elettrici e per riscaldamento rilevati nelle università italiane e straniere (Scolieri S., 2012)

<b>Indicatori</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Università</b>	<b>Min</b>	<b>Med</b>	<b>Max</b>
Consumi elettrici	GJ / m <sup>2</sup>	Università italiane		0,27	
		Università europee (italiane escluse)	0,12	0,52	0,71
		Università extra-europee		0,65	
Consumi per riscaldamento	GJ / m <sup>2</sup>	Università italiane		0,48	
		Università straniere europee (italiane escluse)	0,26	0,41	0,67
		Università extra-europee		1,62	

### 3.2.1.3 Altri tipi di emissioni

Oltre ai consumi ed emissioni degli edifici, nella gestione del campus rivestono un ruolo significativo anche i consumi ed emissioni legati al traffico veicolare. Di seguito (Tab. 3.4) i dati calcolati negli ultimi 4 anni e le fonti.

Tab. 3.4 - Medie dei consumi elettrici e per riscaldamento rilevati nelle università italiane e straniere (Scolieri S., 2012)

Indicatori	Unità di misura	Anno di riferimento	Valore	Note
Emissioni da autoveicoli di proprietà del Campus	t CO <sub>2</sub> a	media 2009 a 2011	41	In prevalenza Gasolio
Emissioni da spostamenti motorizzati in entrata al Campus	t CO <sub>2</sub> a	2010	6.354	Metro, autobus, auto, moto, treno, tram, filobus, bici, piedi; distanza media percorsa da 5 a 65 km. Emissioni soli studenti = 78%; Emissioni auto=55%, treno=36%, moto=5%, bus tram filobus=2%, metro 2%
Distanza percorsa in un anno	km	2010	178.561.508	Studenti=149.619.767, altri 28941741
Emissioni da missioni	t CO <sub>2</sub> a	media 2008 a 2011	1.480	Maggior contributo aereo
Emissioni da spostamenti Erasmus	t CO <sub>2</sub> a	media 2011 a 2012	343	Maggior contributo aereo

### 3.2.1.4 Quadro riassuntivo

I dati sopra riportati consentono di produrre un quadro riassuntivo dell'incidenza delle diverse fonti di emissione sul totale del campus (Tab. 3.5). Risulta evidente, dal quadro, che, nonostante sia a livello italiano sia internazionale il Campus Leonardo si posizioni nella fascia meno impattante, sono le emissioni dovute al funzionamento degli edifici (riscaldamento e usi elettrici) quelle prevalenti nel campus, con un totale di oltre il 60% delle emissioni.

Tab. 3.5 - Emissioni prodotte annualmente dal Campus Leonardo (Scolieri S., 2012)

Indicatori	Unità di misura	Valore	%
Totale emissioni anno, di cui:	t CO <sub>2</sub> a	21.544	100
Elettricità			47
Spostamenti motorizzati al Campus			29
Riscaldamento			15
Spostamenti motorizzati missioni			7
Spostamenti Erasmus			1,59
Veicoli di proprietà del Campus			0,19

### 3.2.2 L'edificio: "La Nave"

#### 3.2.2.1 Individuazione del caso studio e dati storici

L'edificio considerato nel caso studio è l'edificio contrassegnato nell'inventario del patrimonio immobiliare del Politecnico di Milano con il numero 14, denominato anche "La Nave" per la forma particolare del corpo di fabbrica principale, dalla pianta allungata e dalle estremità assottigliate, a ricordare appunto la prua e la poppa di una nave. L'ingresso avviene da via Bonardi 9, ma anche dai sottopassi che mettono in comunicazione le due aree vecchia (ingresso da piazza Leonardo da Vinci) e nuova (facoltà di architettura) del campus.

L'edificio è stato individuato come caso studio per una serie di motivi. Il primo riguarda il valore ma allo stesso tempo l'esemplarità.

L'edificio Nave è infatti ritenuto un edificio di pregio architettonico sia dal punto di vista storico sia tecnologico per l'epoca in cui fu costruito. Opera di uno dei maggiori architetti e designer del Movimento Moderno in Italia, Giò Ponti, insieme all'edificio denominato "Trifoglio", venne realizzato tra il 1962 e 1964. Dal 1960 in poi il polo universitario ebbe infatti necessità di

espandersi rapidamente per far fronte all'aumento esponenziale delle richieste di immatricolazione e di porsi come una identità caratterizzante ma allo stesso tempo integrata nel quartiere cittadino, "Città Studi", in attuazione dell'ambizioso progetto di inizio secolo ad opera di altri eminenti architetti: Boito e Mangiagalli.

Con la sua concezione altamente innovativa per l'epoca, l'edificio veniva incontro alle esigenze della formazione universitaria offrendo un'articolazione spaziale e impiegando sistemi tecnologici all'avanguardia, in linea con i più moderni standard per l'edilizia universitaria di quegli anni in Europa. La facciata rivestita in piastrelle sfaccettate, disegnate dal progettista per creare particolari effetti cromatici in funzione della esposizione solare durante l'arco della giornata e delle stagioni, conferisce un aspetto di unicità al La Nave e la necessità di tutelarne nel tempo il valore storico e architettonico. I vincoli di rispetto delle forme originarie, ad oggi opportuni, potrebbero diventare presto impositivi per la proprietà e gli operatori che volessero realizzare interventi di ristrutturazione ma anche di manutenzione straordinaria ed ordinaria, allorché al compiere dei 50 anni di vita, nel 2014, risultasse positiva la verifica di legge, di interesse storico architettonico da parte delle autorità competenti (Ministero dei Beni culturali, Sovrintendenza).

La situazione di appartenere ad un patrimonio immobiliare consistente e pubblico come è quello di proprietà del Politecnico di Milano, di essere esistente e non di nuova costruzione, di essere sottoposto a vincoli di tutela, ed inoltre di relazionarsi in maniera così stretta con il contesto del campus e cittadino, lo rende particolarmente adatto come caso studio per l'individuazione di un metodo come quello oggetto della presente tesi. Inoltre, la sua tipicità è esemplare di una parte significativa del patrimonio edilizio italiano, che richiede sempre più di intervenire in risposta all'obsolescenza e/o al fabbisogno di una crescente sostenibilità, ma in maniera altrettanto responsabile e sostenibile. Gli ampi margini di potenziale trasferibilità del metodo sono pertanto tra i principali motivi che hanno concorso all'identificazione dell'edificio La Nave quale caso studio.

Non trascurabile ai fini della scelta, infine, è stata la verifica della disponibilità di una significativa quantità di dati ed informazioni che, dato l'interesse generale verso l'edificio, nel corso degli anni sono stati raccolti ed elaborati, sia attraverso misurazioni dirette sia calcoli e simulazioni, ed impiegati in tesi e progetti di ricerca.

### **3.2.2.2 Descrizione e dati generali**

L'Edificio 14 ospita sostanzialmente due tipologie di ambienti: aule didattiche ed uffici. E' disposto su 5 livelli per quanto riguarda il corpo aule e 8 livelli per gli uffici facenti capo a vari dipartimenti. Alle due tipologie di ambienti corrispondono differenti altezze di interpiano, per cui i livelli risultano sfalsati e collegati da ascensori e scale. Queste differenze si traducono in uno sfalsamento degli infissi, che creano numerosi giochi di pieni e vuoti, sottolineati ulteriormente dal rivestimento esterno, che con delle fasce e delle cornici marca le solette e le aperture.

Sono presenti in totale 6 vani scala, di cui 4 sono a servizio della zona delle aule e 2 all'interno della zona dei dipartimenti e non raggiungibili dagli studenti.



Fig. 3.18 - Facciata Ovest dell'Edificio 14



Fig. 3.19 - Particolare della facciata dell'Edificio 14

Le immagini che seguono riproducono le planimetrie dei piani terra (Fig. 3.20), primo (Fig. 3.21) e terzo (Fig. 3.22), ad esemplificazione della disposizione delle aule, degli uffici, servizi e collegamenti.

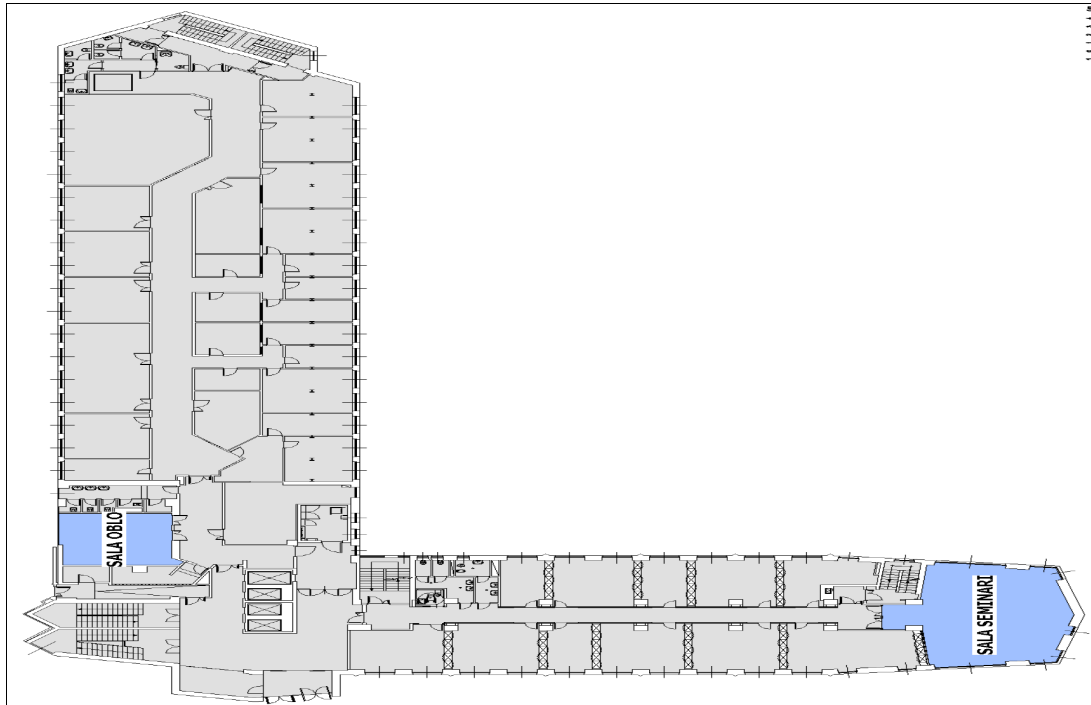


Fig. 3.20 - Planimetria del piano terra dell'Edificio 14 (Politecnico di Milano, 2012)

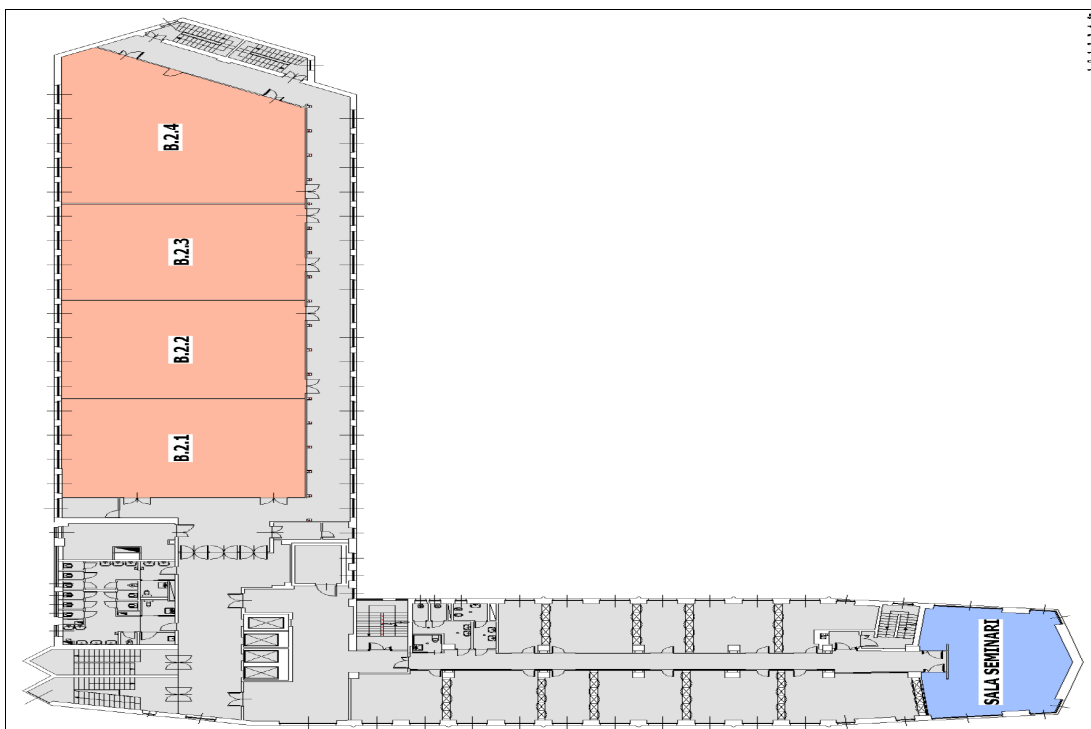


Fig. 3.21 - Planimetria del piano primo dell'Edificio 14 (Politecnico di Milano, 2012)

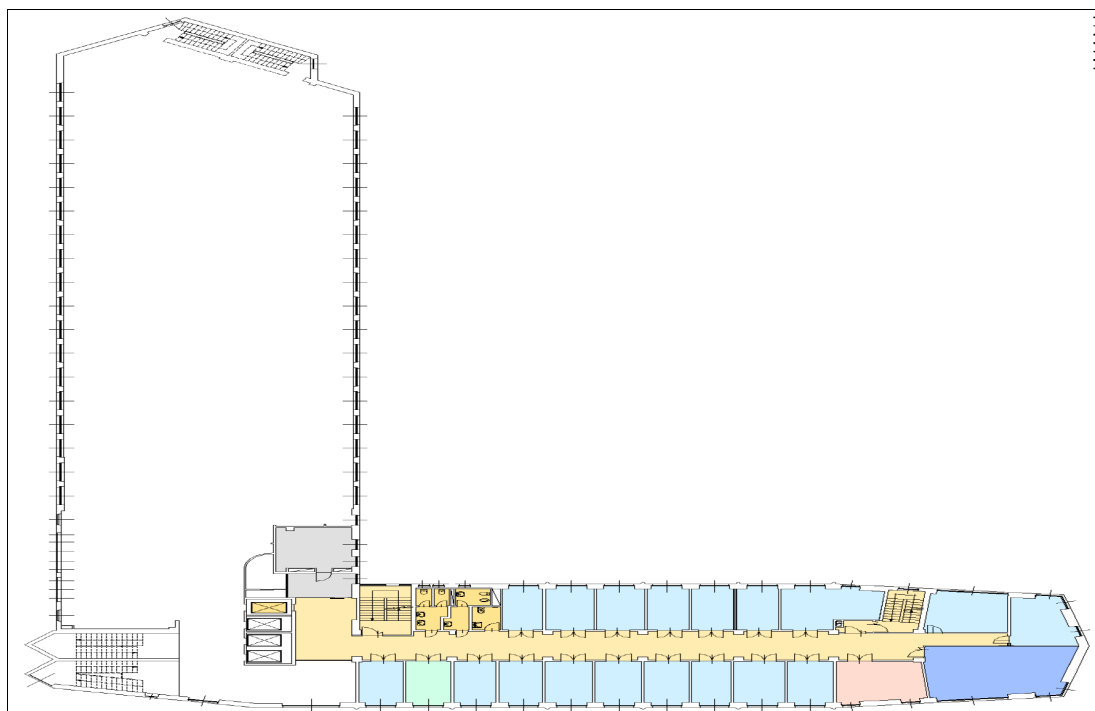


Fig. 3.22 - Planimetria del piano terzo dell'Edificio 14 (Politecnico di Milano, 2012)

Di seguito (Tab. 3.6, 3.7) sono riportati i dati quantitativi generali.

Tab. 3.6 - Dati quantitativi generali dell'Edificio 14 (Maltese S., 2011)

Indicatori	Unità di misura	Valore
<b>Superfici</b>		
Calpestabile	m <sup>2</sup>	13.482 (seminterrato + terra + 8 piani, di cui su 6 piani 27 aule, e 8 piani uffici)
Superficie aule	m <sup>2</sup>	3.334
Superficie uffici	m <sup>2</sup>	6.109 (114 uffici)
Involucro: sup. disperdente	m <sup>2</sup>	8.276 di cui finestre: 1431, copertura: 1973
Zone termiche	m <sup>2</sup>	14.658
<b>Volumi</b>		
Totale	m <sup>3</sup>	76.188
Zone termiche	m <sup>3</sup>	58.695

Tab. 3.7 - Dati relativi all'utenza dell'Edificio 14 (Maltese S., 2011)

Indicatori	Unità di misura	Valore
Media utenti per aula	n	50
Affollamento massimo per aula	n	75
Affollamento totale aule	n	990
Utenti dipendenti negli uffici (totale)	n	160

### 3.2.2.3 Sistemi e tecnologie costruttive

Le *chiusure verticali* sono di diverso spessore, ma comunque tutte a cassa vuota non o poco isolate. Il doppio tavolato in laterizio forato non portante presenta una camera d'aria interposta di spessore rilevante (dai 23 ai 30 cm).

La faccia interna è in tutti i tamponamenti finita con uno strato di intonaco di calce e cemento mentre quella esterna è rivestita in piastrelle di ceramica vetrificata.

Le chiusure si estendono da soletta a soletta, creandosi pertanto ponti termici in corrispondenza dei solai. Nello spessore, direttamente al di sotto degli architravi, sono ricavati i cassonetti che ospitano sistemi di oscuramento avvolgibili. Particolarmente critici dal punto di vista termico risultano le chiusure dei vani scala, costituite da setti in calcestruzzo armato e le parti di facciata realizzate con pannelli in fibrocemento, che chiudono le aperture per la ventilazione posizionate al di sotto delle finestre degli uffici.

La tabella (Tab. 3.8) che segue riporta le trasmittanze dei diversi tamponamenti.

Tab. 3.8 - Trasmittanze delle chiusure verticali opache dell'Edificio 14 (Maltese S., 2011)

Chiusura verticale opaca	Trasmittanza U (W/m <sup>2</sup> K)
Nord	0,93
Sud	0,60
Ovest	1,08
Est	1,08
Vani scala	2,40

I serramenti, che occupano oltre il 17% della superficie disperdente, appartengono alle seguenti tipologie:

- Finestre scorrevoli a due ante
- Finestre ad anta singola
- Finestre ad anta doppia
- Finestre ad anta singola con parte inferiore vetrata fissa
- Portefinestre ad anta singola
- Portefinestre ad anta
- Vetrocemento fisso
- Finestre non apribili.



I telai originali sono in acciaio, il vetro è singolo. Le trasmittanze sono indicate di seguito (Tab. 3.9, Tab. 3.10).

Tab. 3.9 - Trasmittanze delle chiusure verticali trasparenti dell'Edificio 14 (Maltese S., 2011)

Chiusure verticali trasparenti	Trasmittanza U (W/m <sup>2</sup> K)
Finestre	5,43
Vetrocemento	3,93

Tab. 3.10 - Trasmittanze dei singoli componenti dei serramenti dell'Edificio 14 (Maltese S., 2011)

Componenti finestre	Trasmittanza U (W/m <sup>2</sup> K)
Vetro singolo	5,5
Telaio in acciaio	4,8

Le *partizioni interne* tra gli ambienti sono fondamentalmente di due tipologie: tavolati composti da blocchi forati in laterizio posati a fori orizzontali e pannelli di materiale plastico o di cartongesso con vari tipi di finitura.

Entrambe le partizioni non presentano elevati livelli di isolamento termico e acustico.

Per quanto concerne la *chiusura orizzontale di copertura*, dalle indagini stratigrafiche compiute, si ipotizza questa sia costituita da una soletta in calcestruzzo armato dello spessore di 10 cm sostenuta da travi in acciaio IPE600 su cui è posato un massetto alleggerito e uno strato di tenuta all'acqua. Non risulta presente alcun tipo di isolante. La trasmittanza calcolata U (W/m<sup>2</sup> K) è pari a 0,58.

Internamente, è protetta da un controsoffitto in pannelli di tipologia diversa a seconda del livello, che lascia in vista buona parte delle IPE600 della struttura.

La *partizioni orizzontali interne* che separano i piani sono composte da una struttura in cemento armato finita con una pavimentazione posata su massetto di sabbia e cemento. L'intradosso è dotato di controsoffitto. La resistenza totale del pacchetto U (W/m<sup>2</sup> K) risulta pari a 0,73.

La *chiusura orizzontale inferiore* risulta composta da un vespaio in ghiaia, un getto di calcestruzzo armato e finita con un pavimento sopraelevato. La resistenza totale del pacchetto U (W/m<sup>2</sup> K) risulta pari a 0,60.

Per quanto concerne i sistemi *impiantistici*, l'edificio è riscaldato e raffrescato attraverso un sistema di teleriscaldamento collegato direttamente alla centrale termica principale del Politecnico, alimentata a gas metano.

L'impianto si può dividere in due zone termiche principali: la prima comprendente gli uffici e dipartimenti, servita da fancoil con regolazione manuale tramite termostato; la seconda comprendente le aule, i disimpegni riscaldati e i servizi igienici servita con radiatori senza alcun impianto di climatizzazione estiva.

Dove è presente solo l'impianto di riscaldamento, composto da radiatori posti sotto le finestre di

tutte le aule e nei disimpegni, non vi è regolazione di zona né per quanto riguarda temperatura né accensione / spegnimento. Negli uffici invece è possibile regolare la temperatura durante tutto l'arco dell'anno.

Il ricambio d'aria è di tipo naturale, tramite apertura dei serramenti da parte dell'utente. Non sono infatti presenti sistemi meccanici, se non gli impianti di aspirazione dei servizi igienici.

L'impianto idrico fornisce acqua calda sanitaria e fredda ai servizi che sono collocati in due zone, una nel blocco aule, l'altra in quello dei dipartimenti-uffici.

L'impianto elettrico fornisce corrente alle prese di forza motrice e all'impianto di illuminazione. Alimenta inoltre 4 ascensori, di cui tre a servizio di tutta l'utenza e uno a servizio dei soli dipartimenti. Non è presente ad oggi alcun impianto centralizzato di controllo dell'accensione delle luci nelle aule e negli uffici.

#### **3.2.2.4 Problemi riscontrati**

All'epoca dell'analisi delle condizioni dell'edificio e di progettazione degli interventi edilizi (2011), risultavano presenti diverse carenze, sia a carico dei componenti edilizi, per la maggior parte dovute ad obsolescenza, sia degli impianti. Inoltre, sussistevano, come ancora sussistono nonostante alcuni interventi di manutenzione straordinaria recentemente eseguiti, numerosi problemi di gestione. La mancata ottimizzazione del funzionamento degli impianti è causa ancora oggi, infatti, di sprechi di risorse e di insoddisfazione delle esigenze dell'utenza.

Tra le prime carenze (degrado dei componenti), in particolare, si evidenziano:

- ⤴ deterioramento dei telai dei serramenti, con tracce di corrosione e svincolamento dalla sede originaria, con creazione di spazi di infiltrazione di acqua piovana ed aria
- ⤴ deterioramento dei davanzali interni ed esterni, con distacco di vernice di finitura
- ⤴ spostamento, rottura o mancanza dei blocchi di vetrocemento posizionati al di sopra delle finestre scorrevoli nella zona delle aule
- ⤴ deterioramento o mancanza dei pannelli in fibrocemento nelle aperture sottostanti le finestre degli uffici, con creazione di spazi di infiltrazione di acqua piovana ed aria
- ⤴ degrado e malfunzionamento dei sistemi di oscuramento esterni (avvolgibili) e mancanza di coibentazione dei cassonetti
- ⤴ diffusi distacchi di piastrelle di rivestimento della facciata.

Tra i problemi maggiori riscontrati a livello gestionale, risultano:

- ⤴ mancato spegnimento del sistema di illuminazione quando i locali sono inutilizzati e di regolazione dell'illuminazione, con conseguenze legate sia al comfort sia all'uso dell'energia
- ⤴ funzionamento degli impianti di climatizzazione anche nei locali inutilizzati, oppure in condizione di apertura dei serramenti, o ancora con temperature di set-point eccessivamente alte o basse
- ⤴ mancanza di un impianto di regolazione che tenga conto degli apporti solari e interni.

#### **3.2.2.5 Fabbisogno energetico**

Per il calcolo del fabbisogno di energia termica è stato creato un modello tridimensionale in Revit Architecture (Maltese S., 2011) sulla base delle caratteristiche dell'edificio. Ad ogni locale sono state associate numerose informazioni come previsto nelle linee guida del BIM (Building Information Modeling). Tra le informazioni utilizzate, vi sono quelle tratte dall'analisi dei consumi effettuate dagli uffici tecnici del Politecnico.

Il dato relativo all'energia elettrica è stato invece ricavato dai consumi elettrici effettivi riferiti all'anno 2012.

Di seguito (Tab. 3.11) i dati ottenuti:

Tab. 3.11 - Fabbisogno di energia primaria e consumi elettrici dell'Edificio 14 (Maltese S., 2011)

Indicatori	Unità di misura	Valore
Fabbisogno energia primaria riscaldamento EPh (aule+uffici)	kWh a kWh / m <sup>2</sup> a	1.337.062 141,59
Fabbisogno energia primaria raffrescamento EPc (uffici)	kWh a kWh / m <sup>2</sup> a	85.350 35,15
Consumi energia elettrica (2012)	MWh	992

### 3.2.2.6 Comfort termico

Il livello di comfort termico interno è basso, soprattutto nelle aule, dove si avverte la mancanza di un impianto di climatizzazione. I carichi solari ed interni si trasformano così in discomfort che si avverte in particolar modo durante la stagione estiva.

Le simulazioni sono state svolte con il supporto del software Ecotect (Maltese S., 2011), che utilizza il metodo di Fanger, in condizioni climatiche esterne particolarmente sfavorevoli (luglio) e ipotizzando una occupazione di 50 persone. Il PMV (Predicted Mean Vote), in un intervallo tra 0 (massimo comfort termico raggiungibile dall'utente) e +3,00, è stimato pari a una media di 2.99 con zone in cui si riduce a 2,00 e altre in cui aumenta fino a 3,5.

Il calcolo della PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) raggiunge invece il 100% di utenti insoddisfatti.

L'addizionale calcolo della velocità dell'aria richiesta per garantire il comfort termico interno risulta pari ad una media di 2,50 m/s, valore troppo elevato per garantire anche il comfort degli utenti.

Il calcolo del periodo di discomfort complessivo attraverso la valutazione dei gradi ora (integrale della moltiplicazione del tempo in cui la temperatura limite massima o minima viene superata per il delta di temperatura), considerando una temperatura limite di 26 gradi centigradi, per tutte le aule e in tutti i mesi dell'anno è stato effettuato con metodo "free running" (metodo utilizzato per edifici con ventilazione naturale).

Le ore di troppo caldo (gradi ora) risultano essere 97.147 in totale, con picchi anche nei mesi invernali. Ciò è dovuto all'assenza di un sistema di regolazione di zona dell'impianto di riscaldamento.

Le ore di troppo freddo (gradi ora) risultano invece 404.564, con massima incidenza, ovviamente, nei mesi invernali.

Le ore di discomfort giornaliere sulle 24 ore sono concentrate principalmente nel periodo di occupazione dell'edificio, e in particolare tra maggio e luglio e nel mese di settembre, oscillando tra il 36% (maggio) e il 82% (luglio).

### 3.2.2.7 Comfort acustico

Il comfort acustico è stato valutato attraverso il calcolo dell'isolamento medio della facciata, attraverso la formula (Maltese S., 2011):

$$\bar{R} = 10 \log_{10} \left( \frac{S}{\sum_{i=1}^n \tau_i S_i} \right) [dB]$$

Dove:

- $\bar{R}$  è il potere fonoisolante medio;
- $S$  è la superficie totale oggetto di analisi, in  $m^2$ ;
- $S_i$  è la superficie del componente  $i$ -esimo;

Il coefficiente di trasmissione acustica è stato calcolato attraverso la formula (Maltese S., 2011):

$$\tau = \frac{1.75 \cdot 10^4}{M^2 f^2}$$

Dove:

- $\tau$  è il coefficiente di trasmissione acustica;
- $M$  è la massa del componente, in  $kg/m^2$ ;
- $F$  è la frequenza, in Hz.

Il livello di isolamento acustico di facciata  $R$  medio (dB), calcolato come valore medio tra chiusura verticale opaca (48,22), serramento (27,50) e vetrocemento (35), è pari a 39,33.

### 3.2.2.8 IAQ – Qualità dell'aria interna

In base alla norma UNI EN 15251:2008 “Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica”, la IAQ è stata valutata (Maltese S., 2011) attraverso la PPD, funzione dei ricambi orari e della portata d'aria per singola persona. La PPD (%) dello stato di fatto, considerata l'assenza di un impianto di ventilazione meccanizzata, è stimata pari a 54,9. L'alto valore è causato dalla tipologia di apertura (scorrevole) dei serramenti presenti, che rispetto all'anta totalmente apribile limita del 50% la superficie di aerazione.

### 3.2.2.9 Illuminazione

Il livello di illuminamento medio dell'ambiente è stato calcolato (Maltese S., 2011) in base alla UNI EN 15193:2008 “Prestazione energetica degli edifici - Requisiti energetici per illuminazione“, con il supporto del software Ecotect. La superficie in cui si verificano fenomeni di abbagliamento nelle aule  $P_{sup\_insoddisfatti}$  (%) è stimata nella misura del 30%.

## 3.2.3 Le alternative progettuali

### 3.2.3.1 Introduzione

Le alternative progettuali oggetto della valutazione sono state individuate (Maltese S., 2011) in base alle necessità di intervento sui sistemi edilizi che si sono evidenziate a seguito dell'analisi del degrado e delle carenze gestionali e delle priorità individuate nel corso dei lavori del tavolo Environment del Campus Città Studi Sostenibile. Il confronto con gli uffici tecnici ha consentito di

valutarne la fattibilità, in funzione dei programmi di riqualificazione del patrimonio edilizio elaborati da parte del Politecnico per i prossimi anni. Proprio in quest'ottica, l'elenco finale è stato selezionato per offrire un ventaglio ampio di tipologie di intervento al futuro decisore ed attuatore. Tutte le alternative sono state progettate nel rispetto delle leggi e normative vigenti, con l'obiettivo di operare sull'edificio in chiave sostenibile, ovvero mediante sostituzione e/o aggiunta di sistemi e componenti edilizi-impiantistici che migliorino il suo livello di comfort e sicurezza, prolungando la vita di parti di esso e dell'edificio nel suo complesso, diminuendone al contempo gli impatti ambientali (energia e risorse) e possibilmente anche i costi operativi. Tutte le soluzioni prevedono inoltre l'impiego di materiali ad elevate prestazioni e l'applicazione delle più avanzate tecnologie. Si è anche posta l'attenzione al riciclo e riuso di materiali e componenti, nonché all'impiego di materiali provvisti di etichettature di ridotto impatto ecologico. Le scelte, in definitiva, sono state operate in un'ottica attenta al ciclo di vita e all'impiego delle best practices, oltre che nel rispetto di vincoli di tutela del valore e delle caratteristiche storiche e artistiche dell'edificio originario. Di seguito sono descritte le tipologie di intervento.

### 3.2.3.2 Interventi sulle chiusure verticali opache

La progettazione degli interventi delle chiusure verticali opache è stata operata in funzione degli obiettivi e dei limiti massimi per la trasmittanza ( $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) imposti dalla legislazione nazionale e regionale in materia di contenimento energetico degli edifici, facenti capo al D. Lgs. 311 del 29/12/2006 "Disposizioni correttive ed integrative al D. Lgs. 19/08/2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia". Ciò in quanto le trasmittanze termiche delle chiusure allo stato di fatto non risultavano in linea con i valori minimi. Non potendo operare con coibentazione all'esterno per motivi di tutela dell'aspetto originario, si è pertanto ipotizzato una duplice tipologia di intervento possibile:

- ▲ isolamento interno in controparete
- ▲ isolamento interno nella parete.

L'*isolamento interno in controparete* prevede l'applicazione sul lato interno di una controparete in cartongesso con interposto isolante termico, con l'impiego di guide metalliche e senza uso di collanti. La tabella seguente (Tab. 3.12) riporta le trasmittanze medie dell'involucro raggiunte dalle diverse soluzioni, di cui sono riportati i codici dell'elenco delle alternative.

Tab. 3.12 - Materiali isolanti e trasmittanze medie dell'involucro per le diverse soluzioni progettuali con isolamento interno in controparete per le chiusure verticali opache (Maltese S., 2011)

<b>Materiale isolante</b>	<b>Trasmittanza media chiusura verticale opaca (<math>\text{W/m}^2 \text{ K}</math>)</b>	<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>
Lana di vetro	0,254	CVO.CP	A.01
EPS	0,259	CVO.CP	A.02
Lana di roccia	0,239	CVO.CP	A.03
Vetro cellulare	0,267	CVO.CP	A.04

L'*isolamento in intercapedine* invece prevede l'insufflaggio di materiale isolante nella camera d'aria della chiusura verticale opaca. La tabella seguente (Tab. 3.13) riporta materiali ipotizzati e relative trasmittanze raggiunte.

Tab. 3.13 - Materiali isolanti e trasmittanze medie dell'involucro per le diverse soluzioni progettuali con isolamento interno per le chiusure verticali opache (Maltese S., 2011)

<b>Materiale isolante</b>	<b>Trasmittanza media chiusura verticale opaca (W/ m<sup>2</sup> K)</b>	<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>
EPS	0,242	CVO.INT	A.05
Fibra di cellulosa additivate con sali di boro	0,251	CVO.INT	A.06

### 3.2.3.3 Sostituzione dei pannelli di fibrocemento

L'intervento prevede la sostituzione dei pannelli esistenti con pannelli e finiture esterne simili nell'aspetto (lamiera metallica), isolati e finiti internamente con una lastra in cartongesso. La tabella seguente (Tab. 3.14) riporta materiali ipotizzati e relative trasmittanze raggiunte.

Tab. 3.14 - Materiali isolanti e trasmittanze per le diverse soluzioni progettuali di sostituzione dei pannelli di fibrocemento (Maltese S., 2011)

<b>Materiale isolante</b>	<b>Trasmittanza media chiusura verticale opaca (W/ m<sup>2</sup> K)</b>	<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>
Lana di vetro	0,283	FIBR	A.07
Lana di roccia	0,262	FIBR	A.08

### 3.2.3.4 Interventi sulle chiusure verticali trasparenti

L'intervento consiste nella sostituzione dei serramenti esistenti completi dei sistemi oscuranti. Le soluzioni consistono in serramenti a taglio termico in diversi materiali (pvc, alluminio, acciaio), vetrocamera con vetro doppio e triplo, completati con oscuranti di diverse tipologie (avvolgibili, veneziane integrate in vetrocamera, veneziane interne) e materiali (alluminio, pvc). La tabella seguente (Tab. 3.15) riporta le soluzioni ipotizzate e relative trasmittanze raggiunte.

Tab. 3.15 - Chiusure verticali trasparenti e trasmittanze

Serramento (telaio/vetrocamera/oscuramento)	Trasmittanza (W/ m <sup>2</sup> K)	Categoria	Intervento
Pvc / doppio vetro / veneziane interne	1,3	SER	A.09
Pvc / doppio vetro / veneziane integrate	1,2	SER	A.10
Pvc / doppio vetro / avvolgibile in pvc	1,0	SER	A.11
Pvc / doppio vetro / avvolgibile in alluminio	1,1	SER	A.12
Pvc / triplo vetro / veneziane interne	1,2	SER	A.13
Pvc / triplo vetro / veneziane integrate	1,1	SER	A.14
Pvc / triplo vetro / avvolgibile in pvc	0,9	SER	A.15
Pvc / triplo vetro / avvolgibile in alluminio	1,0	SER	A.16
Alluminio / doppio vetro / veneziane interne	1,4	SER	A.17
Alluminio / doppio vetro / veneziane integrate	1,3	SER	A.18
Alluminio / doppio vetro / avvolgibile in pvc	1,1	SER	A.19
Alluminio / doppio vetro / avvolgibile in alluminio	1,2	SER	A.20
Alluminio / triplo vetro / veneziane interne	1,3	SER	A.21
Alluminio / triplo vetro / veneziane integrate	1,2	SER	A.22
Alluminio / triplo vetro / avvolgibile in pvc	1,0	SER	A.23
Alluminio / triplo vetro / avvolgibile in alluminio	1,1	SER	A.24
Acciaio / doppio vetro / veneziane interne	1,4	SER	A.25
Acciaio / doppio vetro / veneziane integrate	1,3	SER	A.26
Acciaio / doppio vetro / avvolgibile in pvc	1,1	SER	A.27
Acciaio / doppio vetro / avvolgibile in alluminio	1,2	SER	A.28
Acciaio / triplo vetro / veneziane interne	1,3	SER	A.29
Acciaio / triplo vetro / veneziane integrate	1,2	SER	A.30
Acciaio / triplo vetro / avvolgibile in pvc	1,0	SER	A.31
Acciaio / triplo vetro / avvolgibile in alluminio	1,1	SER	A.32

### 3.2.3.5 Sostituzione delle chiusure in vetrocemento

La gamma delle soluzioni in questo caso comprende:

- ♣ sostituzione dei blocchetti mancanti o deteriorati con blocchetti nello stesso materiale originario
- ♣ sostituzione di tutti i blocchetti con altri con le stesse caratteristiche estetiche ma basso emissivi
- ♣ sostituzione di tutti i blocchetti con prodotti isolanti trasparenti inseriti in vetrocamera

(transparent insulation material - Tim).

La tabella seguente (Tab. 3.16) riporta materiali ipotizzati e relative trasmittanze raggiunte.

Tab. 3.16 - Materiali isolanti e trasmittanze per le diverse soluzioni progettuali di ripristini/sostituzione delle chiusure in vetrocemento (Maltese S., 2011)

Prodotto	Trasmittanza chiusura verticale (W/m <sup>2</sup> K)	Categoria	Intervento
Blocchetti normali	0,281	VCEM	A.33, A.34
Blocchetti vetro basso emissivo	1,50	VCEM	A.35
Tim	0,80	VCEM	A.36

### 3.2.3.6 Interventi sulla copertura

Le soluzioni ipotizzate sono di due tipi: completo rifacimento della copertura, con miglioramento del comfort acustico e rispetto del limite di trasmittanza termica imposto dalla legislazione in materia (isolamento con EPS e controsoffitto isolato).

La seconda soluzione non prevede isolamento della soletta di copertura, ma solo interno al controsoffitto.

La tabella seguente (Tab. 3.17) riporta le trasmittanze raggiunte dalla copertura in funzione delle due tipologie di intervento.

Tab. 3.17 - Trasmittanze per le diverse soluzioni progettuali di intervento sulla copertura (Maltese S., 2011)

Soluzione	Trasmittanza chiusura orizzontale (W/m <sup>2</sup> K)	Categoria	Intervento
Rifacimento copertura	0,184	COP	A.37
Isolamento controsoffitto	0,237	COP	A.38

### 3.2.3.7 Interventi impiantistici

Data l'inadeguatezza degli impianti di riscaldamento e climatizzazione e di illuminazione, come si è precedentemente evidenziato, le innovazioni sono finalizzate in particolare al risparmio energetico e all'aumento del comfort degli ambienti.

Per quanto concerne il sistema di *accensione/spegnimento dell'impianto di illuminazione*, questo è pensato come sistema di controllo centralizzato ma anche puntuale per l'attivazione delle luci presenti in base alla presenza/assenza dell'utenza.

Un'altra soluzione relativa all'illuminazione consiste invece nell'installazione di un sistema di



regolazione e controllo dell'impianto di illuminazione ad integrazione del precedente, in grado anche di variare l'illuminazione delle aule in funzione di un livello di comfort visivo prestabilito (300 lux).

Un sistema di *regolazione di zona dell'impianto di riscaldamento* consentirebbe di variare l'apporto energetico nelle aule in funzione degli apporti gratuiti (sole, persone, macchinari).

Il sistema prevede l'installazione di valvole termostatiche su ogni radiatore.

La soluzione per la *climatizzazione*, con impianto canalizzato di trattamento, prelievo e immissione di aria nelle aule potrebbe non solo aumentare il comfort interno, soprattutto nel periodo estivo, ma anche ridurre i consumi energetici per perdite di calore per ricambi d'aria naturali.

### 3.2.3.8 Codifica degli interventi

Tutte le opzioni di intervento su descritte sono oggetto di codifica, per categoria e alternativa, per poterne agevolmente valutare le rispettive prestazioni e gli impatti, in funzione del confronto necessario per la valutazione di sostenibilità. Di seguito l'elenco (Tab. 3.18) delle categorie.

Tab. 3.18 - Codici delle categorie degli interventi

<b>Codici categorie delle alternative progettuali</b>
CVO.CP Interventi sulle chiusure verticali opache: controparete (A.01 lana di vetro / A.02 EPS / A.03 lana di roccia / A.04 vetro cellulare)
CVO.INT Interventi sulle chiusure verticali opache: isolamento in intercapedine (A.05 EPS / A.06 cellulosa)
FIBR Interventi sulle chiusure verticali opache (A.07 lana di vetro / A.08 lana di roccia)
SER Interventi sulle chiusure verticali trasparenti: sostituzione serramenti e schermature (pvc / alluminio / acciaio; doppio / triplo vetro; combinazioni: A.09 a A.32)
VCEM Interventi sulle chiusure verticali trasparenti: sostituzione vetrocemento (A.33 normale / A.34 normale parziale / A.35 basso emissivo / A.36 Tim)
COP Interventi sulla copertura: isolamento termico (A.37 esterno con EPS protetto da TNT / 2 / A.38 interno con isolante in controsoffitto)
ILL Interventi impiantistici: regolazione e controllo illuminazione (A.39 accensione e spegnimento / A.40 regolazione e controllo)
RISC Interventi impiantistici: regolazione riscaldamento (A.41 valvole termostatiche)
TA Interventi impiantistici: trattamento aria (A.42 ventilazione meccanizzata / A.43 impianto di climatizzazione)

Di seguito invece codici e descrizione dei singoli interventi (Tab. 3.19).

Tab. 3.19 - Codici di tutti gli interventi e descrizione (1/2)

<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>	<b>Descrizione</b>
CVO.CP	A.01	Chiusura verticale opaca: isolamento dall'interno con lana di vetro
CVO.CP	A.02	Chiusura verticale opaca: isolamento dall'interno con EPS
CVO.CP	A.03	Chiusura verticale opaca: isolamento dall'interno con lana di roccia
CVO.CP	A.04	Chiusura verticale opaca: isolamento dall'interno con vetro cellulare
CVO.INT	A.05	Chiusura verticale opaca: isolamento dell'intercapedine con perle di EPS
CVO.INT	A.06	Chiusura verticale opaca: isolamento dell'intercapedine con fibra di cellulosa
FIBR	A.07	Sostituzione del pannello di fibrocemento con pannello coibentato con lana di vetro
FIBR	A.08	Sostituzione del pannello di fibrocemento con pannello coibentato con lana di roccia
SER	A.09	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Pvc / doppio vetro / veneziane interne
SER	A.10	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Pvc / doppio vetro / veneziane integrate
SER	A.11	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Pvc / doppio vetro / avvolgibile in pvc
SER	A.12	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Pvc / doppio vetro / avvolgibile in alluminio
SER	A.13	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Pvc / triplo vetro / veneziane interne
SER	A.14	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Pvc / triplo vetro / veneziane integrate
SER	A.15	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Pvc / triplo vetro / avvolgibile in pvc
SER	A.16	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Pvc / triplo vetro / avvolgibile in alluminio
SER	A.17	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Alluminio / doppio vetro / veneziane interne
SER	A.18	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Alluminio / doppio vetro / veneziane integrate
SER	A.19	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Alluminio / doppio vetro / avvolgibile in pvc
SER	A.20	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Alluminio / doppio vetro / avvolgibile in alluminio
SER	A.21	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Alluminio / triplo vetro / veneziane interne
SER	A.22	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Alluminio / triplo vetro / veneziane integrate

Tab. 3.19 - Codici di tutti gli interventi e descrizione (2/2)

<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>	<b>Descrizione</b>
SER	A.23	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Alluminio / triplo vetro / avvolgibile in pvc
SER	A.24	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Alluminio / triplo vetro / avvolgibile in alluminio
SER	A.25	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Acciaio / doppio vetro / veneziane interne
SER	A.26	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Acciaio / doppio vetro / veneziane integrate
SER	A.27	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Acciaio / doppio vetro / avvolgibile in pvc
SER	A.28	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Acciaio / doppio vetro / avvolgibile in alluminio
SER	A.29	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Acciaio / triplo vetro / veneziane interne
SER	A.30	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Acciaio / triplo vetro / veneziane integrate
SER	A.31	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Acciaio / triplo vetro / avvolgibile in pvc
SER	A.32	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Acciaio / triplo vetro / avvolgibile in alluminio
VCEM	A.33	Sostituzione parziale chiusure in vetrocemento con blocchetti normali
VCEM	A.34	Sostituzione totale chiusure in vetrocemento con blocchetti normali
VCEM	A.35	Sostituzione totale chiusure in vetrocemento con blocchetti basso emissivi
VCEM	A.36	Sostituzione totale chiusure in vetrocemento con pannelli Tim
COP	A.37	Copertura: completo rifacimento con coibentazione in EPS
COP	A.38	Copertura: coibentazione interna con lana di roccia
ILL	A.39	Installazione di impianto di accensione/spegnimento dell'illuminazione
ILL	A.40	Installazione di impianto di accensione/spegnimento/regolazione/controllo dell'illuminazione
RISC	A.41	Installazione valvole termostatiche per regolazione di zona del riscaldamento
TA	A.42	Installazione di impianto di trattamento aria con ventilazione meccanizzata
TA	A.43	Installazione di impianto di trattamento aria con climatizzazione

### 3.3 Sviluppo del metodo

#### 3.3.1 Applicazione del modello di approccio integrato

##### 3.3.1.1 Principio generale

Alla luce delle considerazioni sviluppate nella sezione precedente sul modello di approccio integrato alle decisioni, si riportano i set di variabili lì individuati, corrispondenti alle seguenti categorie:

▲ <i>Multi-ruolo (A)</i>	→	<i>Responsabilità</i>
▲ <i>Multiactivity (multi-funzione) (B)</i>	→	<i>Prestazioni/requisiti funzionali</i>
▲ <i>Multi-scala (C)</i>	→	<i>Interazioni spaziali</i>
▲ <i>Multi-settore (D)</i>	→	<i>Integrazione con la città</i>
▲ <i>Multi-obiettivo (E)</i>	→	<i>Ruoli decisionali</i>
▲ <i>Multi-stage (F)</i>	→	<i>Ciclo di vita</i>
▲ <i>Multi-stakeholder / multi-interesse (G)</i>	→	<i>Responsabilità sociale</i>
▲ <i>Multi-impatto (H)</i>	→	<i>Relazioni causa-effetto</i>
▲ <i>Multi-prestazione (I)</i>	→	<i>Efficienza</i>
▲ <i>Multi-indicatore (L)</i>	→	<i>Valutazione</i>

Il principio seguito è quello della semplificazione del modello complesso, riducendolo a modelli parziali semplici e pertanto gestibili, poi ricomponendo i risultati per ritrovare l'output corrispondente all'input.

Input complesso → problemi semplici → ricomposizione → interpretazione /  
correzione → output

##### 3.3.1.2 Matrice di navigazione

Un primo step è la creazione di una *matrice di navigazione "framework"*, che individua le *relazioni oggettive* (condizionamenti nell'uno o nell'altro senso, interferenze) nell'ottica della sostenibilità e in particolare legata al processo edilizio / trasformazioni della città, presenti / non presenti tra i set di variabili, presi a due a due. Vengono altresì indicati gli *"aspetti rilevanti"* di tali relazioni. Questi servono a focalizzare gli ambiti tematici delle relazioni, per avere un'idea complessiva dei problemi e dei campi dove ricercare le soluzioni. Ma possono considerarsi anche come gli *aspetti strategici* sui quali intervenire in base a criteri di sostenibilità ambientale / sociale / economica, attivando le soluzioni oggi ritenute "sostenibili". Gli aspetti a loro volta afferiscono ad ambiti:

del *building project management*

- ▲ R *real estate* (immobiliari)
- ▲ P *public procurement* (appalti, contrattualistica)

dello *sviluppo sostenibile* (criteri)

- ▲ *A ambientali*
- ▲ *S sociali*
- ▲ *E economici*

Gli aspetti ambientali, sociali, economici sono intesi in linea con i principi e le definizioni date negli standard armonizzati in corso di costruzione da parte del CEN TC 350, sia per quanto concerne le specificità, sia le possibili sovrapposizioni tra essi.

Qualsiasi problema può così venire suddiviso in relazioni tra set di variabili. Oltre ai due set una terza componente viene considerata fissa ed è appartenente anch'essa ad un set di variabili. In tal modo un problema complesso, multidimensionale, viene ridotto per esigenze di fattibilità ad un massimo di 3 dimensioni, ove due ( $x, y$ ) sono quelle contenenti le *variabili* e la  $z$  è *fissa*.

Così, nel caso ad es. di un intervento es. ristrutturazione, questa appartiene al set multi-obiettivo. Ristrutturazione sarà la variabile fissa.

Nel caso di ristrutturazione, ovvero rapportate alla ristrutturazione, si potranno così analizzare le relazioni tra 2 set di variabili di interesse (matrice 10 x 10). Si individueranno poi gli indicatori più adatti a gestire (misurare, verificare, confrontare, valutare in una metodologia) quelle relazioni in un'ottica di sostenibilità. Di seguito la schematizzazione (Fig. 3.23) di un tipico problema:

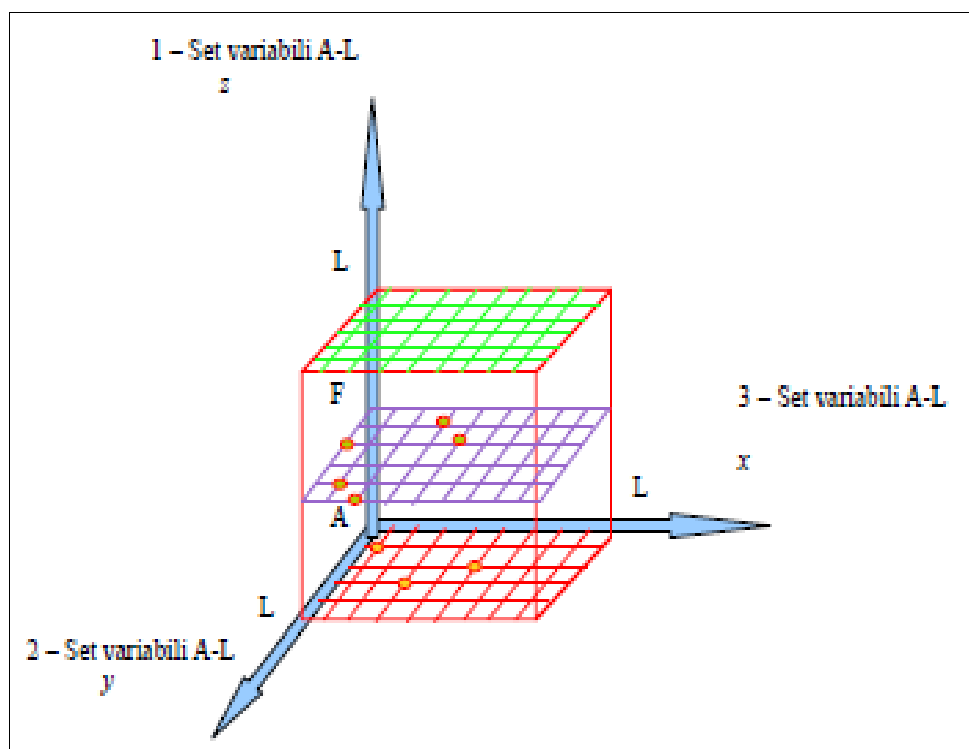


Fig. 3.23 - Schematizzazione di un tipico problema multidimensionale

A seguire la matrice di navigazione “framework” (Tab. 3.20) che individua relazioni tra i set di variabili. Come si può subito notare, l'aver inserito le denominazioni dei set di variabili, rende immediatamente leggibile l'ordine logico seguito nella loro messa a punto. Dalle categorie più generali (all'inizio) si passa alle più analitiche (multi-impatto / prestazione / indicatore) in fondo.

Tab. 3.20 - Matrice di navigazione "framework" per l'individuazione delle relazioni tra set di variabili che intervengono in un processo decisionale finalizzato a lavori di costruzione sostenibili

<i>Set variabili / presenza relazione / aspetti rilevanti</i>	A	B	C	D	E	F	G	H	I	L
<b>A – Multi-ruolo</b>	-	■	■	■	■	■	■	■	■	□
		R/S/E	A/S/E	R/P/A/S	P/R	P/R/S/E	S	A/S/E	R/A/S/E	
<b>B - Multiactivity (multi-funzione)</b>	■	-	■	□	■	■	■	■	■	■
	R/S/E		S		P/R/A/S/E	R/A/S/E	S	A/S	S/E	S/E
<b>C - Multi-scala</b>	■	■	-	■	■	■	■	■	■	■
	A/S/E	S		A/S/E	A/S/E	A/S/E	A/S/E	A/S/E	A/S/E	A/S/E
<b>D - Multi-settore</b>	■	□	■	-	■	□	■	■	■	□
	R/P/A/S		A/S/E		P/A/S/E		R/A/S/E	A/S/E	R/A/S/E	
<b>E - Multi-obiettivo</b>		■	■	■	-	□	■	□	□	■
		P/R/A/S/E	A/S/E	P/A/S/E			R/S			P/R
<b>F - Multi-stage</b>	■	■	■	□	□	-	■	■	■	■
	P/R/S/E	R/A/S/E	A/S/E				P/R/S	P/R/A/S/E	A/S/E	A/S/E
<b>G - Multi-stakeholder / multi-interesse</b>	■	■	■	■	■	■	-	■	■	■
	S	S	A/S/E	R/A/S/E	R/S	P/R/S		R/S	A/S/E	P/R/A/S/E
<b>H - Multi-impatto</b>	■	■	■	■	□	■	■	-	■	■
	A/S/E	A/S/E	A/S/E	A/S/E		P/R/A/S/E	R/S		A/S/E	A/S/E
<b>I - Multi-prestazione</b>	■	■	■	■	□	■	■	■	-	■
	R/A/S/E	A/S/E	A/S/E	R/A/S/E		A/S/E	A/S/E	A/S/E		A/S/E
<b>L - Multi-indicatore</b>	□	■	■	□	■	■	■	■	■	-
		A/S/E	A/S/E		P/R	A/S/E	P/R/A/S/E	A/S/E	A/S/E	

*Legenda:*

- esistenza relazioni significative
- non esistenza relazioni significative / esistenza relazioni non significative
- sovrapposizione

R real estate (immobiliari)

P public procurement (appalti, contrattualistica)

A ambientali (impatti, prestazioni)

S sociali (impatti, prestazioni)

E economici (impatti, prestazioni)

In tal modo sono rilevabili facilmente gli ambiti ai quali poter / voler dedicare dei *focus*, ovvero approfondire:

- ^ motivazioni
- ^ caratteristiche
- ^ grandezze, misure
- ^ buone pratiche
- ^ soluzioni
- ^ proposte

per migliorare l'efficienza di un determinato caso / situazione / processo / progetto nel verso della sostenibilità.

### 3.3.1.3 Osservazioni e conclusioni

Dall'osservazione della matrice, si possono fare alcune osservazioni.

Gli aspetti *sociali* sono ben presenti sia ai livelli legati ad una dimensione geografica / spaziale / funzionale (e in compagnia di quelli propri del building project management), sia a quelli più strettamente legati ai temi "ecologici" (sviluppo sostenibile). Si possono pertanto considerare "trasversali" a tutti i set e riguardanti sostanzialmente 3 aree:

- ^ territorio / popolazione
- ^ edificio
- ^ gruppi sociali (stakeholders).

Possono inoltre essere suddivisi anche in aspetti sociali:

- ^ attinenti alle caratteristiche *fisiche* (accessibilità del sito e dell'edificio, caratteristiche tecniche incidenti sulla salute e benessere degli utenti, ecc)
- ^ attinenti alla sfera *sociologica* (conseguenze su comportamento, rapporti tra gli stakeholders, ecc)

Per la loro vastità, eterogeneità e spesso anche difficile focalizzazione, come ritenuto peraltro dalla comunità scientifica che sta contribuendo con i più avanzati studi ai lavori di standardizzazione internazionale, il loro sviluppo meriterà certamente molto impegno ed attenzione. Vedono inoltre il D.M., figura presente nelle sue possibili alternative componenti il set multi-ruoli e soggetto attivo nel set multi-obiettivo, rivestito di "*responsabilità sociale*", obbligo che gli impone di includere gli

attori e i gruppi sociali (*stakeholders*) interessati dalle sue scelte nel processo decisionale come parti consultive e propositive.

Gli aspetti ambientali (uso delle risorse e dell'energia, emissioni e rifiuti), propriamente studiati in ambito ecologico ovvero base di partenza del lavoro di definizione degli standard CEN TC 350, sono trasversali alle scale e attengono alla responsabilità diretta del D.M. e dei soggetti che con lui collaborano nei processi decisionali e di attuazione delle decisioni come è quello edilizio. Questi devono tener ben presente che la fissazione di ogni obiettivo tra le possibili alternative (costruire un nuovo edificio anziché affittarlo oppure ristrutturarne un altro, ad es.) comporta inevitabili (e misurabili attraverso indicatori ormai per la maggior parte ben conosciuti e collaudati) effetti (impatti) sull'ambiente comune. Il coinvolgimento da parte del D.M. degli *stakeholders* nelle scelte significa non solo avere voce per tutelare i propri interessi di parte e valorizzare il proprio ruolo traendone maggior profitto, ma, come risulta chiaro in questo caso, diventare co-responsabili, come di quelli positivi, degli effetti negativi e, il più delle volte irreversibili, delle scelte sull'ambiente.

Gli aspetti economici, come evidenziato dalla matrice, hanno la caratteristica di essere presenti in moltissimi ambiti e relazioni. E di essere diversi a seconda della scala.

Si passa da quelli *microeconomici* attinenti al *management immobiliare* e al *procurement* e attraverso essi controllati e più facilmente controllabili, a quelli *macroeconomici*, ovvero attinenti alla dimensione degli effetti delle scelte che il D.M. fa all'interno di una pluralità di variabili la maggior parte sfuggenti al suo controllo e molto anche alla sua conoscenza. Questi ultimi sono in parte controllabili e richiedono delle conoscenze approfondite in materia. La responsabilità sociale in questo settore è effettivamente un campo piuttosto "minato" per il D.M..

In questo possono venire in aiuto:

- ⤴ la messa a sistema su *base storica* della raccolta dei dati sui costi (investimento, manutenzione, consumi, altre spese) detenuti dal D.M.
- ⤴ l'interpretazione dei dati
- ⤴ l'acquisizione di nuovi dati relativi a nuove ipotesi tecnologiche (dalle ditte costruttrici e produttrici, ad es.)
- ⤴ l'acquisizione di recenti studi sul tema
- ⤴ la formulazione di *alternative progettuali* con comparazione dei costi.

Le teorie economiche consolidate e le raccolte ed elaborazioni statistiche di dati empirici (ad es. consumi energetici e di altre risorse e verifica delle previsioni di progetto) che si stanno attuando in alcuni istituti di ricerca specializzati possono aiutare il D.M. (anche avvalendosi di consulenti esperti in materia) e gli *stakeholders* coinvolti nella decisione, fornendo le opportune conoscenze, in modo da garantire:

- ⤴ trasparenza nel processo decisionale
- ⤴ consapevolezza da parte degli *stakeholders*
- ⤴ competenza del D.M.
- ⤴ efficienza nella soluzione prescelta
- ⤴ affidabilità delle previsioni.

La stretta connessione con il ciclo di vita, sia a livello macro (che coinvolgono diverse scale territoriali) sia micro (edificio o parte di esso, area del campus), impone al D.M. di prendere in considerazione tutte le voci del LCC (Life Cycle Cost) ed esaminare le loro correlazioni con tutti gli aspetti possibili. Far sì che la LCC, che peraltro è una metodologia ampiamente conosciuta ed



applicata, diventi a tutti gli effetti un supporto strategico al processo decisionale.

In ordine di preferibilità degli obiettivi il D.M. può cercare di conciliare interessi ambientali / sociali con quelli economici cercando una soluzione (alternativa gestionale / progettuale) che:

- ♣ massimizzi le prestazioni sociali e quelle ambientali positive, minimizzi gli impatti, minimizzi il LCC
- ♣ massimizzi le prestazioni sociali e quelle ambientali positive e minimizzi gli impatti.

### 3.3.2 Contestualizzazione degli indicatori europei a scala di edificio e relazioni con le scale territoriali

#### 3.3.2.1 Dal locale al globale: azioni, effetti, indicatori

Nella presente sezione si esamina il rapporto tra i processi che riguardano le costruzioni e le diverse scale, dall'edificio al contesto. Nello specifico, si parte da alcune assunzioni:

- ♣ I processi edilizi riguardano l'edificio e il suo ciclo di vita.
- ♣ I processi edilizi durante tutto il ciclo di vita interferiscono con l'ambiente esterno ai confini dell'edificio in sé, nelle sue componenti *ambientale-sociale-economica*.
- ♣ Il caso studio del Campus Leonardo si interfaccia con la città, l'area metropolitana e l'ambiente più esteso, fino ai livelli *nazionale / europeo*.
- ♣ Le azioni dei processi edilizi, in particolar modo pensando ai possibili interventi nel Campus Leonardo (edificio, campus, quartiere) generano degli *effetti*.
- ♣ Gli effetti sono descritti da *indicatori di impatto / prestazione*.
- ♣ Gli indicatori ad oggi più validi e condivisi scientificamente e di riferimento per la ricerca in oggetto sono quelli assunti in ambito europeo dal *CEN TC 350*, integrati da quelli individuati dal progetto SuPerBuildings e quelli già accreditati dai gruppi che stanno valutando gli aspetti economici, analizzati nei rispettivi capitoli della presente tesi.
- ♣ A parte l'origine delle azioni, che resta l'edificio, le azioni possono avere *due direzioni* (flussi di materiali, di energia come nel caso dell'uso di risorse in cui l'edificio è il destinatario, influenza di condizioni al contorno come nel caso del valore di mercato in cui le variabili esterne possono giocare un ruolo relativo anche maggiore di quelle interne).
- ♣ Gli indicatori possono descrivere *azioni positive o negative*, per l'edificio e il suo contesto.
- ♣ Le componenti ambientale, sociale, economica sono raramente associate solo in numero di una ad un'azione/effetto; studi in corso stanno sempre più individuando e valorizzando gli *effetti integrati* delle azioni; effetti integrati necessitano di un controllo del processo a monte integrato.
- ♣ Una strategia di intervento su un processo edilizio (Campus sostenibile nel particolare) che miri all'ottimizzazione per il raggiungimento dell'obiettivo del massimo livello di sostenibilità deve necessariamente *massimizzare* le azioni che producono effetti positivi e *minimizzare* quelle che producono effetti negativi.

Nelle figure seguenti sono riportati tutti gli indicatori della famiglia europea facente capo all'attività di standardizzazione del CEN TC 350 e ai progetti europei ad essa correlati, collocati nel contesto che va dall'edificio al Campus sostenibile e fino al livello europeo. Le legende spiegano la traduzione in simboli grafici dei concetti descritti nei punti sopra specificati. La prima figura, in particolare, estende le relazioni a tutti i livelli territoriali, mentre la seconda analizza il rapporto tra l'edificio e la scala di quartiere (Campus).

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

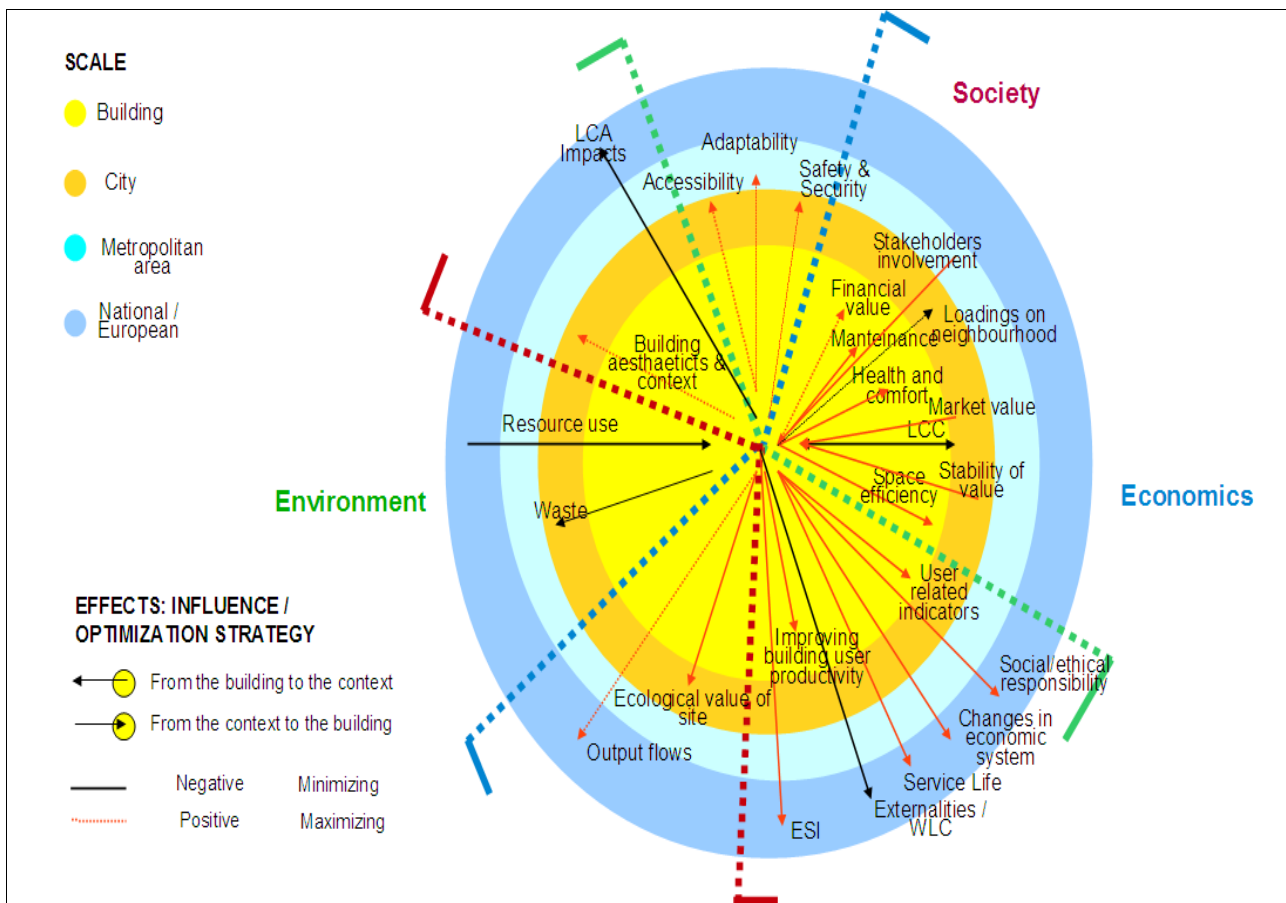


Fig. 3.24 - Contestualizzazione degli indicatori europei per la valutazione della sostenibilità dei lavori di costruzione (CEN TC 350 e progetti ad esso correlati) a differenti scale del territorio (dall'edificio al livello europeo)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

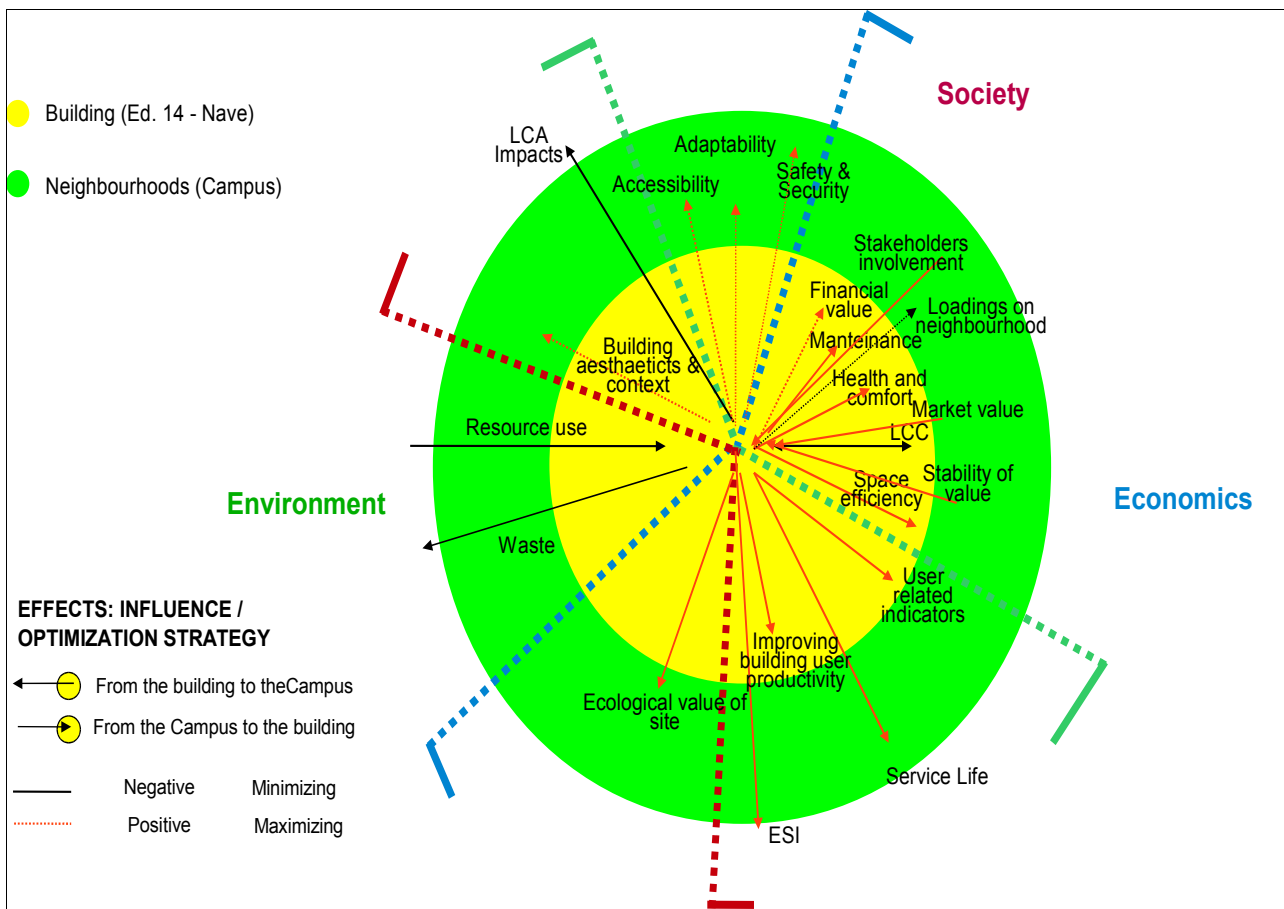


Fig. 3.25 - Contestualizzazione degli indicatori europei per la valutazione della sostenibilità dei lavori di costruzione (CEN TC 350 e progetti ad esso correlati) dall'edificio al Campus

Le osservazioni che si possono fare dalla visualizzazione grafica riguardano essenzialmente due aspetti principali:

- ⌘ *Influenza multi-scala* del processo edilizio: quasi mai le azioni descritte dagli indicatori restano confinate nell'edificio, come nel caso della manutenzione o dell'efficienza spaziale. La maggior parte investe l'area territoriale contigua (sia che si tratti di interventi sugli edifici, sia sul campus-quartiere), in tutti e tre gli ambiti (ambientale, sociale, economico). Non mancano gli aspetti più afferenti il livello più esteso, soprattutto quelli legati all'economia e al rapporto con il mercato immobiliare e non solo e alla produzione (es. service life)
- ⌘ *Integrazione delle componenti ambientale-sociale-economica*: soprattutto gli indicatori dei sistemi di valutazione "di seconda generazione", cui la famiglia degli standard EN del CEN TC 350 si rivolge, ovvero quelli più recentemente condivisi, molti dei quali ancora in corso di approfondimento (unità di misura, es.), appartengono ad ambiti sovrapposti, sempre meno distinguibili ad un'attenta analisi. In particolare, ci si riferisce a quelli afferenti all'organizzazione degli spazi interni in rapporto a quelli esterni (accessibilità), alla salute e al comfort, i pratica quelli che ruotano intorno al rapporto tra la persona e lo spazio (edificio, quartiere, ecc). Economia ed ambiente sono le componenti indissolubili delle azioni inquadrabili nel settore della produzione dei componenti e dei processi, che si incrociano

anche con l'ambiente quando sono trattati aspetti (e indicatori) ancora più estesi, come ad es. la responsabilità sociale.

Per i motivi precedenti, alcune conclusioni relativamente alla costruzione di un metodo per l'ottimizzazione della sostenibilità dei lavori di costruzione possono essere tratte:

- ▲ Gli indicatori identificati dagli standard europei presentano differenti identità e spessore.
- ▲ L'edificio e il territorio presentano diversi livelli di ricettività e sensibilità delle azioni che un processo edilizio implica.
- ▲ I sistemi di valutazione (rating systems) standardizzati individuano strategie anch'esse standardizzate, spesso non condivise da una comunità scientifica/ di stakeholders rappresentativi.
- ▲ Definire in anticipo un processo edilizio, operando le scelte che vanno dalla progettazione al procurement all'esecuzione, alla gestione significa intervenire in maniera invasiva e capillare sia in ambito territoriale sia ambientale-sociale-economico, per tutte le ricadute che esso implica nel tempo.
- ▲ Allo stesso tempo, la conoscenza a monte di queste ricadute attraverso le indicazioni degli standard e i risultati degli studi scientifici consente il controllo se non su ogni aspetto su una quantità di variabili e sulle interferenze tra le stesse, e sul loro monitoraggio a processo edilizio avviato.





### **3.3.2.2 Considerazioni e conclusioni sugli indicatori territoriali**

Nell'ottica di un approccio integrato tra le diverse scale (dall'edificio al contesto), occorre sviluppare un processo per fasi:

- ▲ Ricognizione degli indicatori alle diverse scale
- ▲ Armonizzazione dei diversi sistemi e individuazione di eventuali disallineamenti attraverso l'inquadramento degli indicatori per aree parallele
- ▲ Individuazione delle connessioni tra le scale attraverso la ricerca dei rapporti causa-effetto degli aspetti / azioni / impatti descritti dagli indicatori
- ▲ Individuazione di strategie attuate sull'edificio, con ricadute positive anche sulle scale maggiori
- ▲ Individuazione di influenze di azioni alle scale maggiori con sinergia positiva alla scala di edificio.

Per tale motivo si è costruita, per gradi e seguendo il percorso suddetto, la seguente tabella (Tab. 3.21):

Tab. 3.21 - Armonizzazione dei panel di indicatori individuati dai sistemi di valutazione della sostenibilità alle diverse scale (dall'edificio – CEN TC 350) al contesto (urbano-metropolitano della città di Milano) per la ricerca di strategie sull'edificio (processo edilizio) e di azioni sinergiche dal contesto (pianificazione urbanistica, programmi locali) all'edificio

SCALA / Indicatori e Aree – domini dei sistemi di valutazione				
Responsabilità / ricaduta delle azioni. Strategie	Edificio	Ecosistema urbano	Indagine qualità urbana	Ecosistema metropolitano
<p>⇒ Attenzione ai materiali e prodotti, alle tecnologie e al piano di manutenzione.</p> <p>⇐ Influenza del sistema produttivo e viceversa.</p>	<p><b>Impatti LCA / Emissioni / Manutenibilità / Cambiamento sistema economico / Vita utile / WLC</b></p>	Aria	Servizi e ambiente	Risorse naturali comuni / Azione locale per la salute / Da locale a globale (CO <sub>2</sub> )
<p>⇒ Attenzione alle tecnologie e ai comportamenti in fase d'uso, con conseguenze sui costi.</p> <p>⇐ Influenza del sistema economico e viceversa.</p>	<p><b>Uso delle risorse / Flussi in uscita / LCC / Valore finanziario / Cambiamento sistema economico</b></p>	Acqua	Servizi e ambiente	Risorse naturali comuni
<p>⇒ Attenzione ai materiali e prodotti e alla progettazione, in previsione della flessibilità e del riuso. Il valore aggiunto si traduce anche in extra-valore economico. Influenza sul sistema produttivo ed economico di scala urbana e superiore.</p>	<p><b>Rifiuti / Flussi in uscita / Adattabilità / Valore finanziario / Cambiamento sistema economico/ Vita utile / ESI</b></p>	Rifiuti	Servizi e ambiente	Risorse naturali comuni / Consumo responsabile / Economia urbana sostenibile

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

<p>→ Attenzione ai materiali, prodotti, tecnologie, al piano di manutenzione, alla progettazione. Prevenzione dei costi in fase d'uso, con il vantaggio di un ritorno economico come valore aggiunto.</p> <p>← Influenza del sistema produttivo e viceversa.</p>	<p><b>Uso delle risorse / Impatti LCA / Flussi in uscita / Adattabilità / Manutenibilità / LCC / Valore finanziario / Cambiamento sistema economico Vita utile / ESI</b></p>	<p>Energia</p>	<p>Servizi e ambiente</p>	<p>Risorse naturali comuni / Consumo responsabile (solare, ecc)</p>
<p>→ Attenzione al mantenimento della qualità del sito, al rapporto con il contesto di inserimento e alle esigenze dell'utenza.</p> <p>← Influenza del sistema urbanistico.</p>	<p><b>Valore ecologico del sito / Indicatori relazionati all'utente / Valore finanziario</b></p>	<p>Ambiente (verde, pedonalità..)</p>	<p>Servizi e ambiente</p>	<p>Risorse naturali comuni / Migliore mobilità / Pianificazione urbana</p>
<p>→ Attenzione ai collegamenti verso e dall'esterno, con ritorno sul valore dell'immobile.</p> <p>← Influenza del sistema urbano ed extraurbano.</p>	<p><b>Accessibilità / Indicatori relazionati all'utente / Valore finanziario</b></p>	<p>Circolazione e trasporti</p>	<p>Servizi e ambiente</p>	<p>Migliore mobilità</p>
<p>→ Attenzione alla progettazione in funzione dell'uso, mirata alla salute e benessere degli occupanti e nel rispetto della qualità della vita degli utenti</p>	<p><b>Salute e comfort / Carichi sull'intorno / Responsabilità sociale / Indicatori relazionati all'utente / Miglioramento</b></p>			<p>Azione locale per la salute (rumore)</p>

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

<p>degli edificio vicini e del contesto esterno.</p> <p>←</p> <p>Influenza del sistema urbanistico sulla qualità della vita degli utenti.</p>	<p><b>produttività utenza / WLC / ESI</b></p>			
<p>→</p> <p>Attenzione ai materiali, prodotti e tecnologie e al piano di manutenzione</p> <p>←</p> <p>Influenza del sistema produttivo e viceversa</p>	<p><b>Qualità estetica / Valore finanziario / Cambiamento sistema economico / WLC</b></p>		Tenore di vita	Governance
<p>→</p> <p>Attenzione ai materiali, prodotti e tecniche costruttive, in rapporto alla affidabilità / durabilità, alla qualità totale dell'edificio, con ritorno su valore finanziario.</p> <p>←</p> <p>Influenza del sistema urbanistico.</p>	<p><b>Sicurezza e protezione / Responsabilità sociale / Qualità estetica / Valore finanziario / Cambiamento sistema economico/ Vita utile / ESI</b></p>		Tenore di vita (costo casa)	Pianificazione urbana (area urbanizzata, volumi edilizi)
<p>→</p> <p>Attenzione agli aspetti sociali e alla partecipazione degli attori alle decisioni, in una visione a breve, medio e lungo termine.</p> <p>←</p> <p>Influenza del sistema sociale e urbanistico di inserimento.</p>	<p><b>Coinvolgimento degli stakeholders / Responsabilità sociale / Indicatori relazionati all'utente / Qualità estetica / Valore finanziario / Cambiamento sistema / WLC economico/ Miglioramento produttività utenza</b></p>		Tenore di vita / Affari e lavoro / Servizi e ambiente / Popolazione / Tempo libero	Equità e giustizia sociale (servizi, popolazione, istruzione, occupazione)
<p>→</p>	<p><b>Coinvolgimento</b></p>		Ordine pubblico	

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

<p>Attenzione agli aspetti sociali di medio e lungo termine, in un'ottica di responsabilità sociale .</p> <p>←</p> <p>Influenza del sistema urbanistico.</p>	<p><b>degli stakeholders /</b>  <b>Responsabilità sociale / Indicatori relazionati all'utente /</b>  <b>Qualità estetica /</b>  <b>Valore finanziario /</b>  <b>Cambiamento sistema economico</b></p>			
<p>→</p> <p>Attenzione ai materiali e prodotti, soprattutto per la prevenzione degli impatti ambientali.</p> <p>←</p> <p>Influenza del sistema produttivo/economico e viceversa.</p>	<p><b>Coinvolgimento degli stakeholders /</b>  <b>Responsabilità sociale /</b>  <b>Cambiamento sistema economico/</b>  <b>Vita utile / WLC /</b>  <b>ESI</b></p>	<p>Pubblico e imprese</p>	<p>Servizi e ambiente</p>	<p>Gestione urbana e sostenibilità / Consumo responsabile (GPP..)</p>
<p>→</p> <p>Attenzione ai materiali e prodotti, soprattutto per la prevenzione degli impatti ambientali. Attenzione alle esternalità, con incentivazione di quelle positive e disincentivazione delle negative. Coinvolgimento degli attori sia del mondo produttivo sia gruppi sociali, per alimentare processi virtuosi culturali ed economici a livello locale.</p> <p>←</p> <p>Influenza del sistema produttivo/economico locale.</p>	<p><b>Coinvolgimento degli stakeholders /</b>  <b>Responsabilità sociale /</b>  <b>Cambiamento sistema economico / WLC /</b>  <b>ESI</b></p>	<p>Pubblico e imprese</p>	<p>Servizi e ambiente</p>	<p>Economia locale sostenibile</p>
<p>→</p> <p>Attenzione ai materiali e prodotti, soprattutto per la</p>	<p><b>Coinvolgimento degli stakeholders /</b>  <b>Responsabilità sociale /</b></p>	<p>Pubblico e imprese</p>	<p>Affari e lavoro / Servizi e ambiente</p>	<p>Da locale a globale</p>



"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

<p>prevenzione degli impatti ambientali. Attenzione alle esternalità, con incentivazione di quelle positive e disincentivazione delle negative. Coinvolgimento degli attori sia del mondo produttivo sia gruppi sociali, per alimentare processi virtuosi culturali ed economici a livello locale e a scala maggiore e creare opportunità sociali (lavoro).</p> <p>←</p> <p>Influenza del sistema produttivo/economico locale e di scala maggiore.</p>	<p><b>Cambiamento sistema economico / WLC</b></p>			
--	---	--	--	--

**Legenda:**

*Scala:*



Edificio



Urbana



Metropolitana

*Area Indicatori:*

A Ambiente

A Società

A Economia

Direzioni degli impatti:



dall'edificio al contesto



dal contesto all'edificio

A valle dello studio, alcune conclusioni possono essere tratte:

- ⌘ I sistemi di valutazione analizzati, per omogeneità di aree e compatibilità di indicatori,

consentono una collocazione "armonizzata" nel quadro generale.

- ⤴ Indicatori ambientali, sociali ed economici a livello di edificio trovano una buona corrispondenza con gli indicatori dei sistemi di scala maggiore.
- ⤴ Ciò significa che agire su quegli indicatori, nell'ambito di un processo edilizio orientato in chiave sostenibile, significa contribuire *coerentemente* a migliorare, sempre in chiave sostenibile, i contesti territoriali di scala superiore nel quale l'edificio è situato.
- ⤴ L'effettiva misurabilità di diversi degli indicatori dell'edificio (es. LCC, Impatti LCA, flussi di energia e materiali, emissioni, ecc) consente una valutazione reale dell'*efficacia del potenziale contributo* nella *comparazione tra diverse alternative* di intervento/progetto su uno stesso edificio.
- ⤴ La praticabilità delle strategie, a cominciare da quelle comunemente in ingresso nella prassi edilizia (uso di materiali eco-compatibili, tecnologie impiantistiche a basso impatto, impiego di energie alternative) mostra la concreta possibilità di creazione di "*valore aggiunto sostenibile*" dall'intervento sull'edificio al contesto, ovvero il duplice beneficio di un intervento più "sostenibile": sull'edificio e sul territorio.
- ⤴ In una prospettiva futura di attuazione su vasta scala (molti edifici) di valutazione della sostenibilità attraverso l'uso degli indicatori considerati (europei), la somma dei contributi valutabili mediante le metodologie di valutazione è potenzialmente in grado di produrre *effetti misurabili anche sul contesto*.
- ⤴ Il feedback *positivo* soprattutto nelle componenti sociali ed economici sul contesto (cambiamenti nella produzione, nell'economia e nei comportamenti), determinerebbe *effetti complessivi che supererebbero la mera sommatoria di quelli parziali*.
- ⤴ Tutto ciò dimostra il *vantaggio della sinergia* che si evidenzia in un *approccio integrato* anziché specialistico.

### 3.3.3 Indicatori del progetto "Campus sostenibile" e armonizzazione con gli indicatori a scale di edificio e territoriali

#### 3.3.3.1 La griglia ISCN e gli indicatori messi a sistema

Dai lavori dei gruppi operanti sul Campus sostenibile e da un'indagine sugli obiettivi d'ateneo influenzati dalla partecipazione a valutazioni internazionali di qualità in ambito universitario, è emersa l'opportunità di ampliare l'analisi al set di indicatori in particolare "Green metric world university ranking 2012".

Ciò per *mettere a sistema* tutti i panels disponibili e strategici, con due obiettivi:

- ⤴ Indagare le relazioni tra indicatori
- ⤴ Migliorare, integrandolo e verificandolo, lo strumento di controllo dell'ateneo per il management del campus sostenibile.

Riguardo a questo secondo obiettivo il lavoro intende fornire supporto ai decisori per:

- ⤴ Orientare le future scelte del Politecnico in funzione di un miglioramento della sostenibilità
- ⤴ Ottimizzare gli interventi in base agli indicatori di performance che sono più presenti nei sistemi di valutazione o che sono presenti in sistemi che di volta in volta vengono ritenuti chiave in funzione di target specifici (es. ricerca di finanziamenti)
- ⤴ Monitorare gli indicatori più significativi, misurandone i valori assunti nel tempo.

La griglia si compone di 3 sezioni, basate su:

- ▲ Principio 1: “To demonstrate respect for nature and society, sustainability considerations should be an integral part of planning, construction, renovation, and operation of buildings on campus”
- ▲ Principio 2: “To ensure long-term sustainable campus development, campus-wide master planning and target-setting should include environmental and social goals”
- ▲ Principio 3: “To align the organization’s core mission with sustainable development, facilities, research, and education should be linked to create a “living laboratory” for sustainability”.

La griglia ISCN è impostata come strumento di controllo, pianificazione e monitoraggio di interventi di miglioramento della sostenibilità del Campus in base a dei temi prioritari, precisamente rispetto ai 3 principi:

- ▲ Uso delle risorse (energia, acqua); rifiuti ed emissioni; impatti dei laboratori e strutture specifiche; utenti; qualità degli ambienti interni (condizioni termo-igrometriche, acustiche, illuminazione); design (LCA, LCC)
- ▲ Obiettivi legati alle emissioni climalteranti; pianificazione; mobilità e trasporti; alimentazione; inclusione sociale (servizi, accessibilità, partecipazione, responsabilità sociale nei riguardi dei dipendenti); uso del suolo e biodiversità; qualità ambientale esterna (aria, calore, luce, acustica)
- ▲ Integrazione dei temi legati allo sviluppo sostenibile nell'offerta formativa di ateneo; iniziative per favorire l'integrazione sociale; impegno scientifico nella riduzione degli impatti da laboratorio; politiche e stanziamenti economici a favore della sostenibilità del campus.

La tabella seguente (Tab. 3.22) schematizza il modello utilizzato come griglia.

A partire dai topics fondamentali in ambito ISCN ed altri integrati dai gruppi lavoro tematici del Politecnico (ISCN, Pol), raggruppati per temi (Ev=Environment, En=Energy, Ac=Accessibility, Pe=People), sono stati così collocati nella medesima griglia gli indicatori appartenenti ai diversi sistemi (Gri-Stars = GRI and STARS, Eur = European, Ec = Ecosistema urbano Legambiente, Ind = Indagine qualità urbana Sole24Ore-Legambiente, Es = EcoSistema metropolitano Provincia di Milano, Gm = Green metrics), ovvero la maggior parte. Questi sono stati selezionati nei panels rispettivi e collocati nella griglia in base a criteri di corrispondenza (sovrapposizione / similarità) tra loro. Rispetto agli indicatori il Politecnico ha fissato ed aggiorna periodicamente i Goals ed Iniziative (Ot = Objectives and Targets), monitorando le performances negli anni (P1, P2...).

Tab. 3.22 - Schema della griglia di controllo per la sistematizzazione degli indicatori del Campus sostenibile

Principles	Theme				Priority topics		Related Indicators						Goals & Initiatives		Results	
	Ev	En	Ac	Pe	ISCN	Pol	Gri-Stars	Eur	Ec	Ind	Es	Gm	Ot	Ki	P1	P2
1	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3		■		■	■		■					■	■	■	■	

Come menzionato, nello specifico, sono stati messi a sistema gli indicatori appartenenti ai seguenti sistemi di valutazione / reporting:

- ⤴ GRI and STARS
- ⤴ European Indicators (building) CEN TC 350 (integrati)
- ⤴ Ecosistema urbano Legambiente (city)
- ⤴ Indagine qualità urbana Sole24 Ore-Legambiente Indicators (city)
- ⤴ EcoSistema metropolitano Provincia di Milano (metropolitan area)
- ⤴ Green metric world university ranking.

E' stato possibile collocare il numero di indicatori riportato nella seguente tabella (Tab. 3.23):

Tab. 3.23 - Tabella riassuntiva del numero di indicatori dei diversi panel messi a sistema nella griglia di controllo del Campus sostenibile

N. Indicators	GRI and STARS	European Indicators (building)	Ecosistema urbano Legambiente (city)	Indagine qualità urbana Sole24 Ore-Legambiente Indicators (city)	EcoSistema metropolitano Provincia di Milano (metropolitan area)	Green metric world university ranking
Selected	67	55	23	19	36	38
Total in the original Panels	67	55	27	36	86	41
%	100	100	85	53	42	93

In **rosso** sono evidenziati gli indicatori utilizzati nella griglia, per i rispettivi panels:

### 1. European Indicators (building) CEN TC 350 (in corsivo quelli integrati)

- ⤴ Environmental impacts:

Global warming potential, GWP (kg CO<sub>2</sub> equiv)

Depletion potential of the stratospheric ozone layer, ODP (kb CFC 11 equiv)

Acidification potential of land and water, AP (kg SO<sub>2</sub> equiv)

Eutrophication potential, EP (kg (PO<sub>4</sub>)<sup>3</sup> equiv)

Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants, POCP (kg Ethene equiv)

Abiotic Resource Depletion Potential, ADP elements (kg Sb equiv)

Abiotic Resource Depletion Potential, ADP fossil fuels (MJ)

- ⤴ Resource use:

Use of renewable primary energy excluding energy resource used as raw material (MJ, net calorific value)

Use of renewable primary energy used as raw material (MJ, net calorific value)

Use of non-renewable primary energy excluding energy resource used as raw material (MJ, net

calorific value)

Use of non-renewable primary energy used as raw material (MJ, net calorific value)

Use of secondary material (kg)

Use of renewable secondary fuels (MJ)

Use of non-renewable secondary fuels (MJ)

Use of net fresh water (m<sup>3</sup>)

⤴ Waste categories:

Non hazardous waste to disposal (kg)

Hazardous waste to disposal (kg)

Radioactive waste (kg)

⤴ Output flows:

Components for use (kg)

Material for recycling (kg)

Material for energy recovery (kg)

Exported energy (MJ)

*Ecologic value of the site (ecological footprint)*

⤴ Accessibility:

Accessibility for people with specific needs

Access to building services

Adaptability

⤴ Health and comfort:

Thermal characteristics (PMV – °H)

Characteristics of indoor air quality, IAQ (PPD)

Acoustic characteristics (dB)

Characteristics of visual comfort (PPD)

Spatial characteristics

⤴ Loadings on the neighbourhood:

Noise (dB)

Emissions

Glare / overshadowing

Shocks / vibrations

⤴ Maintenance:

Maintenance operations

*Service life*

⤴ Safety / Security:

Resistance to climate change

Accidental actions

Personal safety and security against intruders

Security against interruptions of utility supply

Sourcing of Materials and Services  
Stakeholder Involvement

*Space efficiency*

*Social and ethical responsibility*

*User related indicators*

*Building aesthetics and context*

LCC (Euro)

Financial value (Euro)

WLC (Euro)

Risk factor indicator ESI

Market value (Euro)

Suitability for third part use (for private building)

Commerciability (for privat building)

Stability of value (for public building)

Changes in economic system

Improving building use productivity

## 2. Ecosistema urbano

Tab. 3.24 - Indicatori di Ecosistema urbano

Area	Indicatore	
Aria	1	Polveri sottili (media annua $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
	2	Biossido di azoto (media annua $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
	3	Ozono (media giorni di superamento $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )
Acqua	4	Consumi idrici domestici (consumo giornaliero pro capite di acqua per uso domestico (l/ab))
	5	Capacità di depurazione (Indice composto da: % di abitanti allacciati agli impianti di depurazione, giorni di funzionamento dell'impianto di depurazione, capacità di abbattimento del COD %)
	6	Perdite di rete (differenza tra l'acqua immessa e quella consumata per usi civili, industriali e agricoli (come quota % sull'acqua immessa))
Rifiuti	7	Produzione pro capite Ru (kg/ab)
	8	Raccolta differenziata (% RD - frazioni recuperabili - sul totale rifiuti prodotti)
Energia - carburante	9	Consumo di elettricità (Consumo annuale pro capite elettrico domestico kWh/ab)
	10	Solare fotovoltaico in edifici pubblici (kW/1.000ab)
	11	Solare termico in edifici pubblici ( $\text{m}^2/1.000\text{ab}$ )
	12	Teleriscaldamento ( $\text{m}^3$ riscaldati/ab)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

	13	Politiche energetiche (Indice composto da: introduzione di incentivi economici e disposizioni sul risparmio energetico e/o diffusione fonti energia rinnovabile, semplificazione della procedura per l'installazione di solare termico/fotovoltaico, attuazione di attività di risparmio energetico, presenza di Energy manager, acquisto di energia elettrica da fonte rinnovabile, realizzazione di audit energetici, realizzazione di banca dati edifici certificati 0-100)
Ambiente	14	Verde urbano fruibile (estensione pro capite di verde fruibile in area urbana m <sup>2</sup> /ab)
	15	Aree verdi totali (superficie delle differenti aree verdi sul totale della superficie comunale m <sup>2</sup> /ha)
	16	Isole pedonali (estensione pro capite della superficie stradale pedonalizzata m <sup>2</sup> /ab)
	17	Ztl (estensione pro capite di aree a ZTL m <sup>2</sup> /ab)
	18	Piste ciclabili (Indice che misura i metri equivalenti di piste ciclabili ogni 100 abitanti m <sub>eq</sub> /100 ab)
	19	Ciclabilità (Indice composto da: adozione biciplan, ufficio biciclette, segnaletica direzionale, cicloparcheggi di interscambio, servizio di deposito bici con assistenza e riparazione, piano riciclo bici abbandonate, contrasto ai furti, bike sharing 0-100)
Circolazione e trasporti	20	Tasso di motorizzazione – auto (auto circolanti ogni 100 abitanti auto/100 ab)
	21	Tasso di motorizzazione – moto (motocicli circolanti ogni 100 abitanti motocicli/100 ab)
	22	Trasporto pubblico – Offerta (percorrenza annua, per abitante, del trasporto pubblico km-vettura/ab)
	23	Trasporto pubblico – Passeggeri (passeggeri trasportati annualmente, per abitante, dal trasporto pubblico - passeggeri/ab)
	24	Mobilità sostenibile (Indice composto da: presenza di autobus a chiamata, controlli varchi ZTL, mobility manager comunale, piano spostamenti casa-lavoro, car sharing 0-100)
Pubblico e imprese	25	Certificazioni ISO 14001 (N° di certificazioni ISO 14001 ogni 1.000 imprese attive)
	26	Pianificazione e partecipazione ambientale (Indice composto da: progettazione partecipata, bilanci ambientali/rapporto sullo stato dell'ambiente e bilanci sociali; approvazione della Zonizzazione acustica, del Piano Urbano del Traffico - PUT, del Piano Energetico Comunale - PEC e del Piano d'Azione per l'Energia Sostenibile PAES 0-100)

	27	Eco-management (Indice composto da: utilizzo di carta riciclata negli uffici comunali, auto comunali ecologiche, prodotti equo&solidali, certificazione ambientale del Comune, raccolta differenziata all'interno del Comune, politiche di acquisti verdi 0-100)
--	----	--

### 3. Indagine sulla qualità della vita nelle città italiane Sole 24 ore – Legambiente

Tab. 3.25 - Indicatori di Indagine sulla qualità della vita nelle città italiane Sole 24 ore – Legambiente

<b>Dominio</b>	<b>Indicatore e unità di misura</b>	
Tenore di vita	1	Pil pro capite in migliaia di euro
	2	Depositi bancari per abitante
	3	Importo medio mensile pensioni in euro
	4	Consumi pro capite (in euro) - mobili/elettr./auto/moto/informatica
	5	Inflazione
	6	Costo casa al metro quadro (in euro)
Affari e lavoro	7	Imprese registrate ogni 100 abitanti
	8	Rapporto impieghi/depositi
	9	Incidenza % delle sofferenze
	10	Quota delle esportazioni sul Pil
	11	% donne occupate
	12	% giovani 25-34 anni occupati
Servizi e ambiente	13	Indice Tagliacarne dotazione infrastrutturale (senza porti)
	14	Indice Legambiente
	15	Indice climatico: differenza in C° tra il mese più caldo e il mese più freddo
	16	Dato sanitario: percentuale emigrazione ospedaliera (in %)
	17	Disponibilità asili comunali nella provincia in % su utenza 0-3 anni



"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

	18	Indice smaltimento cause civili
Popolazione	19	Abitanti per chilometro quadrato
	20	Nati vivi ogni mille abitanti
	21	Divorzi e separazioni ogni 10mila famiglie
	22	Variazione incidenza % giovani (fino a 29 anni) su popolazione
	23	Laureati per prov. residenza ogni mille giovani 25-30 anni
	24	Popolazione straniera residente regolare in % su popolazione
Ordine pubblico	25	Scippi, borseggi e rapine ogni 100mila abitanti
	26	Furti in casa ogni 100mila abitanti
	27	Furti d'auto ogni 100mila abitanti
	28	Estorsioni ogni 100mila abitanti
	29	Truffe e frodi informatiche ogni 100mila abitanti
	30	Variazione delitti denunciati - Trend
Tempo libero	31	Rapporto assorbimento libri/popolazione
	32	Numero spettacoli ogni 100mila abitanti
	33	Numero sale cinematografiche ogni 100mila abitanti
	34	N. ristoranti e N. bar ogni 100mila abitanti
	35	N. alberghi e strutture ricettive ogni 100mila abitanti
	36	Indice sportività per tutte le discipline sportive

#### 4. EcoSistema Metropolitano

Tab. 3.26 - Indicatori di EcoSistema Metropolitano

Indirizzo di sostenibilità	Indicatore	
Governance	1	Processi di Agenda 21 e bilanci sociali - realizzazione processo di A21 / pubblicazione report ambientale / presenza ufficio A21 / realizzazione bilancio sociale
	2	Organizzazioni di volontariato (n./10.000 ab.)
Gestione urbana e sostenibilità	1	Processi di Agenda 21 e bilanci sociali - realizzazione processo di A21 / pubblicazione report ambientale / presenza ufficio A21 / realizzazione bilancio sociale
	3	Appalti verdi pubblica amministrazione relativi a forniture
	4	Appalti verdi pubblica amministrazione relativi a lavori
	5	Appalti verdi pubblica amministrazione relativi a servizi
Risorse naturali comuni	6	Emissioni di PM10 (densità) (kg/ha)
	7	Emissioni di NOx (densità) (kg/ha)
	8	Emissioni di CO <sub>2</sub> (pro capite) (kg/ab)
	9	Portata idrica concessa ad uso potabile pro capite (l/s su 1.000 ab.)
	10	Qualità delle risorse idriche superficiali LIM (classe)
	11	Qualità delle risorse idriche superficiali IBE (classe)
	12	Aree boscate – da PIF (% sup.terr.)
	13	Verde urbano pro capite - da PRG (m <sup>2</sup> /ab.)
	14	Verde urbano pro capite – reale (m <sup>2</sup> /ab.)
	15	Aree a tutela paesaggistica –aree protette (escluso PLIS) + SIC e ZPS (% sup. terr.)
Migliore Mobilità	16	Depurazione - copertura nel territorio Comunale - (% popolazione)
	17	Tasso di motorizzazione complessiva (n. mezzi/100 ab.)
	18	Tasso di motorizzazione privata (n. auto/100 ab.)
	19	Spostamenti sistematici (interni e uscita) residenti in auto o motociclo (% spostamenti)
	20	Spostamenti sistematici (in entrata) residenti in auto o motociclo (% spostamenti)
	21	Tempo medio viaggio auto privata (min/viaggio)
	22	Tempo medio viaggio trasporto pubblico (min/viaggio)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

	23	Incidentalità stradale numero incidenti (n./10.000 ab.)
	24	Incidentalità stradale numero morti (n./10.000 ab.)
	25	Incidentalità stradale numero feriti (n./10.000 ab.)
	26	Piste ciclabili – estensione pro capite (m/1000ab)
	27	Pendolari che usano auto privata (% spostamenti)
	28	Pendolari che usano trasporto pubblico (% spostam.)
	29	Spostamenti sistematici residenti (interni e in uscita) con trasporto pubblico (% spostamenti)
	30	Spostamenti sistematici residenti (entrata) con trasporto pubblico (% spostamenti)
	31	Spostamenti sistematici residenti (interni e uscita) bici, piedi o altro (% spostamenti)
	32	Autoveicoli euro 3 e 4 sul totale (%)
	33	Veicoli euro 3 e 4 sul totale (%)
	34	Parcheggi di interscambio ferroviario (posti/100 spost.)
	35	Isole pedonali (m <sup>2</sup> /1.000 ab.)
	36	ZTL (m <sup>2</sup> /1.000 ab.)
Azione locale per la salute	37	Industrie a rischio di incidente rilevante (n ind./10.000 imprese)
	38	Sorgenti di radiazioni non ionizzanti – potenza installata impianti radio MF (W/1.000ab)
	39	Sorgenti di radiazioni non ionizzanti – potenza installata impianti DVB-H, televisione (W/1.000ab)
	40	Sorgenti di radiazioni non ionizzanti – potenza installata impianti telefonia mobile (W/1.000ab)
	41	Concentrazione PM10 (µg/m <sup>3</sup> )
	42	Concentrazione NO2 (µg/m <sup>3</sup> )
	43	Concentrazione CO (mg/m <sup>3</sup> )
	44	Concentrazione SO2 (µg/m <sup>3</sup> )
	45	Concentrazione benzene (µg/m <sup>3</sup> )
	46	Massimo livello di rumore stradale diurno (db A)
	47	Massimo livello di rumore stradale notturno (db A)
	48	Misure per rumore da traffico notturno >55 (db A) (%)
	49	Misure per rumore da traffico diurno >65 (dbA) (%)
	50	Zonizzazione acustica: approvazione piano
	51	Zonizzazione acustica: superficie residenziale nelle classi azzonam. acustico I-II-III (%totale)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Consumo responsabile	52	Produzione pro capite di rifiuti (kg/ab.)
	53	Solare fotovoltaico - pot. installata con finanziamenti (kW/1.000)
	54	Risparmio energetico - norme cogenti nel Regolamento edilizio o PRG
	55	Solare termico - pannelli solari nelle strutture comunali (m <sup>2</sup> )
	56	Solare fotovoltaico - potenza impianti nelle strutture comunali (kW)
	57	Tasso di raccolta differenziata (%)
	58	Impiego di compost per manutenzione verde pubblico – superficie ininteressata (%)
	59	Utilizzo prodotti biologici nelle mense scolastiche
	60	Utilizzo di carta riciclata (%)
	3	Appalti verdi pubblica amministrazione relativi a forniture
	4	Appalti verdi pubblica amministrazione relativi a lavori
5	Appalti verdi pubblica amministrazione relativi a servizi	
Pianificazione urbana	61	Area urbanizzata (da PRG) (% sup. terr.)
	62	Tasso di artificializzazione reale (% sup. terr.)
	63	Volumi edilizi nuove costruzioni (mc)
	64	Verde urbano pro capite pianificato (da PRG)
	65	Aree da bonificare (m <sup>2</sup> /ha.)
	66	Aree bonificate - in % su aree da bonificare (%)
	67	Aree dimesse (m <sup>2</sup> /ha.)
	68	Nuove aree verdi urbane (m <sup>2</sup> /1000ab)
	53	Solare fotovoltaico - pot. installata con finanziamenti (kW/1.000)
	69	Risparmio energetico e fonti rinnovabili – impianti a biomasse installati nelle strutture comunali (kW)
Economia locale sostenibile	70	Imprese pro capite (n. imprese/1000 ab.)
	71	Aree ad agricoltura biologica - incluso in conversione (% SAU)
	72	Industrie certificate ISO 14001 - loc. del produttore (ind.iso14001/10.000ind)
	73	Industrie certificate EMAS - loc. del produttore (indEMAS./10.000ind.)
	74	Industrie certificate SA8000 - loc. del produttore (indSA8000/10.000ind)
	75	Agriturismo – strutture (n.)
	76	Risparmi pro capite (Euro/ab)

Equità e giustizia sociale	77	Tasso di attività (% popolazione)
	78	Tasso di occ. femminile (% popolazione)
	79	Tasso di istruzione superiore totale – media sup. (% pop.)
	80	Tasso di istruzione superiore femminile – media sup. (% pop.)
	81	Tasso di laurea totale (% pop.)
	82	Tasso di laurea femminile (% pop.)
	83	Popolazione straniera residente (% residenti)
	84	Servizi sociali: biblioteche – prestiti libri (n./ab.)
	85	Servizi sociali: ambulatori – strutture (n./10.000 ab.)
	86	Servizi sociali: consultori – strutture (n./10.000 ab.)
Da locale a globale	8	Emissioni di CO <sub>2</sub> (pro capite)
	71	Aree ad agricoltura biologica - incluso in conversione (% SAU)
	59	Utilizzo prodotti biologici nelle mense scolastiche
	72	Industrie certificate ISO 14001 - loc. del produttore (ind.iso14001/10.000ind)
	73	Industrie certificate EMAS - loc. del produttore (indEMAS./10.000ind.)
	74	Industrie certificate SA8000 - loc. del produttore (indSA8000/10.000ind)

## 5. Green metric world university ranking 2012

Tab. 3.27 - Indicatori di Green metric world university ranking 2012

Area	Indicatore e unità di misura	
Setting and infrastructure	1	Campus Setting: Urban
	2	Area on campus covered in vegetation in the form of forest (provide as percentage of total site area)
	3	Type of higher education institution: Specialized higher education institution
	4	Number of campus sites
	5	Total campus area (meter square)
	6	Total ground area of building (meter square)
	7	Number of students (include both part time and full time students)
	8	Number of academic and administrative staff
	9	Area on campus covered in planted vegetation (include lawns, gardens, green roofs, internal planting) (provide as percentage of total site area)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Energy and Climate Change	10	Retention: non-retentive surfaces on campus as percentage of total area (where non-retentive surfaces incl. earth, grass, con-block etc, and retentive surfaces incl. concrete, tarmac) for water absorption
	11	Percentage of University budget for sustainability effort
	12	Energy efficient appliances usage (extent to which energy efficient appliances/lighting fixtures, e.g. low watt light bulb, are replacing conventional appliances) (Partly Replaced)
	13	Renewable energy usage policy (select one or more of the given energy sources used on your campus): Solar Power / Geothermal
	14	Electricity usage per year (for lighting, heating, cooling, etc) (Total kWh)
	15	Energy conservation program (formalized effort in encouraging members of the campus community to reduce energy use) (Policy in initial implementation)
	16	Green building (elements of green building implementation as reflected in all construction and renovation policy) (Natural Ventilation / Full Daylighting)
	17	Climate change adaptation and mitigation program (current stage of institutional effort) (Policy in initial implementation)
	18	Greenhouse gas emission reductions policy (Policy in initial implementation)
Waste	19	Recycling program for university waste (policy led effort to encourage staff and students to recycle waste)
	20	Toxic waste recycling (whether toxic waste is dealt with separately, for example by classifying and recycling it) (Fully Treated)
	21	Organic waste treatment (garbage, discarded vegetable and plant matter) (Partly Composted)
	22	Inorganic waste treatment (rubbish, trash, discarded paper, plastic, metal etc) (select the option that best describes your overall treatment of the bulk of your inorganic waste) (Partially recycled)
	23	Sewerage disposal (Primary method of treatment of sewerage) (select the option that best describes how the bulk of your sewerage is disposed of) Treated before disposal
	24	Policy to reduce the use of paper and plastic in campus Policy in full implementation
Water	25	Water conservation program (systematic, formalized program) (Program Preparation)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

	26	Piped water (water consumed from utility or piped system as a percentage of all sources of water including, e.g. ground or well water)
Transportation	27	Number of vehicles owned by your institution (buses and cars)
	28	Number of cars entering the university daily (average based on balanced sample, e.g. considering term and holiday periods)
	29	Number of bicycles that are found on campus on an average day (include both those owned by the university and privately owned bikes)
	30	Transportation policy designed to limit the number of motor vehicles used on campus (expressed as stage of implementation of that policy) (Policy in initial implementation)
	31	Transportation policy designed to limit or decrease the parking area on campus (Policy in initial implementation)
	32	Campus buses (the availability of buses for journeys within the campus whether free or paid) (Not available)
	33	Bicycle and pedestrian policy on campus (reflects the extent to which bicycle use or walking is supported) (select one or more options that apply to your campus) (Bicycles provided by university / Pedestrian way)
	Education	34
35		Total number of courses offered
36		Total research funds dedicated to environmental and sustainability research (in US Dollars, average per annum over the last 3 years)
37		Total research funds (in US Dollars, average per annum over the last 3 years)
38		Number of scholarly publications on environment and sustainability published (average number published annually over the last 3 years)
39		Number of scholarly events related to environment and sustainability (conferences etc) (average per annum over the last 3 years)
40		Number of student organizations related to environment and sustainability
41		University run sustainability website

### 3.3.3.2 Discussione sul quadro degli indicatori messi a sistema

Dall'osservazione della griglia dove sono stati allocati gli indicatori, è possibile fare una valutazione quali-quantitativa delle compatibilità dei sistemi di valutazione tra loro e delle relazioni tra i panel di indicatori in riferimento al caso studio.

Innanzitutto, un dato numerico: su 473 indicatori contenuti nei panel impiegati, 312 risultano compatibili tra loro (66%) ed in linea con gli obiettivi di sviluppo in senso sostenibile del campus, come indicati al livello internazionale dalla rete ISCN e nello stesso tempo delle costruzioni europee ma anche dei target territoriali italiani e locali.

Ciò *avvalora l'ipotesi assunta all'inizio della ricerca*, ovvero che fosse ragionevole pensare di costruire un metodo per il controllo delle performances degli edifici in relazione ai contesti superiori utilizzando sistemi validati disponibili.

Riguardo alla distribuzione nelle 3 sezioni, la prima più legata all'edilizia, la seconda più generale sullo sviluppo dell'area, la terza riferita alla formazione, come ci si poteva attendere, si riscontra:

- ♣ Nella prima (*Principio 1*) trovano collocazione tutti gli indicatori CEN TC 350, secondariamente quelli legati alla scala metropolitana e della città. Trovano una buona collocazione anche quelli di estrazione internazionale legati al campus. Sotto un profilo generale possiamo dire che le trasformazioni edilizie nel campus possono essere pianificate e monitorate avvalendosi di strumenti di valutazione italiani e internazionali, a scala di edificio e campus – territoriale.
- ♣ Nella seconda (*Principio 2*) la scala dell'edificio lascia maggiore spazio a quella territoriale, soprattutto a livello di città e metropolitana. Buona anche la collocazione degli indicatori di sostenibilità del campus in quanto tale.
- ♣ Nella terza (*Principio 2*) la scala dell'edificio scompare, alcuni riscontri vengono conservati a livello territoriale ed ovviamente gli indicatori di valutazione specifici delle politiche di sostenibilità del campus prevalgono.



In ciascuna delle 3 sezioni, inoltre, i topics sono raggruppati in aree prioritarie, come precisamente indicati nella Tab. 3.28.

Tab. 3.28 - Schematizzazione della griglia di controllo del Campus sostenibile, che mette in relazione priority topics, temi e principi

Pr.	Priority topics area	Theme			
		Ev	En	Ac	Pe
1	Resource use	■	■	■	■
	Waste, recycling, local emissions, and non-compliance	■	■	■	■
	Research/IT facilities and sustainability	■	■	■	■
	Users	■	■	■	■
	Indoor environmental quality	■	■	■	■
	Building design aspects	■	■	■	■
2	Institution-wide carbon targets and related achievements	■	■	■	■
	Master planning	■	■	■	■
	Transportation	■	■	■	■
	Food	■	■	■	■
	Social inclusion and protection	■	■	■	■
	Land use and biodiversity	■	■	■	■
3	Outdoor environmental Quality	■	■	■	■
	Topical integration	■	■	■	■
	Social integration	■	■	■	■
	Research and education projects on laboratory/IT facilities and sustainability	■	■	■	■
	Commitments and resources for campus sustainability	■	■	■	■

Entrando nel dettaglio di come nei diversi sistemi sono descritte le performance degli oggetti di valutazione alle diverse scale, in relazione ai “main topics”, sezione per sezione ed area per area, si può osservare:

Principio 1: “To demonstrate respect for nature and society, sustainability considerations should be an integral part of planning, construction, renovation, and operation of buildings on campus”:

Resource use:

- ⌘ *Energia*: il sistema degli indicatori CEN TC 350 descrive i consumi energetici, ma anche l'energia prodotta ed esportata, da fonti rinnovabili e non, per fare un quadro completo ma sintetico dell'edificio come consumatore e produttore, in tutte le fasi del ciclo di vita. Gli altri sistemi, per loro natura ed obiettivi, mettono in luce prevalentemente la presenza di impianti per la produzione di energia da fonte rinnovabile, ovviamente premiandoli. In

particolare, EcoSistema Metropolitano si limita agli impianti fotovoltaici, legandoli all'utilizzo delle opportunità di finanziamento offerte dal "Conto energia" statale. Green Metrics è orientato a premiare buone pratiche nella gestione del patrimonio immobiliare del campus finalizzate ad una serie di azioni a miglioramento dell'efficienza e di conversione alle energie rinnovabili. Inoltre, solo il sistema TC 350 include l'energia incorporata, ovvero quella risultante da un'analisi di prodotto e di processo LCA, specificando la fonte (rinnovabile o non).

- ▲ *Acqua*: il panel europeo comprende solo il consumo di acqua, uno dei temi più sentiti in molti paesi, mentre sia Ecosistema urbano sia Green metrics entrano nello specifico dell'efficienza dei sistemi idraulici, sia di adduzione (infrastrutture/perdite di rete) sia di smaltimento delle acqua piovane (ritenzione). Tuttavia nessuno dei sistemi (edificio, territorio) entrano nel merito della gestione degli scarichi idrici, che invece è, seppur parzialmente, descritta da un indicatore GRI-STARs.
- ▲ *Manutenzione*: la manutenzione periodica è un aspetto rilevante per ISCN, richiamato anche nel panel TC 350, come insieme delle operazioni di manutenzione dell'edificio. In EcoSistema Metropolitano è collegato alla produzione di rifiuti.
- ▲ *Costi, risparmi ed altri aspetti di management*: rilevanti per ISCN, trovano corrispondenza in due aspetti / indicatori fondamentali nel sistema europeo TC 350: LCC e procurement di beni e servizi. EcoSistema Metropolitano è ancora più specifico, valutando (positivamente) il procurement di beni, servizi e lavori quando è verde (GPP).

Waste, recycling, local emissions, and non-compliance:

- ▲ *Rifiuti*: la produzione di rifiuti solidi trova corrispondenza tra ISCN, il panel europeo TC 350 ed EcoSistema Metropolitano, dove ovviamente la produzione di rifiuti dalle costruzioni generati dalle diverse fasi del ciclo di vita concorre alla produzione di rifiuti a scala territoriale. Tra i topics suggeriti da ISCN vi è anche quello dei costi e i risparmi economici legati alla gestione dei rifiuti, ma l'indicatore relativo nel sistema GRI-STARs riguarda solo le residenze.
- ▲ *Riciclo*: il panel europeo contiene un indicatore specifico, che misura la quantità di materiale destinato a riciclo nelle fasi del ciclo di vita degli edifici. In EcoSistema Metropolitano il topic del riciclo è affrontato in maniera indiretta, evidenziando la percentuale di raccolta differenziata a livello provinciale. E' evidente che vi è relazione tra i due indicatori. Il topic è ritenuto importante anche a livello di campus (Green Metrics).
- ▲ *Riuso*: la quantità di materiali per il riuso nelle fasi del ciclo di vita degli edifici trova descrizione in uno specifico indicatore europeo.
- ▲ *Emissioni*: il topic delle emissioni che contribuiscono all'inquinamento atmosferico a livello locale trova indicatori nel panel europeo, in Ecosistema urbano e in maniera ancora più dettagliata in EcoSistema Metropolitano.
- ▲ *Impatti dei laboratori e strutture specifiche*: per quanto riguarda gli usi energetici e IT, questo aspetto non trova una descrizione per indicatori nei sistemi considerati, se non in maniera indiretta in Ecosistema urbano e limitata ai consumi elettrici. Il topic dei rifiuti pericolosi è invece ripreso nel sistema europeo, grazie alla presenza di un indicatore specifico della quantità prodotta nelle fasi del ciclo di vita.

Users:

Il rapporto del campus con gli utenti, sia nei topics, sia corrispondentemente nel sistema europeo, è descritto sotto 3 aspetti diversi: l'accessibilità come assenza di barriere fisiche architettoniche

(disabili), la partecipazione (coinvolgimento degli stakeholders nei processi decisionali), le relazioni psicologiche tra ambiente fisico ed utenti. In questo ultimo caso, risulterebbe potenzialmente interessante l'uso di indicatori relazionati all'utente, che il CEN TC 350 include nei propri panels.

#### Indoor Environmental Quality:

Su questi aspetti, che nell'analisi ISCN sono ben dettagliati, anche gli indicatori europei sono particolarmente specifici, indicando parametri termo-igrometrici, acustici, luminosi, che però non trovano corrispondenza di altrettanti o simili indicatori negli altri sistemi di valutazione. A parte i sistemi territoriali, in cui la qualità interna degli edifici non è presa in considerazione, neppure Green metrics li include nel proprio panel.

#### Building design aspects:

Quella che prende in considerazione gli aspetti della progettazione degli edifici è senz'altro l'area più interessata dai risultati degli studi più recenti e dell'evoluzione tecnica e normativa in materia di sostenibilità delle costruzioni, ma anche quella in cui gli investimenti sono in grado di contribuire ai loro sviluppi soprattutto in merito agli indicatori meno esplorati.

- ▲ *Standard di sostenibilità applicati ed esplorati*: tra gli indicatori europei ancora poco esplorati ma potenzialmente strategici soprattutto per la loro portata sociale, ambientale ed economica insieme a partire dalle performances dell'edificio, sono il WLC (Whole Life Cost) e Social and ethical responsibility, che nel panel di EcoSistema metropolitano si relazionano agli indicatori di Green Public Procurement (beni, servizi, lavori). Un altro indicatore poco esplorato a livello europeo, soprattutto a livello di edilizia pubblica, è "Improving building productivity", che potrebbe permettere di monetizzare o quanto meno quantificare i vantaggi derivanti da interventi edilizi-gestionali di miglioramento della sostenibilità in relazione alla produttività lavorativa dello staff, ma anche della popolazione studentesca come contributo all'ottimizzazione della didattica.
- ▲ *Flessibilità nell'uso a lungo termine*: l'adattabilità è l'indicatore europeo che misura la capacità dell'edificio di adattarsi a usi, funzioni e configurazioni diverse. Questo indicatore è certamente in grado di influenzare il consumo di suolo urbano e la costruzione di volumi edilizi. Maggiore è l'adattabilità, minori sono il consumo di suolo e la crescita edilizia in termini di volumi, due indicatori importanti nel sistema EcoSistema metropolitano.
- ▲ *LCA (Life Cycle Assessment)*: un indicatore europeo ancora poco applicato ed in evoluzione è "Service life", fondamentale in un'analisi LCA. Come l'adattabilità, a livello territoriale influisce sulla crescita e le trasformazioni urbane, dunque al consumo di suolo e ai volumi nuovi costruiti. Strettamente connessi alla LCA il panel europeo comprende una serie di indicatori, che mettono in relazione la vita dell'edificio con condizioni, processi e prodotti esterni all'edificio, che ne influenzano la stessa vita utile e/o il mantenimento della capacità di assolvere alle proprie funzioni: uso di materiali secondari, materiali per recupero energetico, resistenza ai cambiamenti climatici, azioni accidentali, sicurezza contro le intrusioni e contro le interruzioni dei servizi.
- ▲ *LCC (Life Cycle Costing)*: il panel europeo, grazie ad indicatori oggetto di recenti studi, ne comprende diversi: Financial value, Market value, Risk factor indicator (ESI), ma anche Changes in economic system. In corrispondenza, Ecosistema urbano presenta indicatori economici come PIL pro capite, esportazioni / PIL e indicatori occupazionali.
- ▲ *Evaluation of design consequence on people well-being and on efficient use of space*: il panel GRI and STARS presenta un indicatore di performance tecnica e spaziale. Il panel europeo comprende diversi indicatori dell'efficienza spaziale e del comfort degli ambienti:

“Access to building services”, “Space efficiency”, “Spatial characteristics”, “Noise”, “Glare”, “Shocks”.

- ▲ *Landscape integration of building design*: il panel europeo comprende due indicatori attinenti: “Building aesthetics and context” e “Ecologic value of the site (ecological footprint)”. L'integrazione nel paesaggio e la tutela ecologica del sito sono indicatori ancora poco esplorati. Per il primo, inoltre, non sono disponibili metodologie di calcolo largamente condivise.

Principio 2: “To ensure long-term sustainable campus development, campus-wide master planning and target-setting should include environmental and social goals”

Institution-wide carbon targets and related achievements:

- ▲ *Carbon emissions (organization-wide)*: Il panel europeo comprende 7 indicatori di impatto connessi all'aumento della CO<sub>2</sub>, all'effetto serra e all'esaurimento delle risorse: Global warming potential (GWP), Depletion potential of the stratospheric ozone layer (ODP), Acidification potential of land and water (AP), Eutrophication potential (EP), Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants (POCP), Abiotic Resource Depletion Potential (ADP elements), Abiotic Resource Depletion Potential (ADP fossil fuels). In EcoSistema metropolitano un indicatore attinente è quello che valuta la produzione pro capite di CO<sub>2</sub>.

Master planning:

- ▲ *Copertura dell'area del campus (%) con iniziative di pianificazione*: a livello urbano (Indagine sulla qualità urbana Legambiente-Sole24ore) l'indice Ecosistema urbano misura il livello di sostenibilità ambientale della città, per cui una pianificazione del campus come pezzo di città orientata ad una maggiore sostenibilità certamente contribuisce positivamente alla città nel suo complesso, da un punto di vista ambientale. EcoSistema metropolitano presenta diversi indicatori del management in chiave sostenibile, anche se specificatamente riferiti all'amministrazione comunale, dall'attuazione di processi Agenda 21 alla pubblicazione di report e bilanci sociali-ambientali, alla presenza di un ufficio Agenda 21. In una programmazione e pianificazione di iniziative sostenibili a livello di campus, certamente il ricorso a procedure GPP (lavori, servizi, beni), altri indicatori presenti nel panel di EcoSistema metropolitano, contribuisce positivamente.

Transportation:

- ▲ *Frequency of traffic surveys*: in Ecosistema urbano è valutato il livello di management sostenibile (presenza del mobility manager, piano degli spostamenti, car-sharing), che dovrebbe operare sulla base di rilievi periodici della situazione del traffico.
- ▲ *Bicycle/ebike and pedestrian access*: in Ecosistema urbano sono valutati i percorsi ciclabili sul numero degli abitanti, ma anche un indice di ciclabilità complessiva.
- ▲ *Estimated commute distance or commute energy use per person*: mentre per GRI-STARS ha importanza il tempo medio di viaggio, in Ecosistema urbano il totale management sostenibile legato all'accessibilità determina un indice da valutare. EcoSistema metropolitano ritiene rilevanti le percentuali di viaggi sistematici da e per la città che utilizzano il trasporto pubblico, e valutabile anche il tempo medio di viaggio con auto privata.
- ▲ *Internal parking slots*: il trasporto privato, inteso come numero di auto e motocicli posseduti

in base al numero di abitanti sono indicatori rilevanti nella valutazione di Ecosistema urbano, richiamati anche in EcoSistema metropolitano, per il quale è importante anche l'offerta di parcheggi di interscambio. Green Metrics dà rilievo anche al numero di veicoli posseduto dall'istituzione universitaria.

- ⤴ *Facilities and promotions in favor of public transport*: lo sconto sui biglietti per i mezzi pubblici in GRI-STARS è importante, e certamente può contribuire all'uso del trasporto pubblico, misurato in numero di passeggeri da Ecosistema urbano (che ne misura anche l'offerta), come richiamato anche in EcoSistema Metropolitano. Green Metric incoraggia una politica sui trasporti che limita il numero di veicoli circolanti nel campus e incentiva all'offerta di un trasporto locale all'interno del campus stesso.
- ⤴ *Mobility Management*: sia in Ecosistema urbano sia in EcoSistema Metropolitano sia in Green Metrics, sono valorizzate le politiche per la riduzione dell'uso dell'auto privata, anche attraverso strategie come il car sharing.
- ⤴ *Rehabilitation of traffic system and paths within the district of Città Studi*: la presenza di piste ciclabili, così come di aree pedonali è valorizzata sia in Ecosistema urbano, sia in EcoSistema metropolitano, sia in Green Metrics. Nei primi due sistemi di valutazione è misurata e rapportata agli abitanti. In EcoSistema metropolitano il numero di spostamenti sistematici in bicicletta o a piedi contribuisce alla sostenibilità della città. Green Metrics premia la quantità di biciclette presenti in un giorno tipo nel campus.
- ⤴ *Urban mobility / Electric car sharing*: una politica dei trasporti che si avvale di un management adeguato può migliorare la sostenibilità della città e del campus. Green Metrics mira in tal modo anche a diminuire le aree di parcheggio interne al campus.

#### Food:

- ⤴ *Food supply chain and environmental impacts (e.g. carbon intensity) / Fair trade food sourcing*: su questi temi Indagine Qualità Urbana Sole24Ore-Legambiente monitora l'offerta di esercizi pubblici per la ristorazione, ma non sono disponibili indicatori di sostenibilità in altri sistemi di valutazione, se non in maniera indiretta, come nel caso di EcoSistema metropolitano, in cui sono valorizzati gli appalti verdi, comprese le forniture di beni e servizi, ma relativamente alla pubblica amministrazione comunale, cui è pure limitata è la valutazione del cibo biologico (mense scolastiche comunali).

#### Social inclusion and protection:

- ⤴ *Diversity (faculty, staff and students)*: la diversità di facoltà e di categorie di soggetti coinvolti nella vita dell'ateneo, nonché di genere è uno degli indicatori GRI-STARS, mentre Green Metrics si sofferma sui numeri assoluti di studenti e personale.
- ⤴ *Incidents of discrimination*: il tema soprattutto dell'integrazione culturale, a partire dalle percentuali si popolazione studentesca straniera, è presente in entrambi i sistemi di valutazione della sostenibilità a scala urbana: Indagine Qualità urbana Sole24Ore-Legambiente e EcoSistema metropolitano.
- ⤴ *Access to education (in case of substantial fees)*: in nessuno dei sistemi di valutazione sono utilizzati indicatori specifici, ma solo indicatori attraverso i quali di può collegare indirettamente l'accesso all'educazione al reddito pro capite degli abitanti o alla presenza di laureati nella popolazione residente e di donne laureate (Indagine Qualità urbana Sole24Ore-Legambiente, EcoSistema metropolitano).
- ⤴ *Open access spaces for interaction*: l'offerta di spazi extra da quelli strettamente funzionali alle attività didattiche rientra nel macro tema di una articolazione spaziale più legata ai

bisogni dell'utenza. In ambito europeo, la proposta di indicatori "user related" risponde a questo fabbisogno, mentre a livello urbano (Indagine Qualità urbana Sole24Ore-Legambiente) l'offerta di servizi pubblici come biblioteche, cinema, ma anche asili nido in rapporto al numero di abitanti viene valutata come indice di sostenibilità a misura di utente.

- ▲ *Access to services and commerce*: l'accessibilità ai servizi, anche privati e dunque commerciali, in chiave ampia e sostenibile richiama il tema del rapporto tra chi offre e chi usufruisce dei servizi. Tra i possibili indicatori europei, la responsabilità sociale ed etica è un aspetto sempre più sentito. Nei sistemi di valutazione territoriali, l'indice Tagliacarne (Indagine Qualità urbana Sole24Ore-Legambiente) misura il livello infrastrutturale raggiunto ed EcoSistema metropolitano valuta la densità di imprese nella città.
- ▲ *Participative campus planning integrating users and neighbors*: anche nel caso della partecipazione, che in GRI-STARS si misura in numero di iniziative di lavoro che coinvolgono soggetti interni ed esterni all'ateneo, l'impiego di indicatori ad hoc a misura di utente risulterebbe efficace. Inoltre, il coinvolgimento degli stakeholders è un aspetto fondamentale negli standards europei, in particolare quello riferito alle prestazioni sociali.
- ▲ *Working conditions, including minimum wages, collective bargaining, and health and safety*: ancora una volta l'uso di indicatori legati agli utenti è prioritario in ambito europeo. L'efficienza spaziale ed altre caratteristiche legate agli spazi ed all'accessibilità, in un'ottica di responsabilità sociale complessiva, sono necessari per raggiungere condizioni di lavoro degli addetti di benessere e sicurezza. Quest'ultimo è uno degli aspetti richiamati dagli standards europei, in diverse declinazioni: dalla prevenzione di incidenti alla sicurezza contro le intrusioni alla garanzia di continuità dei servizi di fornitura essenziali, all'accesso fisico ai servizi dell'edificio. Il legame causa-effetto con la produttività è una relazione importante in quanto finalizzata al miglioramento delle prestazioni misurate in produttività. Questa a sua volta dipende anche da altri fattori complementari e riconducibili all'ambito territoriale. La disponibilità di strutture scolastiche-sociali-assistenziali a supporto dei genitori lavoratori, indicata in Indagine Qualità urbana Sole24Ore-Legambiente, è uno di questi.

#### Land use and biodiversity:

- ▲ Il recupero della terra e dell'edificio in un'ottica di sviluppo e rinnovamento adattativo, ai fini di proteggere la biodiversità è un tema richiamato in alcuni indicatori/aspetti europei riferiti all'edificio e al suo immediato contesto, tra cui l'impronta ecologica del sito, l'adattabilità dell'edificio e la sua service life. A livello territoriale tra gli indicatori di EcoSistema metropolitano alcuni si relazionano, misurando l'urbanizzazione e la cementificazione con creazione di nuovi volumi edilizi, che evidentemente si antepongono, attraverso aggiunte e non sostituzioni, ad uno sviluppo adattativo come sostenibilmente inteso.
- ▲ *Garbage area collection optimization*: la gestione ottimizzata dei rifiuti a livello di campus trova supporto metrico in diversi indicatori a livello urbano. Sia in Ecosistema urbano, sia in EcoSistema metropolitano, la produzione di rifiuti pro capite e la percentuale di raccolta differenziata trovano corrispondenza anche negli indicatori Green metrics, che premiano anche la produzione ed uso di compost, peraltro valorizzato anche in EcoSistema metropolitano.
- ▲ *Landscaping impact and biodiversity*: l'impatto sul paesaggio trova un aspetto corrispondente tra gli indicatori europei riferiti all'edificio, che mette in luce i fattori estetici anche in relazione all'integrazione con il contesto. In ambito territoriale il rispetto del paesaggio e delle aree di valore naturalistico è richiamato in EcoSistema metropolitano.

- ⤴ *Increment of green areas*: la presenza e la creazione di nuove aree verdi urbane sono misurati e valorizzati sia in Ecosistema urbano sia in EcoSistema metropolitano e trovano corrispondenza in alcuni indicatori di Green metrics, che premia i campus che ospitano aree coperte di vegetazione, giardini, tetti verdi, verde interno agli edifici e le cui superfici si offrono buone prestazioni ritenitive rispetto allo smaltimento delle acque piovane attraverso il suolo e sottosuolo.

#### Outdoor environmental Quality:

- ⤴ *Outdoor air quality*: la qualità dell'aria esterna è misurata sia in Ecosistema urbano sia in EcoSistema metropolitano attraverso indicatori sia di quantità annuali per abitante sia di concentrazione di gas ed altri inquinanti (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, PM, ecc) emessi.
- ⤴ *Outdoor lighting comfort*: riguardo al comfort visivo degli spazi esterni, nessun sistema di valutazione propone indicatori specifici.
- ⤴ *Outdoor acoustic comfort*: EcoSistema metropolitano include diversi indicatori della sostenibilità dell'ambiente urbano in base alle performances acustiche, quali i livelli massimi di rumore generali dal traffico autoveicolare diurno e notturno e le misure messe in atto per l'abbattimento.

Principio 3: “To align the organization’s core mission with sustainable development, facilities, research, and education should be linked to create a “living laboratory” for sustainability”.

#### Topical integration:

- ⤴ *Programs and projects that connect facilities, research and education*: questa priorità è finalizzata ad una maggiore efficienza e qualità dell'offerta d'ateneo. Gli effetti sono intercettati, almeno in parte, da alcuni indicatori di EcoSistema metropolitano: dal tasso di laureati dei comuni dell'area metropolitana a quello di occupati, comprese le percentuali che riguardano le donne. L'offerta complessiva è invece un dato che Green metrics considera per stimare il livello di sostenibilità dell'istituzione.
- ⤴ *Labelling and number of courses that have an integrated perspective on sustainability as a key component*: la specificità ambientale e più largamente della sostenibilità è un requisito sia del sistema GRI-STARs sia Green Metrics, che incoraggia anche le pubblicazioni con lo stesso orientamento.
- ⤴ *Courses and/or research that transcends disciplines*: non sono presenti nei sistemi presi in considerazione indicatori riferiti a questa priorità.

#### Social integration:

- ⤴ *Programs and projects that connect campus users with industry, government, and/or civil society*: non sono presenti nei sistemi presi in considerazione indicatori riferiti a questa priorità.
- ⤴ *Programs to further student interaction and social cohesion on campus*: in GRI-STARs sono valorizzate le tesi degli studenti coinvolti nel progetto.
- ⤴ *Courses that use participatory and project based teaching*: il numero di corsi attivi sull'iniziativa del Campus sostenibile, indicatore di GRI-STARs, trova una relazione con l'indicatore di Green Metrics che valuta positivamente il numero di eventi accademici (conferenze, ecc) relazionati all'ambiente e sostenibilità.
- ⤴ *Behavioral programs aiming at more sustainable actions by students, staff, or external community members*: in GRI-STARs il numero di persone coinvolte nella stesura di linee guida comportamentali a favore della sostenibilità è misurato attraverso un preciso

indicatore. In Green Metrics il coinvolgimento in organizzazioni aventi fini ambientali e sostenibili è quello più vicino a questa priorità.

Research and education projects on laboratory, IT facilities and sustainability:

- ⤴ *Research and education on mitigating energy use in laboratories/IT facilities/* : non sono presenti nei sistemi presi in considerazione indicatori riferiti a queste priorità.

Commitments and resources for campus sustainability:

- ⤴ *Existence of an organization-wide sustainability policy that integrates academic with operational issues / Commitment to external sustainability principles and initiatives (this Charter and other)*: non sono presenti nei sistemi presi in considerazione indicatori riferiti a queste priorità.
- ⤴ *Dedicated resources (processes, human and financial resources) for campus sustainability*: la priorità della disponibilità finanziaria è supportata da uno specifico indicatore GR-STARs ed anche in Green Metrics, che incoraggia la ricerca in generale e in particolare quella su temi ambientali e legati alla sostenibilità.

### 3.3.3.3 Conclusioni

A valle dello studio effettuato, è possibile trarre una serie di conclusioni quantitative e qualitative. Innanzitutto, infatti, osservando la tabella nel sotto-par. 1 che riassume per numero di indicatori quelli collocati nella griglia ISCN e dunque messi a sistema, l'alto numero per ciascun set denota un buon livello di comparabilità tra i sistemi di valutazione diversi. In pratica, che è possibile trovare relazioni tra i pannelli di indicatori.

In particolare, partendo dal punto di vista dell'edificio, che:

- ⤴ Vi è una correlazione tra il panel degli indicatori europei riferiti all'edificio e quelli propri della scala del campus e del territorio più esteso, vale a dire che esistono rapporti tra le diverse scale (edificio, campus, città).
- ⤴ Ciò è dovuto alla ricaduta di effetti (impatti) prodotti da operazioni di costruzione e di conseguenza che interessano le prestazioni dell'intero territorio da un punto di vista sostenibile.
- ⤴ Il confronto tra i pannelli di indicatori (quello europeo e 3 territoriali, più 2 specifici in ambito universitario internazionale) mette in luce sovrapposizione, ma più spesso somiglianze tra un gran numero di aspetti / indicatori. Si può dire in altre parole che si riscontra coerenza tra i set, in particolare rispetto ad alcuni "priority topics".
- ⤴ In termini di ulteriori sviluppi della ricerca, questa coerenza tra i panels è la base per esplorare in profondità le relazioni tra indicatori "omologhi" a diverse scale e per sviluppare un metodo di valutazione di alternative d'intervento edilizio basato su un approccio multi-livello e multi-scala.
- ⤴ Ciò avverrà selezionando, tra gli indicatori omologhi quelli oggettivamente più importanti per stimare prestazioni e impatti dell'edificio sul livello territoriale e al contempo misurabili con metodologie validate (o quanto meno comunemente impiegate) a livello almeno nazionale.
- ⤴ Gli indicatori omologhi apparterranno ai panels europeo (edificio) ed EcoSistema metropolitano prioritariamente. Qualora, in corrispondenza di indicatori dell'edificio vi sia mancanza di indicatori omologhi in EcoSistema metropolitano, saranno utilizzati indicatori



corrispondenti in un altro dei sistemi territoriali (Ecosistema urbano o Indagine Qualità urbana Sole24Ore-Legambiente).

### 3.3.4 Costruzione di un panel di indicatori per l'edificio e la scala urbana

#### 3.3.4.1 Campo di applicazione, categorie di intervento, scale

Il presente capitolo è finalizzato all'individuazione, a partire dalla griglia generale ISCN così come riempita nella fase di lavoro precedente, di coppie (edificio europei e di uno dei sistemi di assessment / reporting, EcoSistema metropolitano preferibilmente) di indicatori, applicabili al caso studio:

12. omologhi
13. utili all'applicazione del metodo al caso di studio
14. misurabili

Come noto, la griglia ISCN di messa a sistema, è costituita da 3 livelli (griglie), in conformità ai 3 principi:

- ⋄ Principio 1: “To demonstrate respect for nature and society, sustainability considerations should be an integral part of planning, construction, renovation, and operation of buildings on campus”
- ⋄ Principio 2: “To ensure long-term sustainable campus development, campus-wide master planning and target-setting should include environmental and social goals”
- ⋄ Principio 3: “To align the organization’s core mission with sustainable development, facilities, research, and education should be linked to create a “living laboratory” for sustainability”.

Come confermato dai risultati della fase precedente, tralasciando il principio 3 finalizzato ad obiettivi di natura educativa, i punti di vista dei primi due principi, riferiti invece all'*ambiente costruito*, hanno relazioni molto strette con le scale alle quali i processi edilizi e in generale gli interventi nel Campus sostenibile si analizzano.

Nel dettaglio, le corrispondenze si possono schematizzare come nella Tab. 3.29.

Tab. 3.29 - Corrispondenze tra principi della griglia del Campus sostenibile e scale del contesto, dall'edificio alla città

Principles	Scale		
	Building	Campus	City (metropolitan area)
Pr. 1	●	●	
Pr. 2	●	●	●

Dunque, la tabella corrispondente al Principio 1 risulta adatta per individuare gli indicatori omologhi che mettono in relazione l'Edificio con il Campus, e quella corrispondente al Principio 2 quella contenente le coppie di indicatori Edificio-Campus in rapporto con la Città, in analogia ai modelli spaziali elaborati precedentemente.

Tuttavia, occorre anche considerare che l'analisi ISCN con la griglia come strumento di programmazione e controllo, ha come applicazione sia gli immobili sia il tessuto del campus nel quale agli immobili sono collocati (strade, spazi aperti) ed ambiti ad essi collegati e compresi nei "topics" (es. trasporti, food, gestione rifiuti).

Essendo il caso studio incentrato sugli interventi strettamente di tipo edilizio sull'edificio (Nave) l'identificazione degli indicatori utili deve essere preceduta da una operazione di esclusione di quelli che descrivono possibili interventi sugli ambiti menzionati.

Inoltre, considerando che le opzioni oggetto del caso studio sono limitate ad interventi di manutenzione straordinaria di sistemi tecnologici e non di ristrutturazione vera e propria (modifica degli spazi), occorre compiere le seguenti discriminanti:

Campus = **Building stock** + External areas and facilities

Object of application: Building stock / **Single building**

Construction works: New building / Retrofitting (Planning development / **Refurbishment / Single or multiple technologic systems renovation**).


















In tal modo, la selezione delle coppie di indicatori si restringerà al caso di studio (**Single building, Single / Multiple technologic systems renovations**).

I colori associati, nella seguente tabella (Tab. 3.30), identificano la griglia nella quale sono collocati gli indicatori utili, caso per caso, precisamente quelle corrispondenti ai principi.

Tab. 3.30 - Relazioni tra i principi della griglia del Campus sostenibile, categorie di lavori di costruzione e scale del contesto

 Principle 1

 Principle 2

Object of application			Construction works; categories			
			New building	Retrofit		
				Planning development	Refurbishment (layout re-design)	Single / Multiple technologic systems renovation
Campus	External areas and facilities					
	Building stock	Building stock	 	 	 	 
		Single building	 	 	 	 

Il lavoro di identificazione degli indicatori utili nelle griglie verrà svolto in restrizione al caso studio, ma si vorrà integrarlo anche con un altro caso possibile nel management dei processi edilizi e che potrebbe essere oggetto di interesse del Politecnico nei prossimi anni: quello della ristrutturazione di uno o più edifici del patrimonio edilizio del campus, con modifiche spaziali e funzionali, parziali o totali.

### 3.3.4.2 Indicatori europei e categorie di lavori di intervento

Al fine di selezionare un set di indicatori europei adatti alla categoria delle alternative progettuali da valutare e confrontare nel caso studio, utilizzando la griglia ISCN del Campus sostenibile, si sono ottenuti i seguenti elenchi. Le tabelle Tab. 3.31, Tab. 3.32, di fatti, ordinano e classificano tutti gli aspetti ed indicatori europei la cui lista è stata definita nei paragrafi precedenti, e sistematizzati nella griglia di controllo, in base ai principi ISCN del Campus sostenibile, e alla categoria di intervento edilizio nell'ambito della quale possono essere usati per descrivere le performance dell'edificio.

Tab. 3.31 - Indicatori / aspetti europei relativi alla categoria di interventi "refurbishment", ordinati per principi della griglia di controllo ISCN del Campus sostenibile

<b>Principle 1</b>	
<b>Indicators</b>	<b>Aspects</b>
Use of renewable primary energy excluding energy resource used as raw material (MJ, net calorific value) Use of non-renewable primary energy excluding energy resource used as raw material (MJ, net calorific value) Use of renewable secondary fuels (MJ) Use of non-renewable secondary fuels (MJ) Exported energy (MJ) Use of renewable primary energy used as raw material (MJ, net calorific value) Use of non-renewable primary energy used as raw material (MJ, net calorific value) Use of net fresh water (m <sup>3</sup> ) LCC (Euro) Non hazardous waste to disposal (kg) Hazardous waste to disposal (kg) Radioactive waste (kg) Material for recycling (kg) Components for use (kg) Characteristics of indoor and quality, IAQ (PPD) Thermal characteristics (PMV – °H) Characteristics of visual comfort (PPD) Acoustic characteristics (dB) WLC – Whole Life Cost (Euro) Use of secondary material (kg) Material for energy recovery (kg) Financial value (Euro) Market value (Euro) Risk factor Indicator ESI Noise (dB)	Maintenance operations Sourcing of Materials and Services Emissions Accessibility for people with specific needs Stakeholder Involvement User related Indicators Social and ethical responsibility Improving building productivity Adaptability Stability of value Service life Resistance to climate change Accidental actions Personal safety and security against intruders Security against interruptions of utility supply Changes in economic system Access to building services Space efficiency Spatial characteristics Glare / overshadowing Shocks / vibrations Building aesthetics and context Ecological value of the site (ecological footprint)
<b>Principle 2</b>	
<b>Indicators</b>	<b>Aspects</b>
Global warming potential, GWP (kg CO <sub>2</sub> equiv) Depletion potential of the stratospheric ozone layer, ODP (kg CFC 11 equiv) Acidification potential of land and water, AP (kg SO <sub>2</sub> equiv) Eutrophication potential, EP (kg (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> equiv) Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants, POCP (kg Ethene equiv) Abiotic Resource Depletion Potential, ADP elements (kg Sb equiv) Abiotic Resource Depletion Potential, ADP fossil fuels (MJ)	User related Indicators Stakeholders Involvement Space efficiency Spatial characteristics Accessibility for people with specific needs Accidental actions Personal safety and security against intruders Security against interruptions of utility supply Access to building services Improving building use productivity Ecological value of the site (ecological footprint) Adaptability Service Life Building aesthetics and context

Tab. 3.32 - Indicatori / aspetti europei relativi alla categoria di interventi "technological systems renovation", ordinati per principi della griglia di controllo ISCN del Campus sostenibile

<b>Principle 1</b>	
<b>Indicators</b>	<b>Aspects</b>
Use of non-renewable primary energy excluding energy resource used as raw material (MJ, net calorific value) Use of non-renewable primary energy used as raw material (MJ, net calorific value) Use of net fresh water (m <sup>3</sup> ) LCC (Euro) Non hazardous waste to disposal (kg) Hazardous waste to disposal (kg) Material for recycling (kg) Components for use (kg) Characteristics of indoor and quality, IAQ (PPD) Thermal characteristics (PMV – °H) Characteristics of visual comfort (PPD) Acoustic characteristics (dB) Use of secondary material (kg) Material for energy recovery (kg) Market value (Euro) Noise (dB)	Maintenance operations Sourcing of Materials and Services Emissions Stakeholder Involvement User related Indicators Improving building productivity Service life Resistance to climate change Accidental actions Security against interruptions of utility supply Changes in economic system Glare / overshadowing Shocks / vibrations Building aesthetics and context
<b>Principle 2</b>	
<b>Indicators</b>	<b>Aspects</b>
Global warming potential, GWP (kg CO <sub>2</sub> equiv) Depletion potential of the stratospheric ozone layer, ODP (kb CFC 11 equiv) Acidification potential of land and water, AP (kg SO <sub>2</sub> equiv) Eutrophication potential, EP (kg (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> equiv) Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants, POCP (kg Ethene equiv) Abiotic Resource Depletion Potential, ADP elements (kg Sb equiv) Abiotic Resource Depletion Potential, ADP fossil fuels (MJ)	User related Indicators Social and ethical responsibility Stakeholders Involvement Accidental actions Security against interruptions of utility supply Improving building use productivity Service Life Building aesthetics and context

### 3.3.4.3 Selezione degli indicatori per categoria di intervento

In base alle analisi svolte nel precedente paragrafo, l'applicazione al caso studio (individuazione degli indicatori utili) verrà fatta sulle combinazioni delle seguenti opzioni:

- ^ Principle 1: (Building, Campus)
- ^ Principle 2 : Building-Campus, City (Metropolitan area)
- ^ Object of application: Building stock / Building – Campus
- ^ Object of application: Building stock / Building – Campus – City
- ^ Construction works: Refurbishment
- ^ Construction works: Single or multiple technologic systems renovation.

La sintesi è contenuta nella Tab. 3.33.

Tab. 3.33 - Relazione tra principi del Campus sostenibile, categorie di lavori di costruzione e oggetto di intervento

<b>Object of application</b>	<b>Principle 1</b>	<b>Principle 2</b>
	<b>Building stock / Building – Campus</b>	<b>Building stock / Building – Campus – City</b>
Refurbishment		
Single or multiple technologic systems renovation		

Di seguito si riporta uno stralcio per ognuna delle 4 tabelle corrispondenti alle rispettive combinazioni (Tab. 3.34, Tab. 3.35, Tab. 3.36, Tab. 3.37).

Tab. 3.34 - Stralcio della tabella degli indicatori della combinazione Building stock / Building – Campus / Refurbishment (in corsivo: aspetti / indicatori europei che hanno almeno un indicatore omologo in uno dei panel dei sistemi territoriali; in carattere normale: aspetti / indicatori europei che non hanno nemmeno un indicatore omologo in uno dei panel dei sistemi territoriali)

<b>Building stock / Building – Campus</b>				
<b>Priority topics / Topics</b>	<b>Related Aspects / Indicators</b>			
	<b>European Indicators (building)</b>	<b>Ecosistema urbano Legambiente (city)</b>	<b>Indagine qualità urbana Sole24 Ore-Legambiente (city)</b>	<b>EcoSistema metropolitano Provincia di Milano (metropolitan area)</b>
<b>Resource use</b>				
Energy use / direct energy consumption	<i>Use of renewable primary energy excluding energy resource used as raw material (MJ, net calorific value)</i>	Solar photovoltaic in public buildings (kW/1.000 inhab.)		Solar photovoltaic – funded set power (kW/1.000)
		Solar thermal in public buildings (m <sup>2</sup> /1.000 inhab.)		
		District heating (m <sup>3</sup> heated/inhab.)		
	Use of non-renewable primary energy excluding energy resource used as raw material (MJ, net calorific value)			
	Use of renewable secondary fuels (MJ)			
	Use of non-renewable secondary fuels (MJ)			
		Consumption of electricity (Annual domestic electric consumption per capita kWh/inhab.)		

Tab. 3.35 - Stralcio della tabella degli indicatori della combinazione Building stock / Building – Campus - Città / Refurbishment (in corsivo: aspetti / indicatori europei che hanno almeno un indicatore omologo in uno dei panel dei sistemi territoriali; in carattere normale: aspetti / indicatori europei che non hanno nemmeno un indicatore omologo in uno dei panel dei sistemi territoriali)

<b>Building stock / Building – Campus – City</b>				
<b>Priority topics / Topics</b>	<b>Related Aspects / Indicators</b>			
	<b>European Indicators (building)</b>	<b>Ecosistema urbano Legambiente (city)</b>	<b>Indagine qualità urbana Sole24 Ore-Legambiente (city)</b>	<b>EcoSistema metropolitano Provincia di Milano (metropolitan area)</b>
<b>Institution-wide carbon targets and related achievements</b>				
Carbon emissions (organization-wide)	<i>Global warming potential, GWP (kg CO<sub>2</sub> equiv)</i>			CO <sub>2</sub> emissions (per capita) (kg/inhab.)
	Depletion potential of the stratospheric ozone layer, ODP (kb CFC 11 equiv)			
	Acidification potential of land and water, AP (kg SO <sub>2</sub> equiv)			
	Eutrophication potential, EP (kg (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> equiv)			
	Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants, POCP (kg Ethene equiv)			
	Abiotic Resource Depletion Potential, ADP elements (kg Sb equiv)			
	Abiotic Resource Depletion Potential, ADP fossil fuels (MJ)			



Tab. 3.36 - Stralcio della tabella degli indicatori della combinazione Building – Campus / Single or multiple technologic systems renovation (in corsivo: aspetti / indicatori europei che hanno almeno un indicatore omologo in uno dei panel dei sistemi territoriali; in carattere normale: aspetti / indicatori europei che non hanno nemmeno un indicatore omologo in uno dei panel dei sistemi territoriali)

<b>Building – Campus</b>				
<b>Prior./ Topics</b>	<b>Related Aspects / Indicators</b>			
	<b>European Indicators (building)</b>	<b>Ecosistema urbano Legambiente (city)</b>	<b>Indagine qualità urbana Sole24Ore-Legambiente (city)</b>	<b>EcoSistema metropolitano Prov. Milano – (metropolitan area)</b>
<b>Resource use</b>				
Energy use / direct energy consumption	<i>Use of renewable primary energy excluding energy resource used as raw material (MJ, net calorific value)</i>			Solar photovoltaic – funded set power (kW/1.000)
	Use of non-renewable primary energy excluding energy resource used as raw material (MJ, net calorific value)			
	Use of renewable secondary fuels (MJ)			
	Use of non-renewable secondary fuels (MJ)			
		Consumption of electricity (Annual domestic electric consumption per capita kWh/inhab.)		
		Energy policy (Index formed by: economic incentives implementation and energy saving measures a/o renewable sources implementation, simplification of the procedure for the setting of di solar thermal/fotovoltaic, execution of energy saving operations, Energy manager presence, renewable electric energy procurement, execution of energy audits, execution of certified buildings data bank – 0-100)		

Tab. 3.37 - Stralcio della tabella degli indicatori della combinazione Building – Campus - City / Single or multiple technologic systems renovation (in corsivo: aspetti / indicatori europei che hanno almeno un indicatore omologo in uno dei panel dei sistemi territoriali; in carattere normale: aspetti / indicatori europei che non hanno nemmeno un indicatore omologo in uno dei panel dei sistemi territoriali)

<b>Building – Campus – City</b>				
<b>Priority topics / Topics</b>	<b>Related Aspects / Indicators</b>			
	<b>European Indicators (building)</b>	<b>Ecosistema urbano Legambiente (city)</b>	<b>Indagine qualità urbana Sole24 Ore-Legambiente (city)</b>	<b>EcoSistema metropolitano Provincia di Milano (metropolitan area)</b>
<b>Institution-wide carbon targets and related achievements</b>				
Carbon emissions (organization-wide)	<i>Global warming potential, GWP (kg CO<sub>2</sub> equiv)</i>			CO <sub>2</sub> emissions (per capita) (kg/inhab.)
	Depletion potential of the stratospheric ozone layer, ODP (kb CFC 11 equiv)			
	Acidification potential of land and water, AP (kg SO <sub>2</sub> equiv)			
	Eutrophication potential, EP (kg (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> equiv)			
	Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants, POCP (kg Ethene equiv)			
	Abiotic Resource Depletion Potential, ADP elements (kg Sb equiv)			
	Abiotic Resource Depletion Potential, ADP fossil fuels (MJ)			

### 3.3.4.4 Conclusioni e panel di indicatori per il caso studio

Innanzitutto, va precisato che alcuni di quelli nelle tabelle di cui si sono riportati gli stralci sono indicatori e altri sono aspetti. E' infatti precisato negli standard CEN TC 350 e lo sviluppo degli stessi terrà conto della differenza che gli impatti / prestazioni vengono descritti e misurati da indicatori, per la stima del valore della sostenibilità calcolata in base alla metodologia stabilita, ma per il motivo che ad alcuni aspetti possono essere associati indicatori diversi a seconda delle esigenze specifiche dei Paesi o dei singoli casi, nonché della disponibilità di metodi di calcolo validati e univoci, sono individuati prioritariamente aspetti, talvolta sono suggeriti anche indicatori.

La presenza, nella lista, di aspetti invece che di indicatori, è particolarmente evidente nel caso di interventi non solo su sistemi / elementi tecnici, le cui caratteristiche fisiche e di comportamento sono descritte da indicatori e relative unità di misura, validati e impiegati ormai uniformemente.

Di contro, vi sono aspetti, particolarmente riferiti a prestazioni legate alla funzionalità e alla forma ed articolazione architettonica, che non sono facilmente riconducibili ad indicatori e di conseguenza ad unità di misura. Su alcuni di essi, come l'efficienza spaziale, vi sono ricerche recenti e in corso che tentano di trovare una risposta strutturata e scientifica all'esigenza di misurazione di grandezze neppure definite unanimemente.

In ogni caso, come innanzi precisato, scopo delle operazioni compiute (sistematizzazione e armonizzazione) era quello di individuare un panel di indicatori dell'edificio, misurabili per poter valutare e confrontare le alternative di intervento comprese nel caso studio, per cui dal prosieguo dello sviluppo del metodo verrà d'ora in poi esclusa tutta la categoria degli aspetti.

Dalle fasi ed attività fin qui svolte, si ottiene un panel di indicatori "utili" dell'edificio, che risponde ai seguenti criteri:

- ^ *Appartenenti* al panel degli **indicatori europei** standardizzati **CEN TC 350** di prestazione / impatto dell'edificio, identificati per la valutazione della **sostenibilità dei lavori di costruzione**
- ^ *Coerenti* (omologia, similitudine) con gli **indicatori dei sistemi territoriali** di assessment / reporting esistenti per il contesto cui appartiene il caso studio
- ^ *Collegati* alle prestazioni / impatti alle **scale territoriali del Campus e della Città** e allo schema (**principi, priorità**) della matrice di **controllo multi-scala** degli interventi sul Campus adottata per l'attuazione del progetto "Città Studi Campus Sostenibile"
- ^ *Congruenti* con lo **scopo** della tesi e dunque efficaci per lo sviluppo / applicazione del **metodo**
- ^ *Appropriati* al caso studio (**categoria di intervento**, ovvero tipologia dei lavori di costruzione).

I risultati verificano altresì la coerenza di sistemi assessment / reporting esistenti, applicati a scala locale / nazionale con gli indicatori e gli obiettivi internazionali per la sostenibilità nelle costruzioni, in particolare contenuti negli standard CEN TC 350. Tale conclusione consente di dare risposta ad una delle questioni poste come obiettivi generali della tesi in oggetto.

A partire dall'elenco di indicatori / aspetti della categoria "technological systems renovation" (Tab. 3.32), in corsivo (Tab. 3.38) sono evidenziati gli indicatori europei CEN TC 350 che sono risultati, dagli studi svolti nelle precedenti fasi, rispondere ai criteri su riportati:

Tab. 3.38 - Indicatori europei CEN TC 350 e, in corsivo, gli indicatori rispondenti ai criteri richiesti per il caso di studio

<b>Principle 1 "Città Studi Sustainable Campus" - Indicators</b>
<p><i>Use of non-renewable primary energy excluding energy resource used as raw material (MJ, net calorific value)</i></p> <p><i>Use of non-renewable primary energy used as raw material (MJ, net calorific value)</i></p> <p>Use of net fresh water (m<sup>3</sup>)</p> <p><b>LCC (Euro)</b></p> <p><i>Non hazardous waste to disposal (kg)</i></p> <p><i>Hazardous waste to disposal (kg)</i></p> <p><i>Material for recycling (kg)</i></p> <p>Components for use (kg)</p> <p><b>Characteristics of indoor and quality, IAQ (PPD)</b></p> <p><b>Thermal characteristics (PMV – °H)</b></p> <p><b>Characteristics of visual comfort (PPD)</b></p> <p><b>Acoustic characteristics (dB)</b></p> <p>Use of secondary material (kg)</p> <p>Material for energy recovery (kg)</p> <p>Market value (Euro)</p> <p><b>Noise (dB)</b></p>
<b>Principle 2 "Città Studi Sustainable Campus" - Indicators</b>
<p><b>Global warming potential, GWP (kg CO<sub>2</sub> equiv)</b></p> <p>Depletion potential of the stratospheric ozone layer, ODP (kb CFC 11 equiv)</p> <p>Acidification potential of land and water, AP (kg SO<sub>2</sub> equiv)</p> <p>Eutrophication potential, EP (kg (PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> equiv)</p> <p>Formation potential of tropospheric ozone photochemical oxidants, POCP (kg Ethene equiv)</p> <p>Abiotic Resource Depletion Potential, ADP elements (kg Sb equiv)</p> <p>Abiotic Resource Depletion Potential, ADP fossil fuels (MJ)</p>

La tabella (Tab. 3.38) che segue mostra la lista degli indicatori "utili", in una versione estrapolata dalle elaborazioni sulla griglia ISCN, contestualizzandoli rispetto alla scala e allo schema organizzativo dello sviluppo del progetto Campus sostenibile.

Tab. 3.39 - Lista di indicatori "utili" Edificio-Campus-Contesto

SCALA	THEME SUST. CAMPUS	ISCN PRIORITY TOPIC	TOPIC	Indicatori		U.M.	Area
CONTESTO	Energy	Resource use / Energy consumption	Use of energy	Energia primaria	EP	MJ, Milite	ENV
	Energy	Resource use / Energy consumption	Use of energy	Energia elettrica	E El.	GWh	ENV
	Environment	Institution-wide carbon targets and related achievements	Carbon emissions (organization-wide)	Emissioni CO <sub>2</sub> GWP	CO <sub>2</sub> eq	Mil t, t CO <sub>2</sub> eq	ENV
	Environment	Waste, Recycling	Solid waste, Recycling	Rifiuti prodotti		t	ENV
	Accessibility	Urban mobility	Transports, Mobility	Consumo di carburante		kep/inhab	ENV
EDIFICIO	Energy	Resource use / Energy consumption	Use of energy	Energia primaria	EP	kWh / m <sup>2</sup>	ENV
	Energy	Resource use / Energy consumption	Use of energy	Energia elettrica	E El.	kWh / m <sup>2</sup>	ENV
	Energy	Resource use / Energy consumption	Use of energy	Energia incorporata totale	EE	MJ / m <sup>2</sup>	ENV
	Environment	Institution-wide carbon targets and related achievements	Carbon emissions (organization-wide)	Emissioni CO <sub>2</sub> GWP	CO <sub>2</sub> eq	kg CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup>	ENV
				Costi lungo il ciclo di vita	LCC	Euro a	ECON
				Comfort termico (scostamento dalla temperatura ideale – troppo caldo)	Ct h	gradiora hot	SOC
				Comfort termico (scostamento dalla temperatura ideale – troppo freddo)	Ct c	gradiora cold	SOC
				Comfort acustico	R Medio	dB	SOC
				Qualità dell'aria interna IAQ	PPD	%	SOC
				Qualità dell'illuminazione I	PsupD	%	SOC

### 3.3.5 Indicatori per le scale edificio e contesto e indicatori multi-scala

#### 3.3.5.1 Indicatori comuni ed esclusivi delle scale Edificio e Contesto

La presente analisi fa seguito alle fasi di armonizzazione e sistematizzazione delle liste di indicatori estratte dai diversi sistemi multi-scala, con il supporto della griglia di controllo adottata dalla rete ISCN.

Successivamente, era stata selezionata, tra tutti gli indicatori applicabili al sistema edificio-Campus-Città, una lista di “indicatori utili” applicabili al caso studio in oggetto, ovvero di edificio sottoposto ad interventi edilizi di manutenzione straordinaria e non di ristrutturazione.

Gli indicatori riportati nella tabella Tab. 3.39 costituiscono la lista finale, ordinata per:

- ^ Scala (Campus-Città-Contesto / Edificio)

e, in riferimento all'organizzazione della matrice ISCN:

- ^ Area (Environmental / Economic / Social)
- ^ Tema (Energy / Environment / Accessibility)
- ^ Priorità
- ^ Topic.

Occorre precisare che nella tabella citata non compaiono alcuni indicatori che sono stimati in molti sistemi di valutazione, per i seguenti motivi legati alla particolarità del caso di studio:

- ^ Consumo di *acqua*: la disponibilità nell'area del caso studio è elevata, per la cospicua presenza di corsi d'acqua a scala regionale e soprattutto la presenza di falda poco profonda nel sottosuolo dell'area metropolitana, con orientamento ad emungere l'acqua piuttosto che a conservarla.
- ^ Produzione di *rifiuti* a scala di edificio: nella fattispecie del caso, in cui non sono previste demolizioni importanti, ma interventi di sostituzione con prodotti per lo più riciclabili, massicci nel caso dei serramenti (acciaio, vetro, pvc, alluminio), o di integrazione, il contributo alla produzione di rifiuti è per lo più compreso nella stima di altri indicatori, come quelli riferiti all'energia, alla produzione di gas serra e ai costi, in quanto calcolati lungo tutto il ciclo di vita. Ciò non esclude, tuttavia, che uno o più indicatori strettamente connessi alla produzione di rifiuti possano essere presi in considerazione in una fase di futuro sviluppo del metodo.
- ^ Consumo di carburante / emissioni prodotte dagli spostamenti, a scala di edificio: considerato l'oggetto della valutazione, ovvero la comparazione di interventi di riqualificazione che non mutano l'uso dell'edificio o di sue parti, dunque non modificano le condizioni di accessibilità / trasporto dell'utenza, i contributi si limitano alle fasi del processo edilizio (costruzione, operativa, dismissione) che sono tenute in conto nel calcolo delle emissioni e dell'energia incorporata.

Dall'osservazione della tabella emerge, inoltre, che alcuni indicatori sono comuni alla scala dell'edificio e del contesto (Campus-Città e territorio), mentre altri sono esclusivi della scala di edificio.

La tabella seguente (Tab. 3.40) li raggruppa e distingue.

Tab. 3.40 - Indicatori alle scale del contesto e dell'edificio: comuni ed esclusivi a scala dell'edificio

Scala		Indicatori		U.M. Edificio	U.M. Contesto
Edificio	Contesto	Energia primaria	EP	kWh / m <sup>2</sup> a	MJ, Miltep a
		Energia elettrica	E El.	kWh / m <sup>2</sup> a	GWh a
		Emissioni CO <sub>2</sub> GWP	CO <sub>2</sub> eq	kg CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup>	Mil t, t CO <sub>2</sub> eq a
		Energia incorporata totale	EE	MJ / m <sup>2</sup>	
		Costi lungo il ciclo di vita	LCC	Euro a	
		Comfort termico estivo (scostamento dalla temperatura ideale – troppo caldo)	Ct h	gradiora hot	
		Comfort termico invernale (scostamento dalla temperatura ideale – troppo freddo)	Ct c	gradiora cold	
		Comfort acustico	C a (R Medio)	dB	
		Qualità dell'aria interna	IAQ (PPD)	%	
		Illuminazione	I (PsupD)	%	

La tabella Tab. 3.41 che segue, invece, entra nel dettaglio Edificio-Campus-Città e scale maggiori.

Tab. 3.41 - Indicatori relativi alle scale Edificio-Campus-Città e scale maggiori: indicatori comuni e indicatori esclusivi dell'edificio con rispettive unità di misura

Scala			Indicatori		U.M. Edificio	U.M. Campus	U.M. Contesto	
Edificio	Campus	Città e scale maggiori	Energia primaria	EP	kWh / m <sup>2</sup>	kWh a	MJ, Miltep a	
			Energia elettrica	E El.	kWh / m <sup>2</sup>	kWh a	GWh a	
			Emissioni CO <sub>2</sub> GWP	CO <sub>2</sub> eq	kg CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> a	kg CO <sub>2</sub> / a	Mil t, t CO <sub>2</sub> eq a	
		Costi lungo il ciclo di vita	LCC	Euro a	Euro a			
				Energia incorporata totale	EE	MJ / m <sup>2</sup>		
				Comfort termico estivo (scostamento dalla temperatura ideale – troppo caldo)	Ct h	gradiora hot		
				Comfort termico invernale (scostamento dalla temperatura ideale – troppo freddo)	Ct c	gradiora cold		
				Comfort acustico	R Medio	dB		
				Qualità dell'aria	PPD	%		
				Illuminazione	PsupD	%		

### 3.3.5.2 Indicatori multi-scala

Le precedenti elaborazioni mettono in evidenza la presenza di indicatori multi-scala (Tab. 3.42) comuni cioè a tutte e tre le scale (Edificio, Campus, Città e scale maggiori), ovviamente caratterizzati da unità di misura differenti ma direttamente relazionate. L'uso di questi indicatori nella procedura di valutazione consentirà di relazionare gli impatti delle prestazioni dell'edificio ottenute attraverso le diverse alternative di intervento con il contesto. In obiettivo di miglioramento del livello di sostenibilità attuale dell'edificio e del suo contesto, consentiranno di valutare gli effetti



sul contesto degli impatti generati dagli ipotetici interventi sull'edificio.

Tab. 3.42 - Indicatori multi-scala (Edificio-Campus-Città e scale maggiori)

Indicatori multi-scala		U.M. Edificio	U.M. Campus	U.M. Contesto
Energia primaria	EP	kWh / m <sup>2</sup>	kWh a	MJ, Miltep a
Energia elettrica	E El.	kWh / m <sup>2</sup>	kWh a	GWh a
Emissioni CO <sub>2</sub> GWP	CO <sub>2</sub> eq	kg CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> a	kg CO <sub>2</sub> / a	Mil t, t CO <sub>2</sub> eq a

### 3.3.6 Valore degli indicatori multi-scala alle diverse scale del contesto

#### 3.3.6.1 Premessa

Il presente capitolo riporta i risultati della ricerca di dati, relativi agli indicatori multi-scala (energia primaria per riscaldamento, energia elettrica, emissioni di gas serra) e in riferimento alle diverse scale del contesto oltre quella del campus, ovvero dalla scala della città a quella mondiale, passando per tutte quelle territoriali-istituzionali intermedie.

Ciò al duplice scopo:

- ⤴ Valutare lo stato di fatto dell'edificio in relazione al suo contesto, confrontando le prestazioni-impatti di questo e del campus attraverso gli indicatori multi-scala individuati.
- ⤴ Valutare le prestazioni-impatti dell'edificio a seguito degli interventi edilizi corrispondenti alle diverse alternative, in rapporto alle esigenze di sostenibilità del contesto alle diverse scale territoriali così come espresse da obiettivi territoriali-istituzionali.

Per raggiungere questo duplice scopo sono state ricercate e consultate numerose fonti documentali ufficiali, comprendenti:

- ⤴ raccolte e benchmarking di dati misurati ed elaborati statisticamente a livello delle autorità amministrative-territoriali
- ⤴ piani e programmi d'azione contenenti scenari previsionali di sviluppo ed obiettivi di riduzione degli impatti.

Da tutte le fonti, generalmente focalizzate su più settori economici, tipologie di edifici, usi finali, sono stati estratti i dati afferenti il caso studio analizzato, edificio caratterizzato dall'appartenere alle seguenti categorie:

- ⤴ civile
- ⤴ terziario
- ⤴ istruzione-educazione.

I dati sono misurati spesso con unità di misura diverse da quelle degli indicatori multi-scala individuati ed adottati per il caso studio, ma riconducibili ad unità equivalenti.

La raccolta è stata inoltre effettuata in coerenza con i topic della sistematizzazione ISCN:

- ⤴ Use of energy
- ⤴ Carbon emissions.

La raccolta comprende, tra le due categorie (topic) circa 130 dati.

I numeri delle fonti riportati nelle tabelle a seguire sono riferiti ai documenti elencati nelle note al capitolo.

### 3.3.6.2 Scale analizzate e dati generali

La tabella Tab. 3.43 riporta i dati generali, geografici ed anagrafici degli ambiti relativi al caso studio e le scale alle quali sono stati raccolti i dati.

Tab. 3.43 - Dati geografici sugli ambiti

SCALE	Superficie	U.M.	Popolazione	U.M.	Densità	U.M.	Fonte
EUROPA EU 27	4.326.253	km <sup>2</sup>	503.679.730	n. inhab	117	inhab/km <sup>2</sup>	EU www.europa.eu
ITALIA	302.073	km <sup>2</sup>	59.394.207	n. inhab	196,6	inhab/km <sup>2</sup>	ISTAT, Movimento anagrafico della popolazione residente (dati 2011)
LOMBARDIA	23.864	km <sup>2</sup>	9.700.881	n. inhab	406,5	inhab/km <sup>2</sup>	ISTAT, Movimento anagrafico della popolazione residente (dati 2011)
AREA METROPOLITANA DI MILANO	1.575	km <sup>2</sup>	3.083.955	n. inhab	1.958	inhab/km <sup>2</sup>	Provincia di Milano www.provincia.m ilano.it (dati 2009)
CITTA' DI MILANO	182	km <sup>2</sup>	1.307.495	n. inhab	7.184	inhab/km <sup>2</sup>	Provincia di Milano www.provincia.m ilano.it (dati 2009)
CAMPUS CITTA' STUDI	0,186	km <sup>2</sup>	20.027	n. utenti	107.672	utenti/km <sup>2</sup>	Politecnico di Milano
EDIFICIO 14 NAVE	13.482	m <sup>2</sup>	1.150	n. utenti	0,085	utenti/ m <sup>2</sup>	Politecnico di Milano

La tabella successiva (Tab. 3.44) riporta invece la consistenza del settore terziario in numero di addetti.

Tab. 3.44 - Dati sugli ambiti relativamente al numero di addetti del settore terziario

<b>SCALE</b>	<b>Addetti settore terziario</b>	<b>U.M.</b>	<b>Fonte</b>
EUROPA EU 27	106.000.000	n	<a href="http://www.filcams.cgil.it">http://www.filcams.cgil.it</a>
ITALIA	15.600.000	n	<a href="http://www.fondazione Nordest.net">http://www.fondazione Nordest.net</a>
LOMBARDIA	2.736.843	n	Provincia di Milano <a href="http://www.provincia.milano.it/">http://www.provincia.milano.it/</a>
AREA METROPOLITANA DI MILANO	1.270.353	n	Provincia di Milano <a href="http://www.provincia.milano.it">http://www.provincia.milano.it</a>
CITTA' DI MILANO	291.000	n	Camera di Commercio di Milano
CAMPUS CITTA' STUDI	20.027	n	Politecnico di Milano
EDIFICIO 14 NAVE	1.150	n	Politecnico di Milano

### 3.3.6.3 Uso dell'energia

Tema identificato dal progetto Città Studi Campus sostenibile: Energy

ISCN Priority topic: Resource use / Energy consumption

Topic: Use of energy.

I dati sono stati raccolti e classificati in una tabella ed ordinati in orizzontale in base alla scala territoriale:

Tab. 3.45 - Scale territoriali cui sono riferiti i dati relativi all'uso dell'energia

<b>SCALA TERRITORIALE</b>					
<b>Mondiale</b>	<b>Europa</b>	<b>Italia</b>	<b>Lombardia</b>	<b>Area metropolitana di Milano</b>	<b>Città di Milano</b>

Verticalmente invece sono stati ordinati rispetto a:

Tab. 3.46 - Criteri di classificazione dei dati relativi all'uso dell'energia

<b>Fonte</b> (Primaria / Usi finali)
<b>Uso</b> (Riscaldamento / Raffrescamento / Domestici / Illuminazione / Tutti)
<b>Vettore</b> (Energia elettrica / Gas / Gasolio / Prodotti petroliferi / Gas e prodotti petroliferi / Tutti)
<b>Settore</b> (Civile domestico+terziario / Civile edifici / Domestico / Terziario / Trasporti / Tutti escl. industria e centrali termoelettriche / Non domestico / Terziario solo pubblica amministrazione / Tutti tranne industria- ETS / Tutti)
<b>Indicatore</b>
<b>Descrizione</b>
<b>Unità di misura</b>
<b>Assessment System</b>
<b>Fonte dati</b>
<b>Livello di confronto</b> (Mondiale / EU27 / Italia / Nazionale confronto regioni / Nazionale totale / Regioni e Lombardia / Nazionale confronto province / Area metropolitana totale / Città di Milano / Nazionale città / Nazionale città grandi)
<b>Minimo (miglior valore)</b>
<b>Media valori</b>
<b>Massimo (peggior valore)</b>
<b>Valori Milano</b>
<b>Valori altri livelli territoriali</b>
<b>Target</b>

Di seguito (Tab. 3.47) è riportato uno stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sull'uso dell'energia a scala mondiale.

Tab. 3.47 - Stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sull'uso dell'energia a scala mondiale

Scala territoriale	Fonte	Uso	Vettore	Settore	Indicatore	Descrizione	Unità di misura	Fonte dati	Livello di confronto	Valori altri livelli territoriali
<b>MONDIALE</b>										
	Primaria	Tutti	Tutti	Tutti	Produzione totale mondiale annuale di energia primaria	Consumo annuale mondiale di energia primaria nel 2010	EJ	[13]	Mondiale	201,2
	Primaria	Tutti	Tutti	Tutti	Domanda totale mondiale annuale di energia primaria espressa in milioni di tonnellate equivalenti di petrolio	Consumo annuale mondiale di energia primaria nel 2010	Mil tep	[29]	Mondiale	460
	Usi finali	Tutti	Tutti	Tutti	Consumo totale mondiale di energia per usi finali (al netto delle perdite per conversione e distribuzione) per tutti i settori	Consumo annuale mondiale di energia per usi finali nel 2010	EJ	[13]	Mondiale	90
	Usi finali	Tutti	Tutti	Tutti	Consumo totale mondiale di energia per usi finali per tutti i settori espressa in milioni di tonnellate equivalenti di petrolio	Consumo annuale mondiale di energia per usi finali nel 2007	Mil tep	[12]	Mondiale	8200

Di seguito (Tab. 3.48) è riportato uno stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sull'uso dell'energia a scala europea.

Tab. 3.48 - Stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sull'uso dell'energia a scala europea

Scala territoriale	Fonte	Uso	Vettore	Settore	Indicatore	Descrizione	Unità di misura	Fonte dati	Livello di confronto	Valori altri livelli territoriali	Target
<b>EUROPA</b>											
	Primaria	Tutti	Tutti	Tutti	Fabbisogno totale europeo annuale di energia primaria espressa in milioni di tonnellate equivalenti di petrolio	Fabbisogno annuale nel territorio europeo di energia primaria nel 2010	Mil tep	[2]	EU-27	1705,7 (EU-27)	
	Usi finali	Tutti	Tutti	Tutti	Consumo totale europeo annuale di energia per usi finali espressa in milioni di tonnellate equivalenti di petrolio	Consumo annuale nel territorio europeo di energia per usi finali nel 2010	Mil tep	[2]	EU-27	1213,4 (EU-27)	
	Usi finali	Tutti	Tutti	Tutti	Consumo totale europeo annuale di energia per usi finali espressa in milioni di tonnellate equivalenti di petrolio	Consumo annuale nel territorio europeo di energia per usi finali nel 2005	Mil tep	[22]	EU-27	1066 (EU-27)	-33%
	Usi finali	Tutti	Tutti	Tutti	Previsione del Consumo totale europeo di energia annuale per usi finali espressa in milioni di tonnellate equivalenti di petrolio	Previsione Consumo annuale nel territorio europeo di energia per usi finali nel 2020 (su base 2005 e senza interventi di efficientamento)	Mil tep	[22]	EU-27	1336 (EU-27)	-26%

Di seguito (Tab. 3.49) è riportato uno stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sull'uso dell'energia a scala nazionale.

Tab. 3.49 - Stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sull'uso dell'energia a scala nazionale  
 Legenda: P=Primaria, T=Tutti, G=Gas, C=Civile (Domestico+Terziario), I=Italia

Scala territoriale	Fonte	Uso	Vettore	Settore	Indicatore	Descrizione	Unità di misura	Fonte dati	Livello di confronto	Minimo (miglior valore)	Massimo (peggior valore)	Valori Milano	terr.Valori altri livelli	Target
<b>ITALIA</b>														
	P	T	T	T	Fabbisogno totale di energia primaria nazionale	Fabbisogno annuale nazionale di energia primaria nazionale nel 2010	Mil tep	[2]	I				169	
	P	T	T	C	Fabbisogno totale annuale di energia primaria nazionale	Fabbisogno totale di energia primaria nazionale nell'anno 2010	PJ	[13]	I				2014	
	P	T	G	T	Gas naturale distribuito alle regioni	Fabbisogno di gas naturale (comprese perdite) distribuito alla Regione Lombardia nell'anno 2011	Milioni di Standard m <sup>3</sup> a 38,1 MJ/ m <sup>3</sup>	[4]	Naz. (confr. regioni)	103 VdA	17.732 Lombardia	17.732		
	P	T	T	T	Riduzione del fabbisogno di energia primaria a livello nazionale per tutti i settori ed usi entro il 2020	Riduzione del fabbisogno di energia primaria a livello nazionale per tutti i settori ed usi entro il 2020, in percentuale rispetto al 2005	%		I					-24%

Di seguito (Tab. 3.50) è riportato uno stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sull'uso dell'energia a scala regionale.

Tab. 3.50 - Stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sull'uso dell'energia a scala regionale. Legenda: P=Primaria, U=Usi finali, T=Tutti, E=Energia elettrica, C=Civile (Domestico + Terziario), N=Nazionale (confronto regioni), L=Regione Lombardia, VdA=Valle d'Aosta

territoriale	Scala				Indicatore	Descrizione	Unità di misura	Fonte dati	Livello di confronto	Minimo (miglior valore)	Massimo (peggiore valore)	Valori altri livelli terr.	Target
	Fonte	Uso	Vettore	Settore									
<b>LOMBARDIA</b>													
	P	T	E	T	Fabbisogno totale di energia elettrica (vendita energia alle regioni)	Fabbisogno totale di energia elettrica regionale (vendita energia alla Regione Lombardia)	GWh	[2]	N	762 VdA	59.015 L	59.015 L	
	U	T	E	T	Consumo di energia annuale per usi finali per settore espressa in tonnellate equivalenti di petrolio	Consumo annuale di energia elettrica per tutti i settori nell'area della regione Lombardia nel 2004	tep	[23]	L			3614082	
				C	Requisiti minimi di trasmittanza termica media U delle strutture componenti l'involucro per interventi di manutenzione straordinaria in regione Lombardia, per tipologia di struttura e fascia climatica	Requisiti minimi di trasmittanza termica media U per interventi di manutenzione straordinaria su chiusure trasparenti comprensive di infissi, nella fascia climatica E	W/ m <sup>2</sup> K	[10]	L				2,2

Di seguito (Tab. 3.51) è riportato uno stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sull'uso dell'energia a scala metropolitana.



Tab. 3.51 - Stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sull'uso dell'energia a scala metropolitana. Legenda: P=Primaria, U=Usi finali, T=Tutti, G=Gas, N=Nazionale (confronto province), A=Area metropolitana (totale)

Scala territoriale	Fonte	Uso	Vettore	Settore	Indicatore	Descrizione	Unità di misura	Fonte dati	Livello di confronto	Minimo (miglior valore)	Massimo (peggior valore)	Valori Milano	Valori altri livelli terr.	Target
<b>AREA METROPOLITANA DI MILANO</b>														
	P	T	G	T	Gas naturale distribuito alle province, per tutti i settori ed usi	Fabbisogno di gas naturale (comprese perdite) della provincia di Milano nell'anno 2011	Milioni di Standard m <sup>3</sup> a 38,1 MJ/ m <sup>3</sup>	[4]	N	22 (prov. Vibo Valentia)	4.156 (prov. Milano)	4.156		
	U	T	T	T	Consumo di energia per usi finali espressa in tonnellate equivalenti di petrolio (vettore)	Consumo annuale di energia di tutti i vettori e tutti i settori (totale) nell'area della provincia di Milano nel 2004	tep	[23]	A				9646588	
	U	T	T	T	Obiettivo di riduzione annuale di energia per usi finali espressa in tonnellate equivalenti di petrolio (tutti i vettori) al 2015 rispetto al 2004	Obiettivo di riduzione annuale di energia per tutti i vettori e tutti i settori (totale) nell'area della provincia di Milano al 2015 rispetto al 2004	tep	[23]	A					100.000 (-1%)

Di seguito (Tab. 3.52) è riportato uno stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sull'uso dell'energia a scala della città di Milano.

Tab. 3.52 - Stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sull'uso dell'energia a scala della città di Milano. Legenda: P=Primaria, T=Tutti, U=Usi finali, G=Gas, Gp=Gas e prodotti petroliferi, R=Riscaldamento, C=Civile (Domestico+Terziario), Te=Terziario, M=Città di Milano

Scala territoriale	Fonte	Uso	Vettore	Settore	Indicatore	Descrizione	Unità di misura	Fonte dati	Livello di confronto	Valori Milano	Target
<b>CITTA' DI MILANO</b>											
	P	T	T	C	Fabbisogno di energia primaria (tutti i vettori) per settore	Fabbisogno annuale di energia primaria (complessiva, comprendente anche le perdite e le trasformazioni) nel settore civile nell'area del Comune di Milano nel 2005	ktep	[30]	M	1544	
	P	R	T	C	Fabbisogno di energia primaria (tutti i vettori) per uso nel settore	Fabbisogno annuale di energia primaria (complessiva, comprendente anche le perdite e le trasformazioni) per riscaldamento nel settore civile nell'area del Comune di Milano nel 2005	ktep	[30]	M	1088	
	U	R	Gp	Te	Risparmio annuale stimato a seguito di interventi di efficientamento energetico su 600 edifici di proprietà comunale (% sui costi energetici per riscaldamento in fase d'uso)	Risparmio annuale a seguito di interventi di efficientamento energetico (riqualificazione energetica edifici e sostituzione caldaie per conversione a gas) su 600 edifici di proprietà comunale in 7 anni	%	[7]	M		-6%

### 3.3.6.4 Emissioni

Tema identificato dal progetto Città Studi Campus sostenibile: Environment  
 ISCN Priority topic: Institution-wide carbon targets and related achievements  
 Topic: Carbon emissions (organization-wide)

I dati sono stati raccolti e classificati in una tabella ed ordinati in orizzontale in base alla scala territoriale:

Tab. 3.53 - Scale territoriali cui sono riferiti dati relativi alle emissioni

<b>SCALA TERRITORIALE</b>					
<b>Mondiale</b>	<b>Europa</b>	<b>Italia</b>	<b>Lombardia</b>	<b>Area metropolitana di Milano</b>	<b>Città di Milano</b>

Verticalmente invece sono stati ordinati rispetto a:

Tab. 3.54 - Criteri per la classificazione dei dati relativi alle emissioni

<b>Emissioni</b> (Dirette / Indirette)
<b>Uso</b> (Riscaldamento / Riscaldamento+Domestico / Usi di processo / Tutti )
<b>Vettore</b> (Combustibili / Gas / Tutti)
<b>Settore</b> (Civile residenziale+terziario / Civile terziario / Terziario patrimonio Comune di Milano / Trasporti / Tutti tranne ETS / Trasporto pubblico / Industriale+terziario / Trasporti su strada / Tutti)
<b>Indicatore</b>
<b>Descrizione</b>
<b>Unità di misura</b>
<b>Fonte dati</b>
<b>Livello di misurazione / confronto</b> (Mondiale / EU27 / Stati Membri EU-27 / EU-Ocse / Nazionale / Nazionale confronto regioni / Regionale totale / Area metropolitana totale / Città di Milano / Nazionale città)
<b>Valori Milano</b>
<b>Valori altri livelli territoriali</b>
<b>Target</b>

Di seguito (Tab. 3.55) è riportato uno stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sulle emissioni a scala mondiale ed europea.

Tab. 3.55 - Stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sull'uso dell'energia a scala mondiale ed europea. Legenda: D=Dirette, I=Indirette, T=Tutti, M=Mondiale, EU-27=Stati Membri EU-27

Scala territoriale	Dirette / Indirette	Uso	Vettore	Settore	Indicatore	Descrizione	Unità di misura	Fonte dati	Livello di confronto misurazione /	Valori altri livelli territoriali	Target
MONDIALE											
	D / I	T	T	T	Intensità di anidride carbonica del fabbisogno annuale di energia primaria mondiale - t CO <sub>2</sub> /TJ (tCO <sub>2</sub> /tep)	Intensità di anidride carbonica del fabbisogno di energia primaria mondiale nell'anno 2010	t CO <sub>2</sub> / TJ (tCO <sub>2</sub> /tep)	[13]	M	56,7 (2,37)	
EUROPA											
	D / I	T	T	T	Riduzione potenziale annuale di CO <sub>2</sub> (medio) in attuazione diffusa degli standard minimi previsti dalla EPBD negli edifici, nei paesi EU, per tipo di intervento (Kg/ m <sup>2</sup> a)	Riduzione potenziale annuale di CO <sub>2</sub> (media) in attuazione diffusa degli standard minimi previsti dalla EPBD negli edifici, nei paesi EU, a seguito di intervento di isolamento della facciata	Kg/ m <sup>2</sup> a	[31]	EU-27		-24
	D / I	T	T	T	Riduzione delle emissioni di anidride carbonica equiv. Emesse a livello europeo (% CO <sub>2</sub> equiv)	Riduzione al 2030 rispetto al livello 1990 delle emissioni di anidride carbonica equiv. emesse a livello europeo	%	[6]	EU		-40 a -44 %

Di seguito (Tab. 3.56) è riportato uno stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sulle emissioni a scala nazionale.

Tab. 3.56 - Stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sull'uso delle emissioni a scala nazionale. Legenda: D=Dirette, I=Indirette, T=Tutti, C=Civile (residenziale+servizi), N=Nazionale

Scala territoriale	Dirette / Indirette	Uso	Vettore	Settore	Indicatore	Descrizione	Unità di misura	Fonte dati	Livello di misurazione/confronto	Valori altri livelli territoriali	Target
ITALIA											
	D / I	T	T	T	Emissioni di anidride carbonica equiv. emesse annualmente a livello nazionale per tutti i settori - CO <sub>2</sub> equiv	Emissioni di anidride carbonica equiv. Emesse a livello nazionale nel 2009	Milt a	[14]	N	491	
	D / I	T	T	C	Emissioni di anidride carbonica equiv. emesse annualmente a livello nazionale per settore - CO <sub>2</sub> equiv	Emissioni di anidride carbonica equiv. Emesse a livello nazionale dal settore trasporti nel 2009	Milt a	[14]	N	120,29 (=24,5 % del totale)	
	D / I	T	T	T	Riduzione delle emissioni di anidride carbonica equiv. emesse a livello nazionale per tutti i settori - CO <sub>2</sub> equiv (Milt a) entro il 2020, in percentuale rispetto al 2005	Riduzione delle emissioni di anidride carbonica equiv. emesse a livello nazionale per tutti i settori - CO <sub>2</sub> equiv entro il 2020, rispetto al 2005	%	[8]	N		-21%

Di seguito (Tab. 3.57) è riportato uno stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sulle emissioni a scala regionale.

Tab. 3.57 - Stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sull'uso delle emissioni a scala regionale. Legenda: D=Dirette, I=Indirette, T=Tutti, T-ETS=Tutti tranne ETS (cioè: mobilità, residenziale, terziario, agricoltura, piccola industria), Te=Terziario, N=Nazionale (confronto regioni italiane), R=Regionale (totale)

Scala territoriale	Dirette / Indirette	Uso	Vettore	Settore	Indicatore	Descrizione	Unità di misura	Fonte dati	Livello di misurazione/confronto	Valori altri livelli territoriali	Target
<b>LOMBARDIA</b>											
	D/ I	T	T	T	Emissioni di anidride carbonica equiv. Emesse annualmente livello regionale - CO <sub>2</sub> equiv	Emissioni di anidride carbonica equiv. emesse nella Regione Lombardia nell'anno 2005	kt a	[5]	N	76.032 Lombardia (35.648 media regioni)	
	D/ I	T	T	T-ETS	Emissioni di anidride carbonica equiv. Emesse annualmente livello regionale per settore - CO <sub>2</sub> equiv	Emissioni di anidride carbonica equiv. emesse nella Regione Lombardia nell'anno 2010 nel sub-settore terziario	kt a	[24]	R	35.600	
	D/ I	T	T	Te	Obiettivo di riduzione nel 2020 rispetto al 2010 delle emissioni di anidride carbonica equiv. Emesse annualmente livello regionale per sub-settori - CO <sub>2</sub> equiv	Obiettivo di riduzione nel 2010 rispetto al 2010 delle emissioni di anidride carbonica equiv. Emesse annualmente livello regionale dal terziario - CO <sub>2</sub> equiv (Kt a)	%	[24]	R		-0,6%

Di seguito (Tab. 3.58) è riportato uno stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sulle emissioni a scala metropolitana.

Tab. 3.58 - Stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sulle emissioni a scala metropolitana. Legenda: D=Dirette, I=Indirette, Co=Combustibili, T=Tutti, C=Civile (residenziale + terziario), A=Area metropolitana (totale)

Scala territoriale	Dirette / Indirette	Uso	Vettore	Settore	Indicatore	Descrizione	Unità di misura	Fonte dati	Livello di misurazione/confronto	Valori altri livelli territoriali	Target
AREA METROPOLITANA DI MILANO											
	D/ I	T	T	T	Emissioni di anidride carbonica equiv. annuali per le attività svolte nella provincia di Milano, per abitante - CO <sub>2</sub> equiv	Emissioni di anidride carbonica equiv. per le attività svolte nella provincia di Milano nell'anno 2003, per abitante	kg/inhab a	[28]	A	6.389	
	D / I	T	Co	C	Emissioni di anidride carbonica equiv. per vettore e settore annuali nella provincia di Milano - CO <sub>2</sub> equiv	Emissioni di anidride carbonica equiv. per combustibile non industriale (residenziale e non residenziale) nella provincia di Milano nell'anno 2003	kt a	[28]	A	759.6 (31% del totale)	
	D / I	T	T	C	Obiettivo di riduzione delle emissioni annuali di anidride carbonica equiv. annuali entro il 2010 rispetto al 2004, per settore nella provincia di Milano - CO <sub>2</sub> equiv	Obiettivo di riduzione delle emissioni annuali di anidride carbonica equiv. annuali entro il 2010 rispetto al 2004, per il settore civile nella provincia di Milano	t a	[26]	A		130.000 (= -0,04% di 35.507.480, valore del 2004)

Di seguito (Tab. 3.59) è riportato uno stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sulle emissioni a scala della città di Milano.

Tab. 3.59 - Stralcio della tabella di sistematizzazione dei dati sull'uso delle emissioni a scala della città di Milano. Legenda: D=Dirette, I=Indirette, T=Tutti, R=Riscaldamento, G=Gas, Te=Terziario (Patrimonio Comune di Milano), M=Città di Milano

Scala territoriale	Dirette / Indirette	Uso	Vettore	Settore	Indicatore	Descrizione	Unità di misura	Fonte dati	misurazione/confrontoLivello di	Valori altri livelli territoriali	Target
<b>CITTA' DI MILANO</b>											
	D / I	T	T	T	Emissioni annuali di anidride carbonica equiv. per le attività svolte nella città di Milano - CO <sub>2</sub> equiv	Emissioni annuali di anidride carbonica equiv. annuali per le attività svolte nella città di Milano nell'anno 2005	kt a	[5]	M	7046	
	D / I	T	T	T	Obiettivo per la riduzione delle emissioni annuali complessive (dirette e indirette) di tutti i settori nella città di Milano per - CO <sub>2</sub> equiv	Obiettivo per la riduzione delle emissioni complessive (civile direkte+industriale e terziario direkte+trasporti direkte+energia direkte e indirette) annuale della città di Milano per rientrare negli obiettivi del pacchetto Kyoto entro il 2020	kt a	[21]	M		5.637 (-20% rispetto al 2005)
	D / I	R	G	Te	Riduzione annuale emissioni a seguito di allacciamento al teleriscaldamento di 29 edifici di proprietà comunale in 7 anni (%)	Riduzione annuale emissioni a seguito di allacciamento al teleriscaldamento di 29 edifici di proprietà comunale	% a	[7]	M		-93% di SO <sub>2</sub> (biossido di zolfo), -78% di PM10, -34% di CO <sub>2</sub> (anidride carbonica) e -28% di NOx (ossidi totali di azoto)



### 3.3.7 Impiego degli indicatori multi-scala per valutare le relazioni tra l'edificio e il contesto quartiere-città

#### 3.3.7.1 Obiettivo e introduzione all'analisi

La presente analisi ha l'obiettivo di valutare le relazioni tra Edificio-Campus-Città allo stato di partenza, ovvero allo stato di fatto dell'edificio. Il confronto, in base ad una stessa unità, ovvero di superficie (m<sup>2</sup>) o di popolazione (abitante-utente), è reso possibile dall'uso di indicatori comuni alle 3 scale, quelli definiti nei capitoli precedenti come "indicatori multi-scala". Si riporta pertanto la tabella (Tab. 3.42) contenuta nel precedente paragrafo.

Tab. 3.42 - Indicatori multi-scala (Edificio-Campus-Città e scale maggiori)

Indicatori multi-scala		U.M. Edificio	U.M. Campus	U.M. Contesto
Energia primaria	EP	kWh / m <sup>2</sup>	kWh a	MJ, Miltep a
Energia elettrica	E El.	kWh / m <sup>2</sup>	kWh a	GWh a
Emissioni CO <sub>2</sub> GWP	CO <sub>2</sub> eq	kg CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> a	kg CO <sub>2</sub> / a	Mil t, t CO <sub>2</sub> eq a

Le analisi relativamente a ciascuno dei due indicatori vengono precedute da elaborazioni che prendono in considerazione anche il contesto di università di riferimento a livello internazionale.

#### 3.3.7.2 Confronto Edificio-Campus e altre università in base agli indicatori multi-scala "consumi energetici"

Nella tabella che segue (Tab. 3.60) sono riportati i dati relativi al fabbisogno di Energia primaria (EP) in fase d'uso (kWh/ m<sup>2</sup> a) per unità di misura, alla scala di edificio e del campus Città Studi confrontato con le medie alle scale italiana, europea ad extraeuropea.

Tab. 3.60 - Consumi energetici valutati in base agli indicatori multi-scala per Edificio, Campus e altre università

Indicatori consumi energetici	Ed. Nave Sdf		Campus Città Studi		Media Univ. Italiane	Media Univ. Europee (italiane escl.)	Media Univ. Extra-europee
	kWh/ m <sup>2</sup> a	kWh a	m <sup>2</sup>	kWh / m <sup>2</sup> a	kWh / m <sup>2</sup> a	kWh / m <sup>2</sup> a	kWh / m <sup>2</sup> a
EP riscaldamento/raffr. (media 2007 a 2011)	178	17.820.556	185.990	96	133	114	450
EP usi elettrici (media 2007 a 2011)	142	43.665.677	185.990	235	166	319	401
EP totale riscaldamento/raffr.+ usi elettrici (media 2007 a 2011)	320	61.486.233		331	299	433	851

Dal confronto dei dati in tabella emergono le seguenti evidenze:

- ⤴ I consumi energetici dell'Edificio 14 per riscaldamento / raffrescamento superano quelli elettrici, in controtendenza con i consumi del Campus e della media europea ed in tendenza con la media delle università extraeuropee, notoriamente anche più energivore.
- ⤴ La stessa tendenza si riscontra anche nei consumi unitari, sempre di energia per riscaldamento/raffrescamento, che, anche se risultano significativamente più bassi di quelli extraeuropei, superano le altre medie.
- ⤴ I consumi di energia elettrica unitari risultano invece più bassi delle altre medie, significativamente anche del Campus.
- ⤴ Il totale dei consumi, per unità di superficie, risulta approssimativamente nella media di quelle italiane.

I grafici che seguono (Fig. 3.26, Fig. 3.27, Fig. 3.28, Fig. 3.29, Fig. 3.30, Fig. 3.31) rappresentano questi confronti.

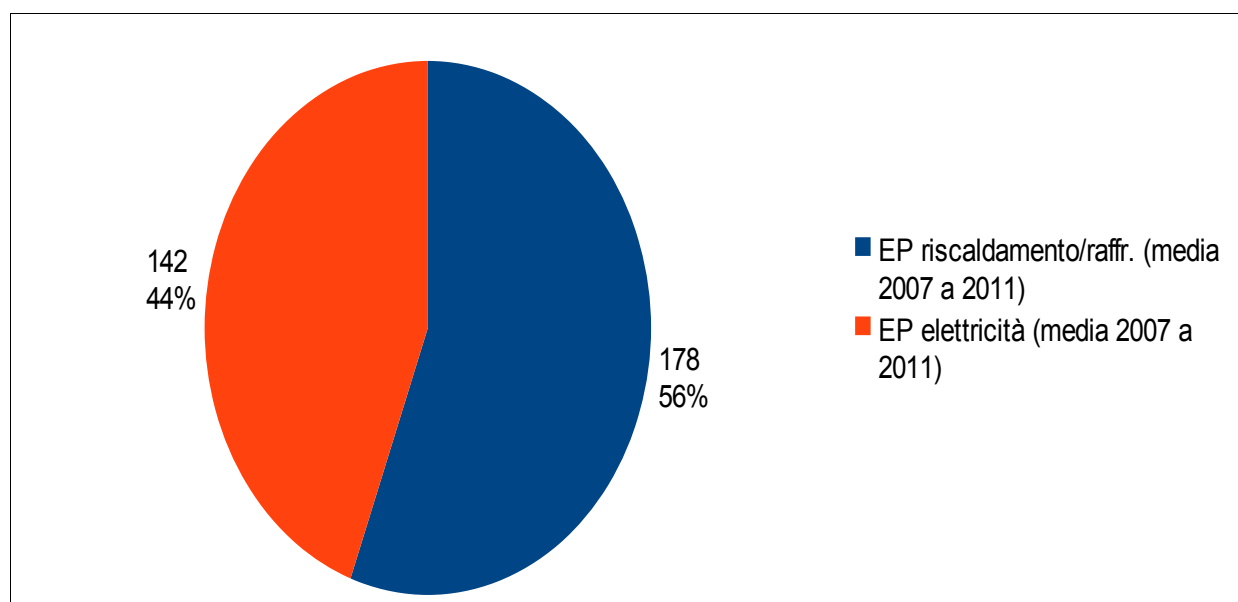


Fig. 3.26 - Edificio Nave allo Stato di fatto: Energia EP fase d'uso (kWh/ m² a) riscaldamento/raffrescamento ed elettricità

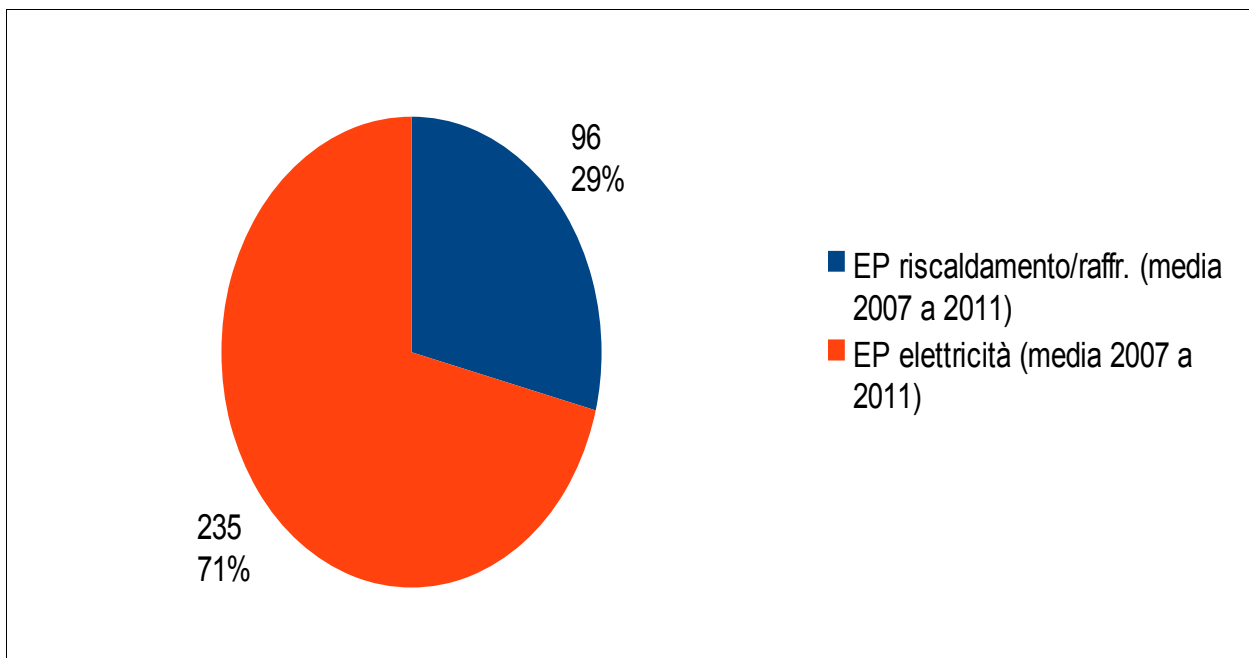


Fig. 3.27 - Campus Città Studi: Energia EP fase d'uso (kWh/ m² a) riscaldamento/raffrescamento ed usi elettrici

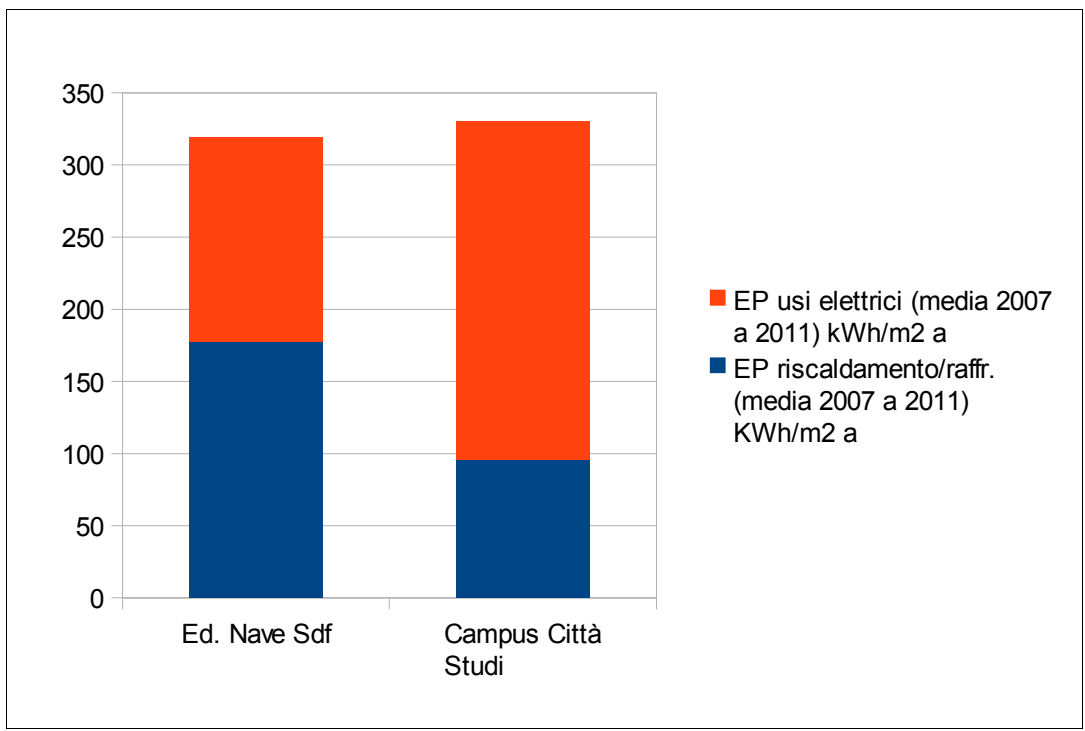


Fig. 3.28 - Energia EP fase d'uso (kWh/ m² a): confronto del fabbisogno tra Edificio Nave e Campus Città Studi in base agli usi finali

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

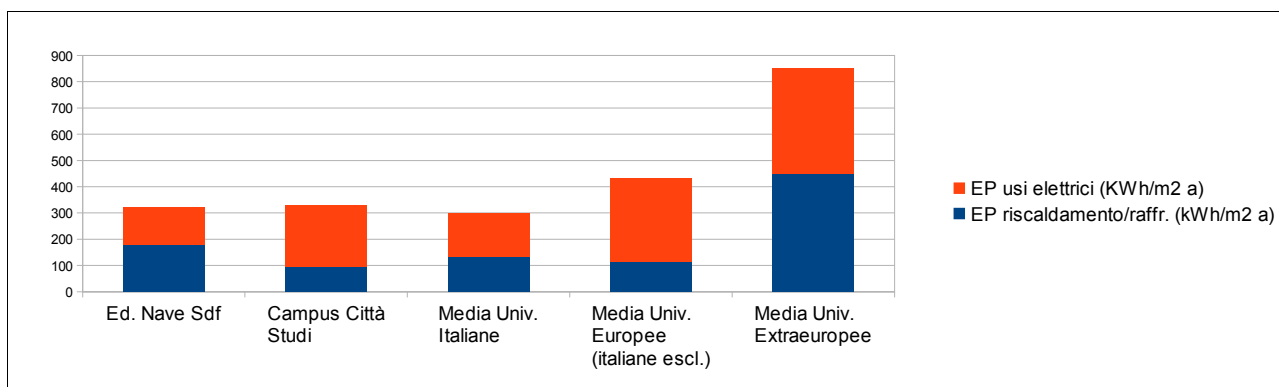


Fig. 3.29 - Energia EP fase d'uso (kWh/ m² a): confronto del fabbisogno tra Edificio Nave, Campus Città Studi e Università italiane, europee ed extraeuropee in base agli usi finali

E' interessante inoltre notare come, a fronte di un rapporto tra una superfici calpestabili dell'edificio Nave rispetto al Campus (rispettivamente 13.482 e 185.990) che supera il 7 %, in ogni caso i consumi energetici complessivi della Nave si mantengono nell'ordine del 5 % del Campus (Fig. 3.31). Ciò in quanto tra gli edifici del Campus ve ne sono altri più energivori, come quelli della prima fase di edificazione, costruiti con criteri meno moderni e dunque molto più carenti anche dal punto di vista dell'involucro, nonché ancora oggi più difficili da gestire in maniera ottimizzata.

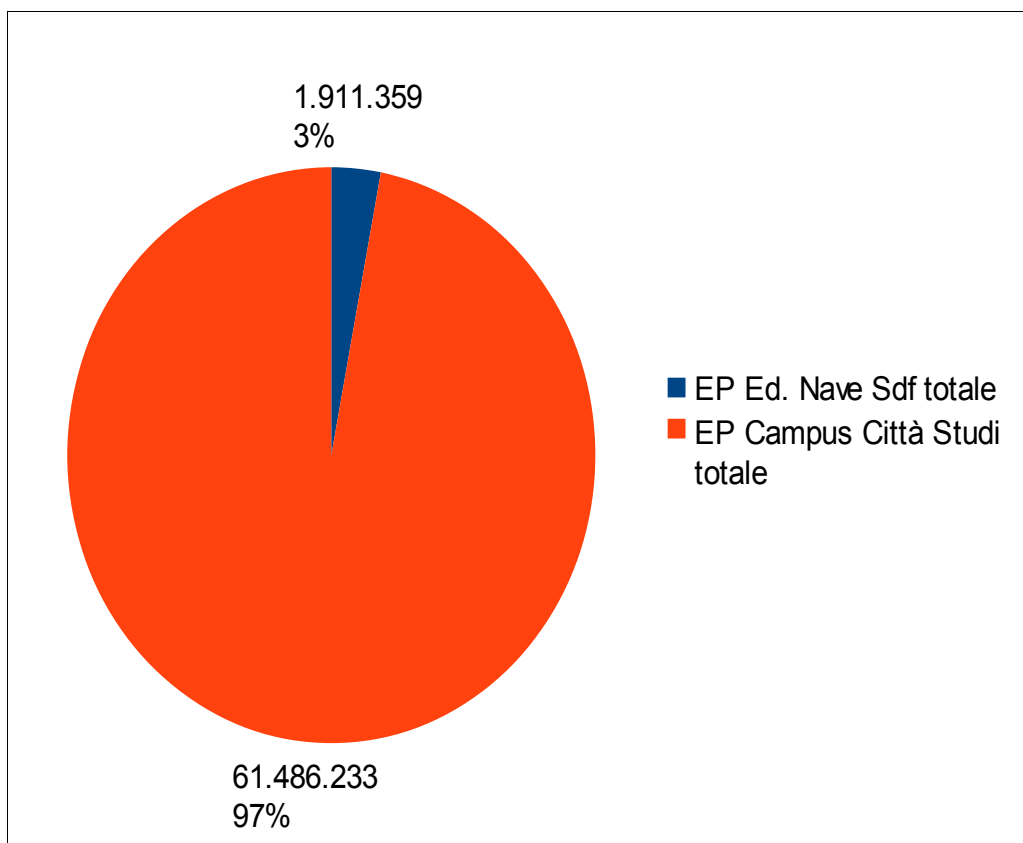


Fig. 3.30 - EP totale riscaldamento/raffr.+elettricità: confronto tra Edificio Nave e Campus Città Studi (kWh a)

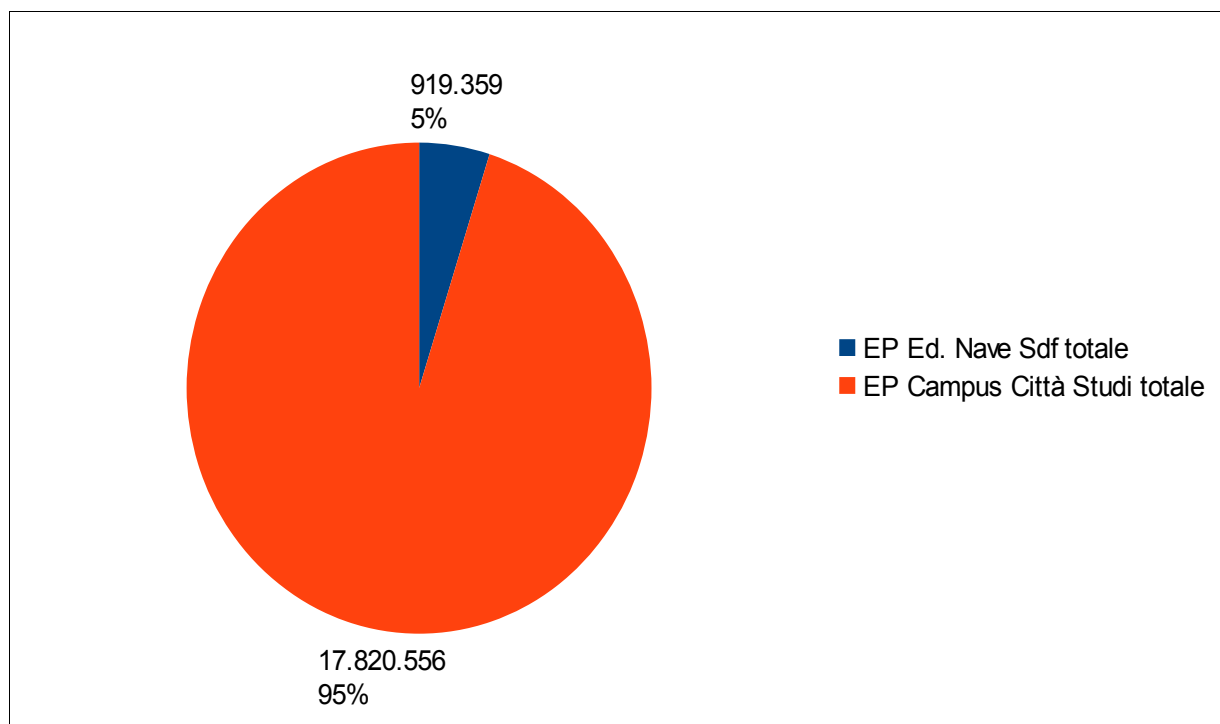


Fig. 3.31 - EP totale riscaldamento/raffr: confronto Ed. Nave e Campus Città Studi (kWh a)

### 3.3.7.3 Confronto Campus e Città in base agli indicatori multi-scala “consumi energetici”

La tabella che segue (Tab. 3.61) riporta e confronta i dati, relativi agli indicatori multi-scala energetici, del Campus con la città di Milano.

I dati riferiti alla città, compresi quelli riguardanti l'area metropolitana, sono estrapolati dalla raccolta ottenuta dalla consultazione delle numerose fonti (documenti di valutazione, piani, programmi).

Nel caso del settore domestico, l'utenza è ovviamente costituita dagli abitanti, nel caso del terziario dagli addetti, nel caso del campus da studenti e staff.

Tab. 3.61 - Consumi energetici stimati in base agli indicatori multi-scala per Campus e Città, compresa l'area metropolitana

<b>Indicatori consumi energetici</b>	<b>Fonte dato</b>	<b>Dato annuale</b>	<b>kWh a</b>	<b>Utenti (n.)</b>	<b>kWh / utente a</b>
EP annuale sett. Civile (domestico+terziario) per riscaldamento nella città di Milano	[30]	1.088 ktep	12.653.440.000	1.307.495	9.678
EP annuale <i>Campus</i> Città Studi per riscaldamento	Politecnico di Milano	57.001 GJ	15.833.611	20.027	791
EP annuale subsett. domestico per elettricità nell'area metropolitana di Milano	[26]	4.828 G Wh	10.708.504.000	3.083.955	3.472
EP annuale subsett. terziario per elettricità nell'area metropolitana di Milano	[30]	8.000 Gwh	17.744.000.000	3.083.955	5.754
EP annuale <i>Campus</i> Città Studi per elettricità	Politecnico di Milano	19.686.960 kWh	43.665.677	20.027	2.180

I grafici seguenti (Fig. 3.32, Fig. 3.33) mettono a confronto i consumi energetici del Campus con quelli della città di Milano.

In particolare, evidenziano come, per unità di utenza, i consumi energetici per riscaldamento del settore domestico con l'aggiunta del terziario superino di gran lunga quello del Campus.

Se poi si considerano i consumi elettrici, il Campus si colloca in una posizione competitiva sia rispetto al settore domestico sia rispetto al più energivoro settore terziario.

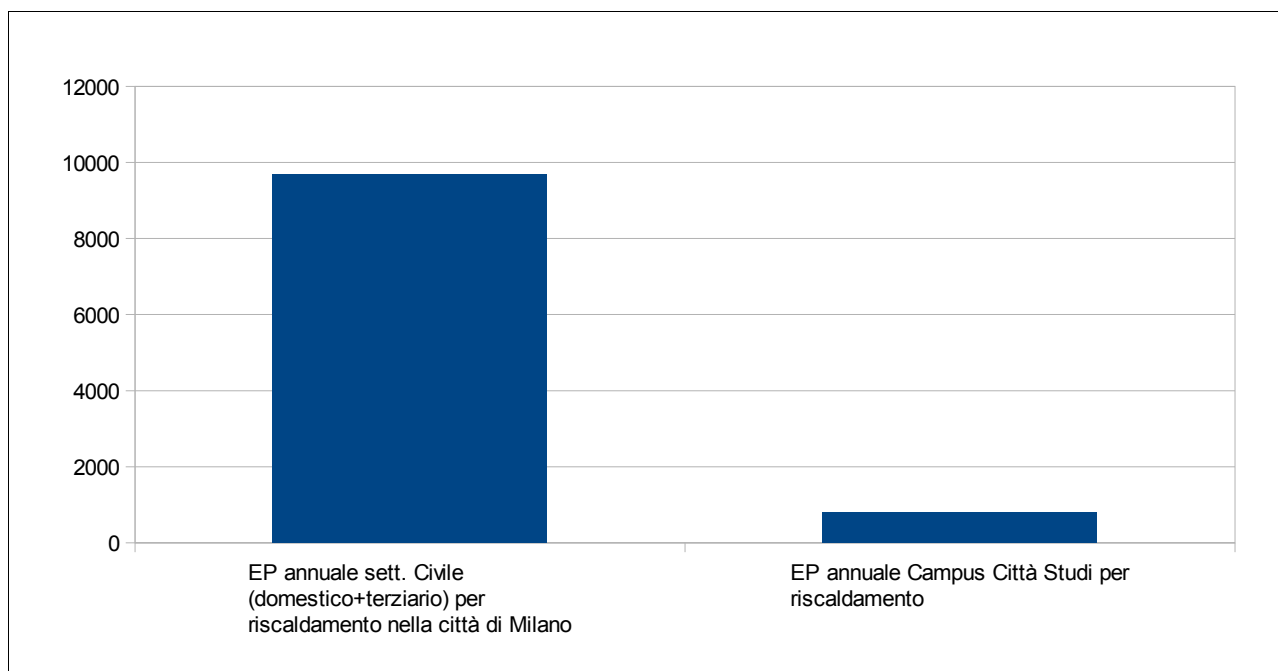


Fig. 3.32 - Confronto EP annuale per riscaldamento nel settore civile (domestico+terziario) nella città di Milano e Campus Città Studi, per utente (abitante) (kWh / utente a)

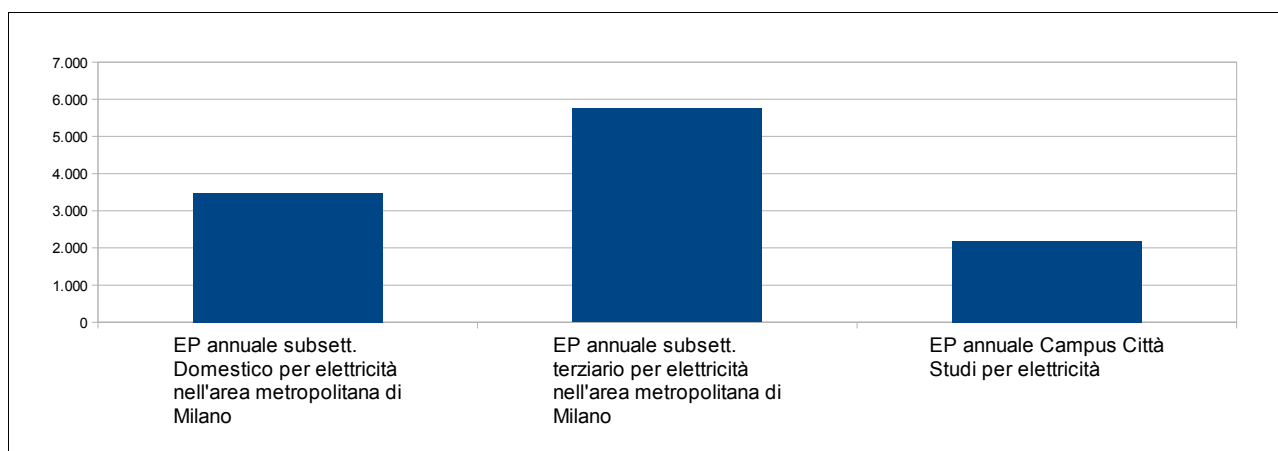


Fig. 3.33 - Confronto EP annuale per elettricità tra subsettore domestico, sub-settore terziario (area metropolitana di Milano) e Campus Città Studi, per utente (abitante) (kWh / utente a)

### 3.3.7.4 Confronto Edificio-Campus e altre università in base all'indicatore multi-scala "emissioni di anidride carbonica equivalente"

La tabella che segue (Tab. 3.62) riporta le emissioni di anidride carbonica equivalente associate agli usi finali riscaldamento e energia elettrica, per il Campus e per altre università internazionali di cui si sono potuti recuperare i dati.

I valori sono stati calcolati attraverso la formula generale:

$$E_{Tot} = \sum_i AD_i * EF_i$$

dove:

- $E_{Tot}$  = emissione totale
- $AD_i$  = dato di attività riferito alla sorgente  $i$
- $EF_i$  = fattore di emissione riferito alla sorgente  $i$

In particolare riferimento alle emissioni per riscaldamento, la formula è la seguente:

$$E_{riscaldamento} = \sum_i A_i * PCI_i * FE_i * 10^{-6}$$

dove:

- $E_{riscaldamento}$  = emissione totale di CO<sub>2</sub> da riscaldamento
- $A_i$  = consumo del combustibile  $i$  [Nm<sup>3</sup> o kg]
- $PCI_i$  = potere calorifico inferiore del combustibile  $i$  [GJ/Nm<sup>3</sup> o GJ/kg]
- $FE_i$  = fattore di emissione del combustibile  $i$  [gCO<sub>2</sub>/GJ]

Invece, per quanto riguarda le emissioni associate agli usi elettrici, il calcolo è stato effettuato in base alla formula:

$$E_{elettricità} = ee * EF_{produzione termoelettrica} * 10^{-6}$$

dove:

- $E_{elettricità}$  = emissione totale da consumo elettrico [tCO<sub>2</sub>/anno]
- $ee$  = energia elettrica consumata nell'anno 2011 [kWh/anno]

- $EF_{produzione termoelettrica}$  = fattore di emissione da produzione termoelettrica [gCO<sub>2</sub>/kWh]

Tab. 3.62 - Emissioni di anidride carbonica associate agli usi energetici finali: comparazione tra il Campus e altre università internazionali

Campus	Emissioni - CO <sub>2</sub> eq. (ta)			Sup. calpestabile	Emissioni unitarie - CO <sub>2</sub> eq. (ta / m <sup>2</sup> )
	Usi finali		Totale		
	Riscaldamento	Elettrici			
Campus Città Studi	3.211	10.115	13.326	185.990	0,07
Yale	171.500	73.500	245.000	1.117.345	0,22
De Montfort	4.590	12.750	17.340	128.215	0,14
Texas Austin	234.000	29.000	263.000	1.700.000	0,15



I grafici successivi (Fig. 3.34, Fig. 3.35, Fig. 3.36) evidenziano la minor produzione totale e parziale del Campus rispetto alle altre università, ma anche che a livello unitario, seppur il Campus resti competitivo, le distanze con le due maggiori si accorciano sorprendentemente.

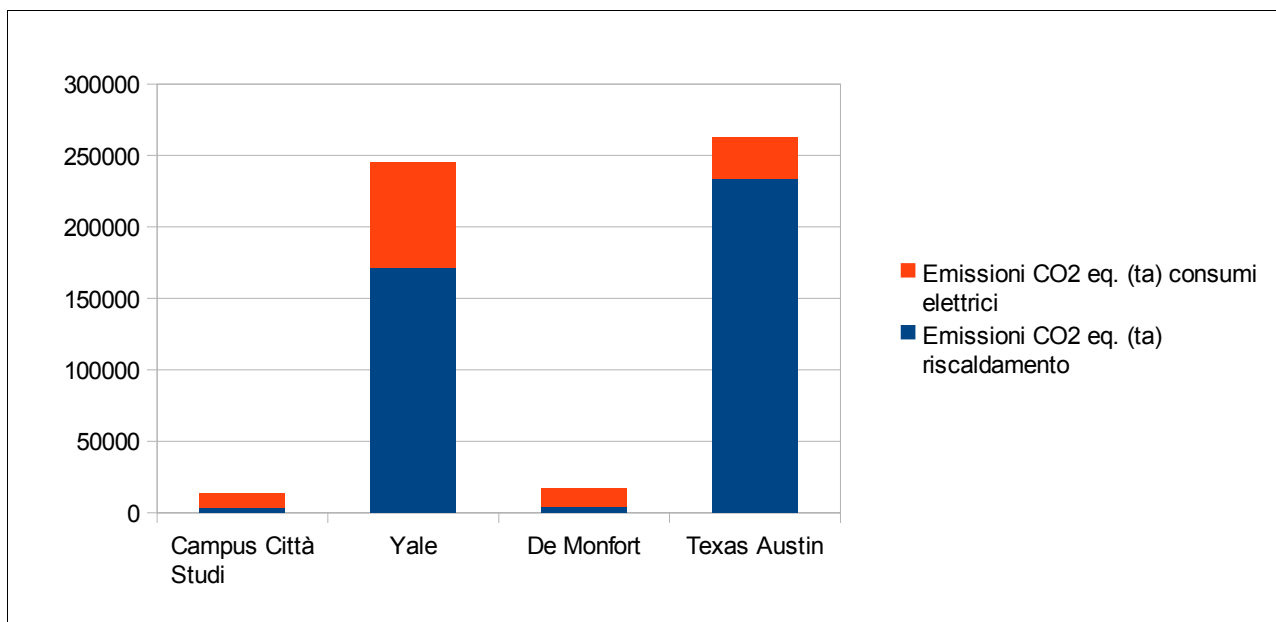


Fig. 3.34 - Confronto tra il Campus ed alcune università internazionali circa le emissioni associate agli usi energetici

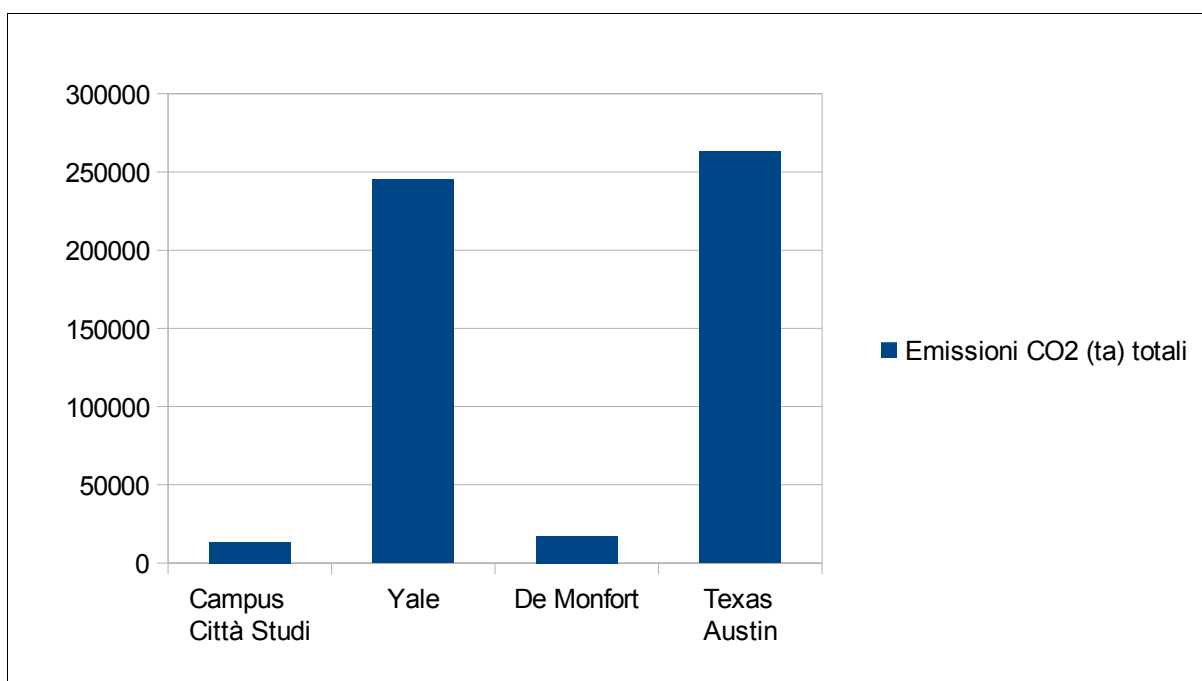


Fig. 3.35 - Confronto tra il Campus ed alcune università internazionali circa le emissioni totali associate agli usi energetici

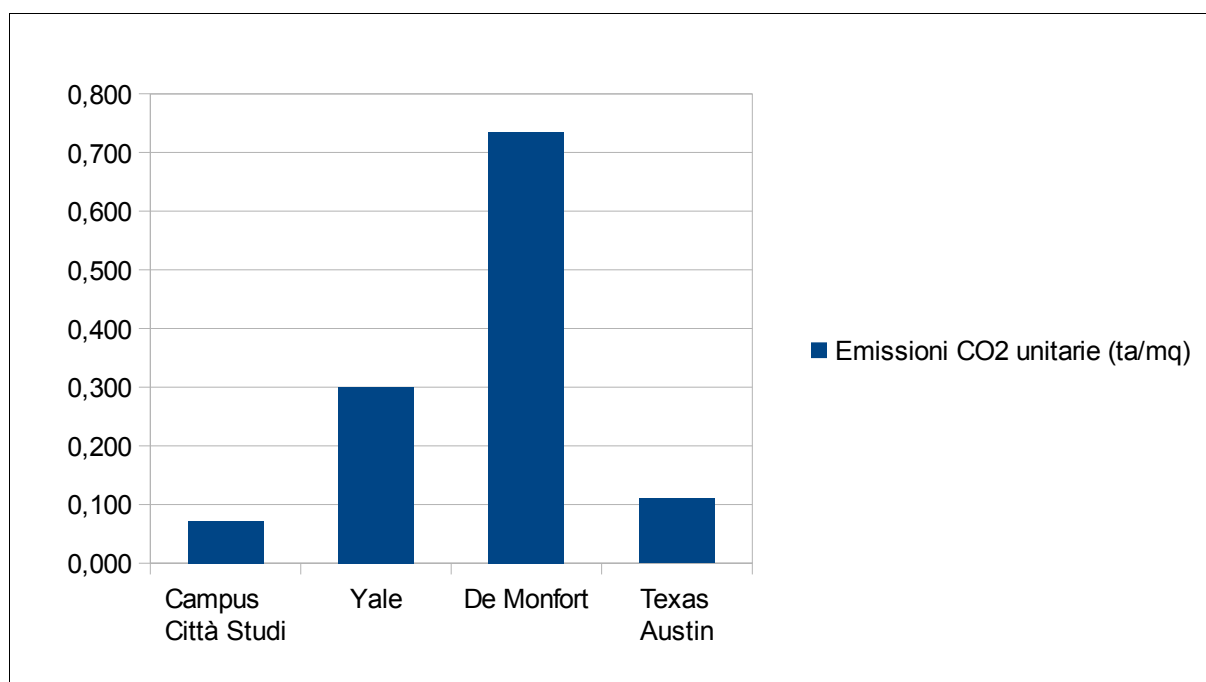


Fig. 3.36 - Confronto tra il Campus ed alcune università internazionali circa le emissioni totali associate agli usi energetici, su base superficiale unitaria

Per quanto riguarda invece il rapporto tra Edificio 14 e Campus in riferimento alle emissioni, si ha:

Tab. 3.63 - Emissioni di anidride carbonica associate agli usi energetici finali: comparazione tra l'Edificio 14 e il Campus

	<b>Emissioni CO<sub>2</sub> eq. (ta) riscaldamento +raffr.</b>	<b>Emissioni CO<sub>2</sub> eq. (ta) consumi elettrici</b>	<b>Emissioni CO<sub>2</sub> (ta) totali</b>	Sup. (m <sup>2</sup> )	<b>Emissioni CO<sub>2</sub> unitarie (ta/m<sup>2</sup>)</b>
Ed. Nave	248	386	634	13482	0,047
Campus Città Studi	3.211	10.115	13.326	185.990	0,072

Confrontando le relazioni tra i dati omologhi (consumi energetici / emissioni) (Fig. 3.37, Fig. 3.38, Fig. 3.39, Fig. 3.40), si osserva che:

- ^ Nel rapporto tra Edificio e Campus vi è analogia tra consumi energetici ed emissioni per unità di superficie, ovvero in entrambi casi l'Edificio 14 si colloca al di sotto della media del Campus.
- ^ A livello di edificio, riguardo alle relazioni tra consumi energetici per usi finali e relative emissioni, il rapporto si ribalta. Nel primo caso gli usi termici superano gli elettrici, nel secondo avviene l'opposto.
- ^ In termini totali, a livello di emissioni l'incidenza dell'Edificio 14 sul Campus è maggiore rispetto ai consumi energetici (5% contro il 3%).

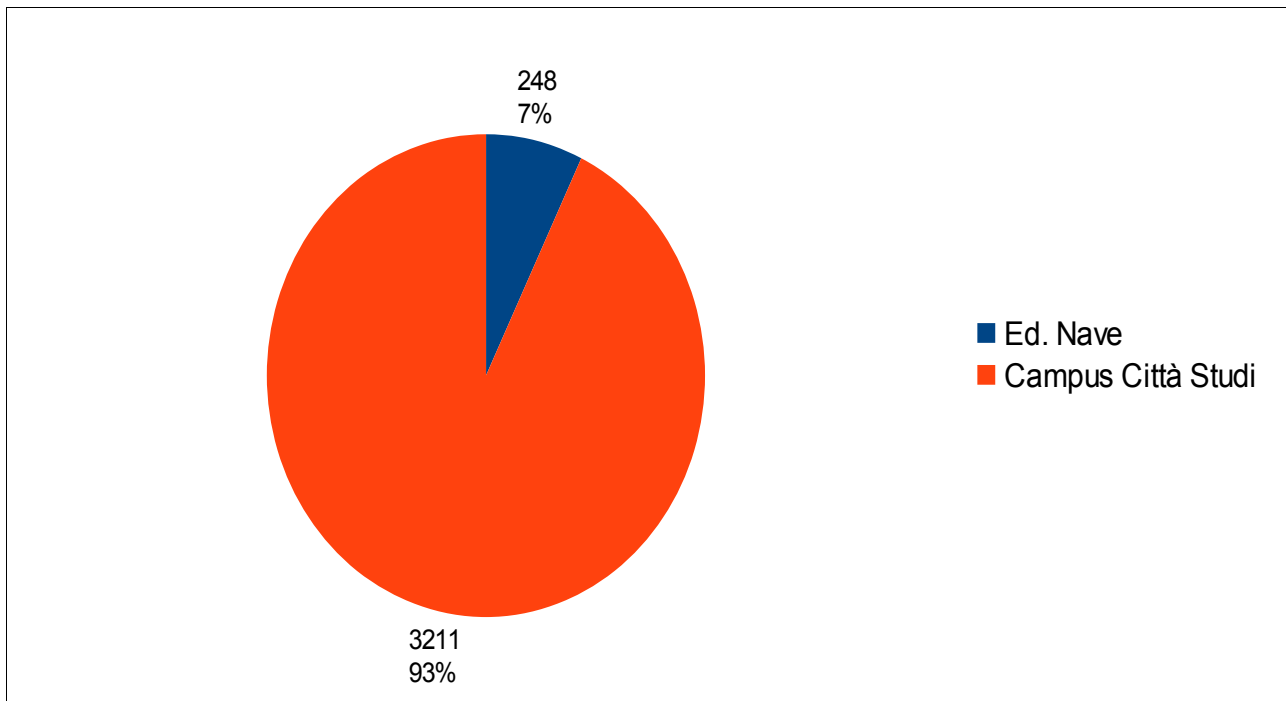


Fig. 3.37 - Confronto tra l'Edificio 14 e il Campus in base alle emissioni Emissioni di CO<sub>2</sub> eq. (riscaldamento+raffr.) (ta)

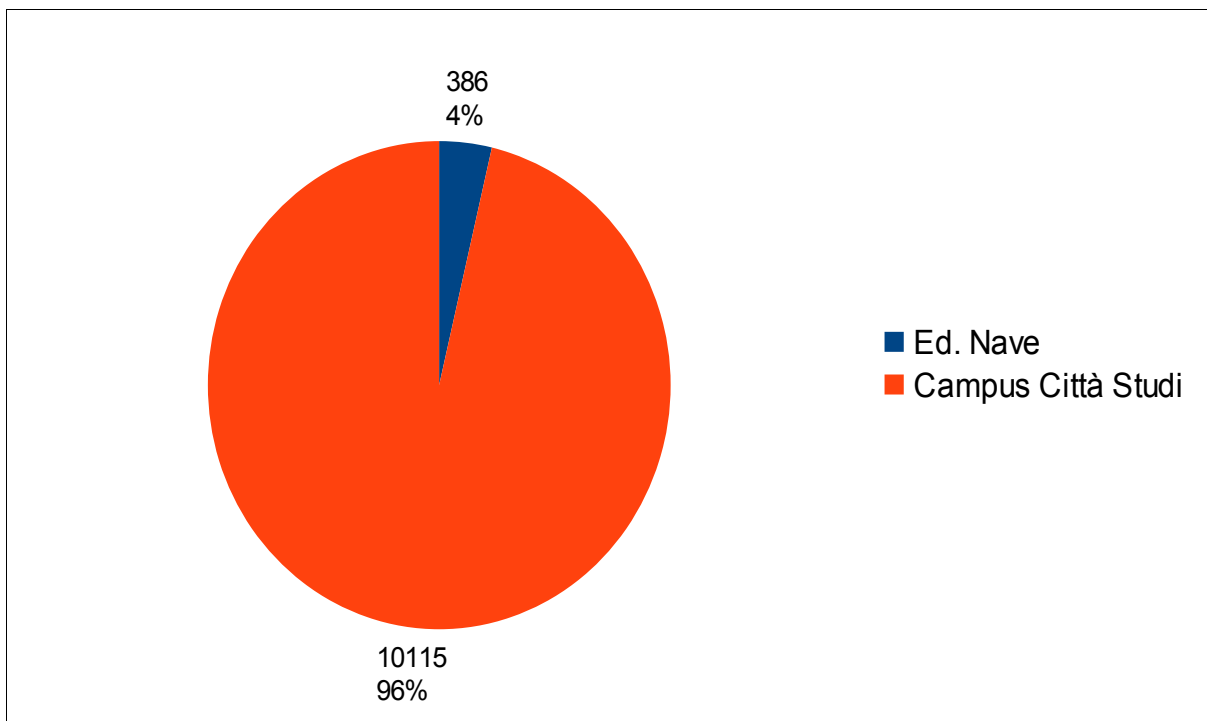


Fig. 3.38 - Confronto tra l'Edificio 14 e il Campus in base alle emissioni Emissioni di CO<sub>2</sub> eq. (usi elettrici) (ta)

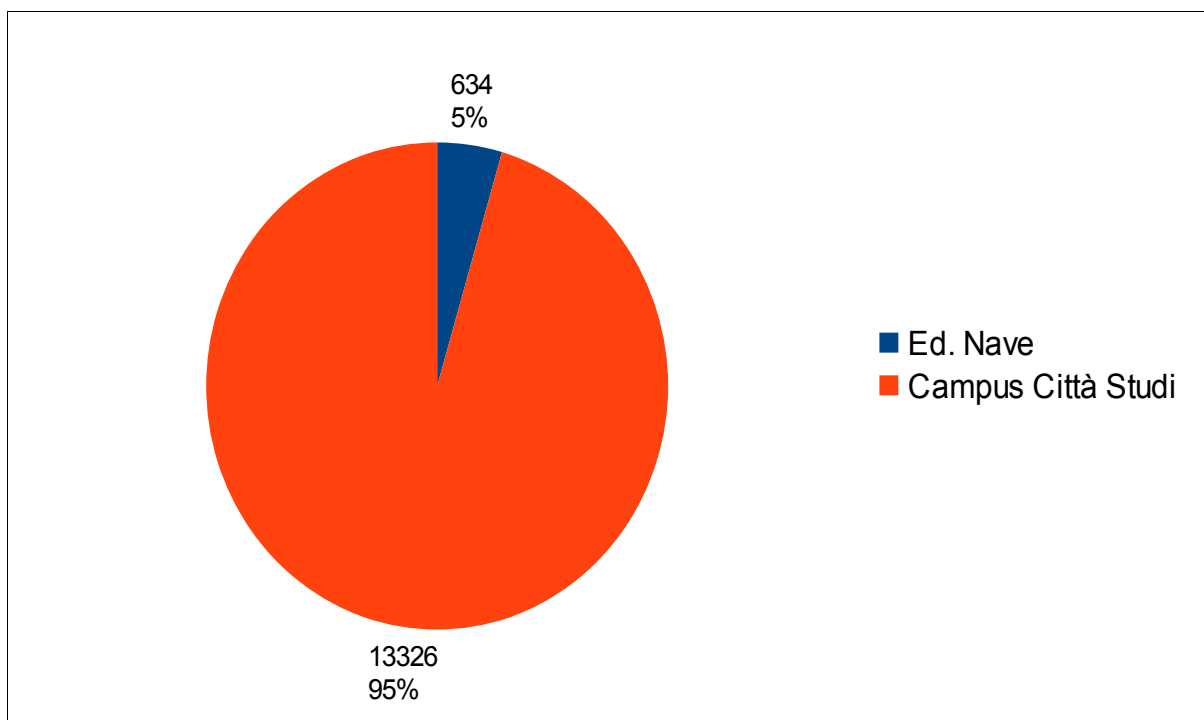


Fig. 3.39 - Confronto tra l'Edificio 14 e il Campus in base alle emissioni Emissioni di CO<sub>2</sub> eq. totali (riscaldamento+raffr. e usi elettrici) (ta)

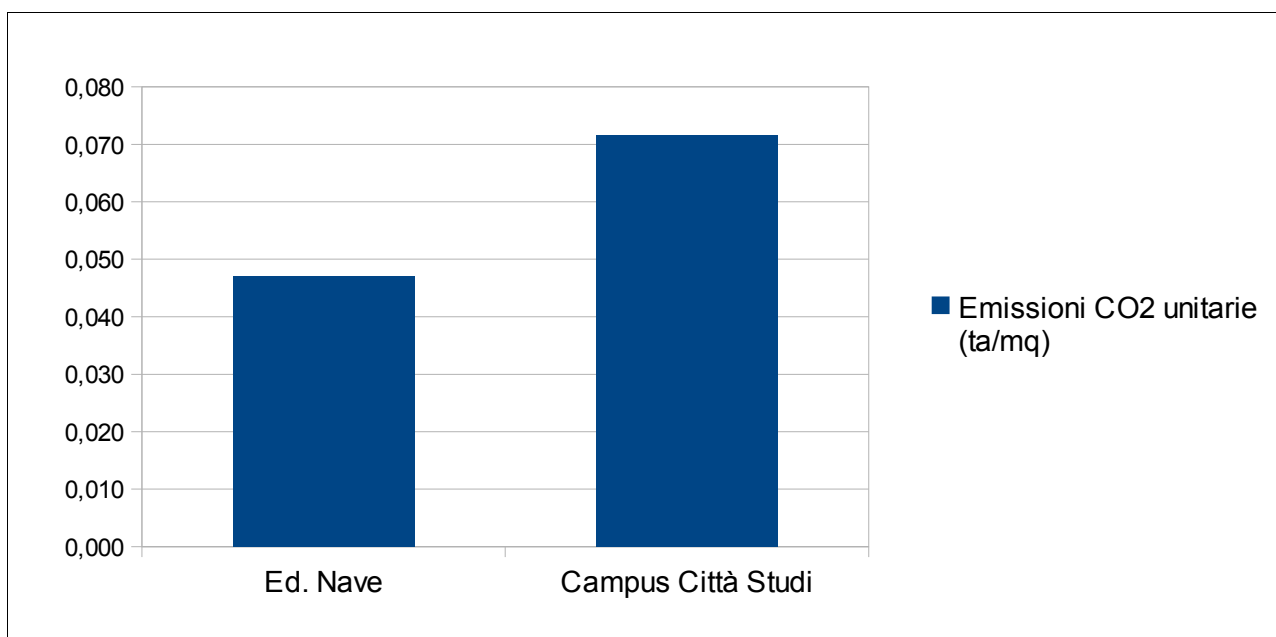


Fig. 3.40 - Confronto tra l'Edificio 14 e il Campus in base alle emissioni Emissioni di CO<sub>2</sub> eq. unitarie (riscaldamento+raffr. e usi elettrici) (ta/m<sup>2</sup>)

### 3.3.7.5 Confronto Campus e Città in base agli indicatori multi-scala “emissioni di anidride carbonica equivalente”

La tabella che segue (Tab. 3.63) riporta e confronta i dati, relativi agli indicatori multi-scala riferiti alle emissioni di anidride carbonica equivalente, del Campus con la città di Milano.

I dati riferiti alla città, compresi quelli riguardanti l'area metropolitana, sono estrapolati dalla raccolta ottenuta dalla consultazione delle numerose fonti (documenti di valutazione, piani, programmi).

Come per i consumi energetici associati agli usi finali, nel caso del settore domestico, l'utenza è ovviamente costituita dagli abitanti, nel caso del terziario dagli addetti, nel caso del campus da studenti e staff.

Tab. 3.63 - Emissioni di anidride carbonica equivalente associata ai consumi energetici stimate in base agli indicatori multi-scala per Campus e Città, compresa l'area metropolitana

Indicatori emissioni	Fonte dato	Dato totale annuale (ta)	Utenti (n.)	Emissioni unitarie (ta / utente)
CO <sub>2</sub> equiv. Dirette (cioè generate all'interno dei confini comunali) dovute all'utilizzo di combustibili per il riscaldamento degli edifici e per gli usi domestici (cottura cibi e acqua calda san.) prodotte nella <i>città di Milano</i> dal Settore civile (ed. residenziali e non residenziali) nell'anno 2005	[21]			3,0
CO <sub>2</sub> equiv. annuali <i>Campus Città Studi</i> per riscaldamento	Politecnico di Milano	3.211	20.027	0,2
CO <sub>2</sub> equiv. annuali prodotte dal settore civile (residenziale e terziario) nel 2004 nella <i>provincia di Milano</i>	[26]	35.507.480	3.083.955	11,5
CO <sub>2</sub> equiv. annuali <i>Campus Città Studi</i> in fase d'uso totale (risc.+raffr.+consumi elettrici)	Politecnico di Milano	13.326	20.027	0,7

I grafici seguenti (Fig. 3.41, Fig. 3.42) mostrano la comparazione delle emissioni prodotte a scala di Campus con le scale territoriali più prossime (città, area metropolitana).

Come si osserva, il valore unitario del Campus è sensibilmente minore di quello medio dell'utenza civile complessiva, sia a scala urbana sia metropolitana.

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

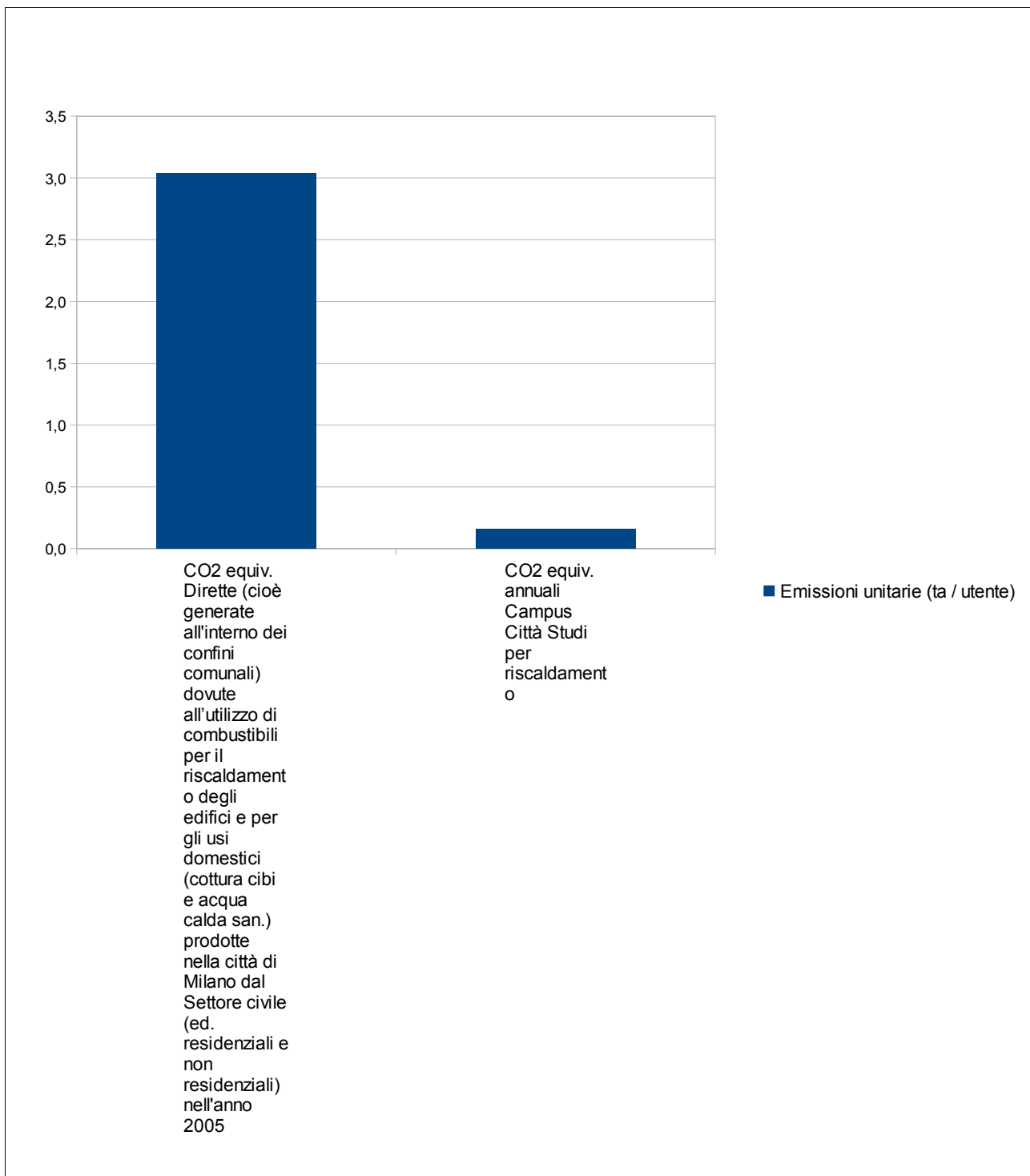


Fig. 3.41 - Confronto emissioni CO<sub>2</sub> equiv. annuali per riscaldamento nel settore civile (domestico+terziario) nella città di Milano e Campus Città Studi, per utente

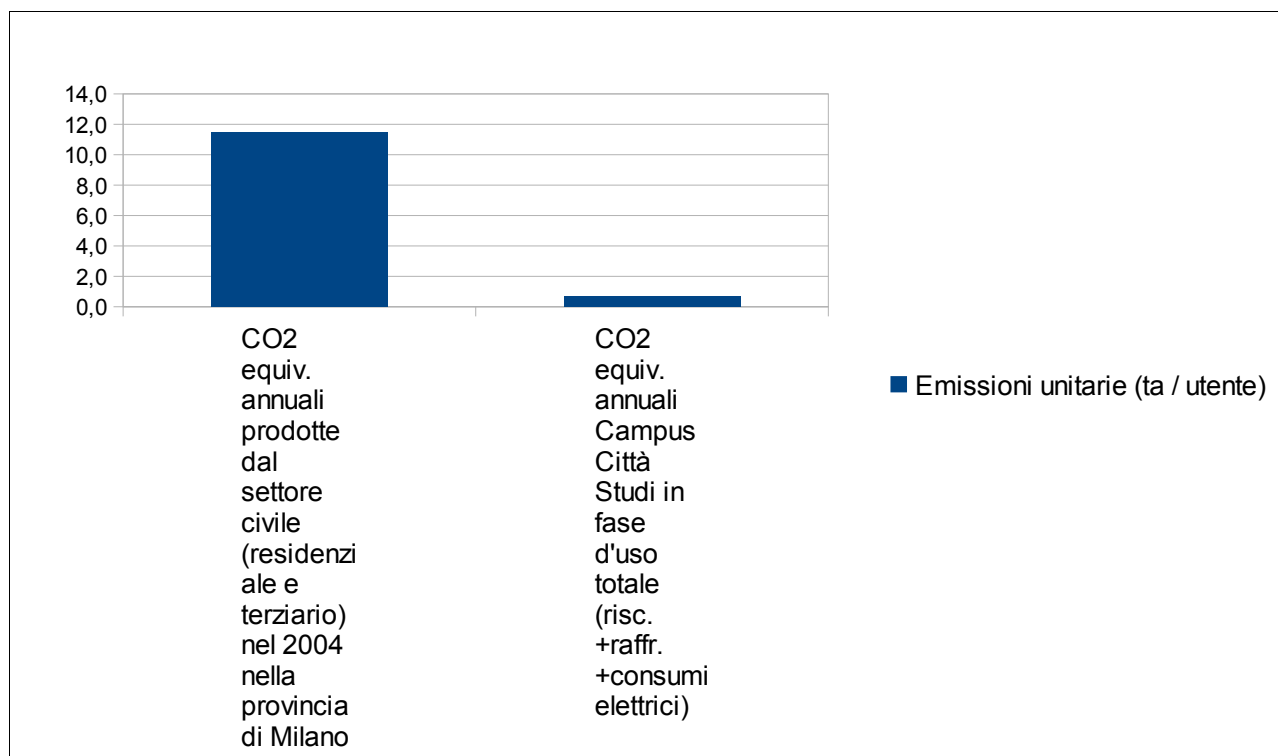


Fig. 3.42 - Confronto emissioni CO<sub>2</sub> equiv. annuali nel settore civile (domestico+terziario) nella città di Milano e Campus Città Studi, per utente

### 3.3.8 Individuazione di benchmarks multi-scala

#### 3.3.8.1 Obiettivo

Il presente capitolo illustra la metodologia impiegata per individuare i valori di riferimento esterni (benchmarks) in base ai quali confrontare le alternative.

Relativamente sia all'uso dell'energia sia alle emissioni di anidride carbonica, come valori di riferimento esterni sono adottati i rispettivi target di riduzione del consumo energetico di energia primaria / delle emissioni di CO<sub>2</sub> fissati negli ambiti territoriali in cui l'edificio è collocato, dalle istituzioni di competenza in piani, programmi, provvedimenti legislativi.

I target sono estratti dalla raccolta sistematizzata di dati effettuata relativamente alle diverse scale territoriali in cui l'edificio e il campus sono collocati.

Di seguito si riportano, dalla scala più prossima (città) i target fissati per ciascuno degli indicatori multi-scala, così come estratti dalla raccolta.

#### 3.3.8.2 Uso dell'energia

Le tabelle seguenti (Tab. 3.64, Tab. 3.65, Tab. 3.66) riportano i target fissati per la riduzione dei consumi energetici, applicabili al caso studio. I riferimenti numerati sono quelli utilizzati per ordinarli in ordine crescente in una tabella successiva (Tab. 3.67), che evidenzierà anche gli anni di riferimento.

Tab. 3.64 - Target di riduzione dei consumi energetici fissati a scala di città e area metropolitana

Scala territoriale	Settore	Indicatore	Unità di misura	Target	Fonte dati	Rif.
<b>CITTA' DI MILANO</b>						
Usi finali	Terziario (Patrimonio Comune di Milano)	Risparmio annuale a seguito di interventi di efficientamento energetico (riqualificazione energetica edifici e sostituzione caldaie per conversione a gas) su 600 edifici di proprietà comunale in 7 anni	% a su SDF al 2013	-6%	[7]	Rif2
Usi finali	Terziario (Patrimonio Comune di Milano)	Potenziale di riduzione dei consumi annuali attraverso interventi di efficienza energetica su immobili esistenti comunali, per rientrare negli obiettivi del pacchetto Kyoto entro il 2020	kWh/ m <sup>2</sup> a	-60	[21]	Rif5
<b>AREA METROPOLITANA DI MILANO</b>						
Usi finali	Tutti	Obiettivo di riduzione annuale di energia per tutti i vettori e tutti i settori (totale) nell'area della provincia di Milano al 2015 rispetto al 2004	% a su SDF al 2004	-1%	[23]	Rif1



Tab. 3.65 - Target di riduzione dei consumi energetici fissati a scala regionale e nazionale

Scala territoriale e usi	Settore	Indicatore	Unità di misura	Target	Fonte dati	Rif.
<b>LOMBARDIA</b>						
Usi finali	Tutti tranne Industria (ETS)	Target di risparmio energetico di energia per usi finali per tutti i settori tranne ETS in regione Lombardia per il 2020 rispetto al 2010	% su SDF al 2010	-13%	[24]	Rif4
Usi finali	Civile (Domestico + Terziario)	Target di risparmio energetico di energia per usi finali nel settore civile in regione Lombardia per il 2020 rispetto al 2009-2010	% su SDF al 2009	-10%	[25]	Rif3
<b>ITALIA</b>						
Primaria	Tutti	Riduzione del fabbisogno di energia primaria a livello nazionale per tutti i settori ed usi entro il 2020, in percentuale rispetto al 2005	% su SDF al 2005	-24%	[8]	Rif6

Tab. 3.66 - Target di riduzione dei consumi energetici fissati a scala europea

Scala territoriale e usi	Settore	Indicatore	Unità di misura	Target	Fonte dati	Rif.
EUROPA EU-27						
Usi finali	Terziario	Riduzione potenziale del Consumo nel territorio europeo di energia per usi finali nel settore terziario nel 2020 (su base 2005 con interventi di efficientamento)	% su SDF al 2005	-30%	[22]	Rif8
Usi finali	Tutti	Riduzione potenziale di consumo di energia nel territorio europeo di energia per usi finali nel 2020 rispetto al 2005	% su SDF al 2005	-33%	[22]	Rif9
Tutti	Tutti	Riduzione potenziale del Consumo nel territorio europeo di energia per usi finali nel 2020 (su base 2005) con interventi di efficientamento	% su SDF al 2020	-26%	[22]	Rif7
Usi finali	Tutti	Risparmio potenziale annuale di energia per usi finali (medio) in attuazione diffusa degli standard minimi previsti dalla EPBD negli edifici, nei paesi EU, a seguito di intervento di isolamento della facciata	kWh/ m <sup>2</sup> a	-107	[31]	Rif10

Tab. 3.67 - Target e tempi per il raggiungimento degli obiettivi di riduzione dei consumi energetici fissati alle diverse scale

<b>RIFERIMENTI</b>	<b>SCALA</b>	<b>RID. % SDF</b>	<b>ANNO</b>	<b>OBIETTIVO</b>
E Rif1	Area metropolitana di Milano	-1	2015	ANNO
E Rif2	Città di Milano	-6	2020	ANNO
E Rif3	Lombardia	-10	2020	PERIODO
E Rif4	Lombardia	-13	2020	PERIODO
E Rif5	Città di Milano	-19	2020	PERIODO
E Rif6	Italia	-24	2020	PERIODO
E Rif7	Europa EU-27	-26	2020	PERIODO
E Rif8	Europa EU-27	-30	2020	PERIODO
E Rif9	Europa EU-27	-33	2020	PERIODO
E Rif10	Europa EU-27	-33	2020	PERIODO

Nella tabella i valori dei Rif. 5 e 10, rispettivamente 60 kWh/ m<sup>2</sup> e 107 kWh/ m<sup>2</sup> sono stati trasformati in percentuali, calcolate in base al valore del fabbisogno energetico del caso studio.

### 3.3.8.2 Emissioni di anidride carbonica equivalente

Le tabelle seguenti (Tab. 3.68, Tab. 3.69, Tab. 3.70) riportano i target fissati per la riduzione delle emissioni di anidride carbonica equivalente, applicabili al caso studio, classificati per scala, categoria (dirette / indirette) e settore.

Tab. 3.68 - Target di riduzione delle emissioni di anidride carbonica equivalente fissati a scala di città

Scala territoriale	Categoria	Settore	Indicatore	Unità di misura	Target	Fonte dati
CITTA' DI MILANO						
	Dirette	Civile (Terziario)	Riduzione delle emissioni dirette nel solo terziario annuale della città di Milano per rientrare negli obiettivi del pacchetto Kyoto entro il 2020	% su SDF al 2009	7% sulla riduzione complessiva per tutti i settori, ovvero -1,4 (=7% del 20%)	[21]
	Dirette / Indirette	Tutti	Obiettivo per la riduzione delle emissioni complessive (civile dirette+industriale e terziario dirette+trasporti dirette+energia dirette e indirette) della città di Milano per rientrare negli obiettivi del pacchetto Kyoto entro il 2020	% su SDF al 2005	-20	[21]
	Dirette	Tutti	Obiettivo per la riduzione delle emissioni (civile dirette+industriale e terziario dirette+trasporti dirette+energia dirette) annuale della città di Milano per rientrare negli obiettivi del pacchetto Kyoto entro il 2020	% su SDF al 2005	-20	[21]

Tab. 3.69 - Target di riduzione delle emissioni di anidride carbonica equivalente fissati alle scale metropolitana, regionale e nazionale

Scala territoriale	Categoria	Settore	Indicatore	Unità di misura	Target	Fonte dati
<b>AREA METROPOLITANA DI MILANO</b>						
	Dirette / Indirette	Civile (residenziale e terziario)	Obiettivo di riduzione delle emissioni annuali di anidride carbonica equiv. annuali entro il 2010 rispetto al 2004, per il settore civile nella provincia di Milano	% su SDF al 2004	-0,04	[26]
<b>LOMBARDIA</b>						
	Dirette / Indirette	Tutti tranne ETS (cioè: mobilità, residenziale, terziario, agricoltura, piccola industria)	Obiettivo di riduzione nel 2020 rispetto al 2010 delle emissioni di anidride carbonica equiv. emesse a livello regionale da tutti i settori tranne ETS - CO <sub>2</sub> equiv	% su SDF al 2010	-6	[24]
	Dirette / Indirette	Civile (Terziario)	Obiettivo di riduzione nel 2020 rispetto al 2010 delle emissioni di anidride carbonica equiv. emesse a livello regionale dal terziario - CO <sub>2</sub> equiv	% su SDF al 2010	-0,6	[24]
<b>ITALIA</b>						
	Dirette / Indirette	Tutti	Riduzione delle emissioni di anidride carbonica equiv. emesse a livello nazionale per tutti i settori - CO <sub>2</sub> equiv. entro il 2020, rispetto al 2005	% su SDF al 2005	-21	[8]

Tab. 3.70 - Target di riduzione delle emissioni di anidride carbonica equivalente fissati alla scala europea (1/2)

Scala territoriale	Categoria	Settore	Indicatore	Unità di misura	Target	Fonte dati
EUROPA EU 27 / OCSE						
	Dirette / Indirette	Civile	Riduzione potenziale annuale di CO <sub>2</sub> (media) in attuazione diffusa degli standard minimi previsti dalla EPBD negli edifici, nei paesi EU, a seguito di intervento di isolamento della facciata	Kg/ m <sup>2</sup> a	-24	[31]
	Dirette / Indirette	Tutti	Riduzione al 2050 rispetto a livello 2008 delle emissioni di anidride carbonica equiv. emesse a livello europeo-EU per tutti i settori	% su SDF al 2008	-20 (con possibilità di arrivare a -30 grazie alle tecnologie meno costose oggi disponibili rispetto alla stima del 2008)	[20]
	Dirette / Indirette	Tutti	Riduzione al 2050 rispetto a livello 2007 delle emissioni di anidride carbonica equiv. emesse a livello europeo-Ocse per tutti i settori	% su SDF al 2007	-75% (di cui 18% di questo 75% per efficientamento negli edifici = 13,5%)	[12]
	Dirette / Indirette	Tutti	Riduzione al 2030 rispetto al livello 1990 delle emissioni di anidride carbonica equiv. emesse a livello europeo	% su SDF al 1990	-40 a -44 %	[6]
	Dirette / Indirette	Tutti	Riduzione al 2050 rispetto al livello 1990 delle emissioni di anidride carbonica equiv. emesse a livello europeo	% su SDF al 1990	-79 a -82	[6]

Tab. 3.70 - Target di riduzione delle emissioni di anidride carbonica equivalente fissati alla scala europea (2/2)

Scala territoriale	Dirette / Indirette	Settore	Indicatore	Unità di misura	Target	Fonte dati
EUROPA EU 27 / OCSE						
	Dirette / Indirette	Civile (residenziale e terziario)	Riduzione al 2050 rispetto al livello 2007 delle emissioni di anidride carbonica equiv. Emesse a livello europeo-Ocse per settore civile (residenziale e terziario)	% su SDF al 2007	-35	[12]
	Dirette / Indirette	Civile (residenziale e terziario)	Riduzione al 2030 rispetto al livello 1990 delle emissioni di anidride carbonica equiv. emesse a livello europeo per settore civile (residenziale e terziario)	% su SDF al 1990	-37 a -53	[6]
	Dirette / Indirette	Civile (residenziale e terziario)	Riduzione al 2050 rispetto al livello 1990 delle emissioni di anidride carbonica equiv. emesse a livello europeo per settore civile (residenziale e terziario)	% su SDF al 1990	-88 a -91 %	[6]

La seguente tabella (Tab. 3.71) visualizza i target per settore e categoria, escludendo i target fissati per tutti i settori, in quanto troppo generici rispetto al caso studio.

Tab. 3.71 - Schema riassuntivo dei target, per categoria e settore

CATEGORIA	SETTORE			
	Tutti	No ETS	Civile	Terziario
Dirette + Indirette	-20% MI	-6% Lombardia	-0,04% Area Metr	-0,6% Lombardia
Dirette + Indirette	-21% MI		-24 kg/ m <sup>2</sup> a (= -8,5% a) EU27	
Dirette + Indirette	-20% a -30% EU27		-13,5% EU Ocse	
Dirette + Indirette	-40% a 44% EU27		-35% EU Ocse	
Dirette + Indirette	-75% EU Ocse		-37% a 53% EU27	
Dirette + Indirette	-79% a 82% EU27		-88% a 91% EU27	
Dirette	-20% MI			-1,4% MI

### 3.3.9 Confronto tra le alternative in base agli indicatori multi-scala e ai benchmarks

#### 3.3.9.1 Obiettivo

Nel presente paragrafo le alternative vengono confrontate tra loro e con i benchmarks multi-scala individuati nello scorso paragrafo, per due scopi principali:

- ▲ osservare le performance di ciascuna alternativa all'interno del sistema, con l'aiuto di visualizzazioni grafiche, traendo delle conclusioni sulle alternative e sulle categorie, relativamente ai consumi energetici e alle emissioni di anidride carbonica (osservazione del sistema "dall'interno")
- ▲ confrontare il sistema delle alternative con i benchmarks esterni al sistema, così da verificare inizialmente la fattibilità dell'approccio e secondariamente l'utilizzabilità dei benchmarks rispetto al sistema delle alternative (e di quali benchmarks del set) per l'applicazione del metodo nelle fasi successive.

#### 3.3.9.2 Uso dell'energia

Di seguito (Tab. 3.72) sono riportati i dati di input relativamente al fabbisogno annuale di energia dell'edificio per riscaldamento e raffrescamento e di energia elettrica, per le rispettive alternative compreso lo stato di fatto, lungo il ciclo di vita.

Tab. 3.72 - Fabbisogno annuale di energia dell'edificio per riscaldamento e raffrescamento e di energia elettrica, per le rispettive alternative compreso lo stato di fatto (1/2)

Categoria	Intervento	EP h (kWh / m <sup>2</sup> a)	EP c (kWh / m <sup>2</sup> a)	E EI (kWh / m <sup>2</sup> a)
SDF	A.0	141,59	36,15	63,94
CVO.CP	A.01	135,36	35,04	63,94
CVO.CP	A.02	135,36	35,04	63,94
CVO.CP	A.03	135,33	35,03	63,94
CVO.CP	A.04	135,38	35,04	63,94
CVO.INT	A.05	138,09	35,53	63,94
CVO.INT	A.06	137,45	35,41	63,94
FIBR	A.07	139,65	35,81	63,94
FIBR	A.08	139,65	35,81	63,94
SER	A.09	79,81	25,11	63,94
SER	A.10	78,35	24,85	63,94
SER	A.11	75,42	24,33	63,94
SER	A.12	75,42	24,33	63,94
SER	A.13	78,35	24,85	63,94
SER	A.14	75,42	24,33	63,94
SER	A.15	73,96	24,07	63,94
SER	A.16	75,42	24,33	63,94



Tab. 3.72 - Fabbisogno annuale di energia dell'edificio per riscaldamento e raffrescamento e di energia elettrica, per le rispettive alternative compreso lo stato di fatto (2/2)

<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>	<b>EP h (kWh / m<sup>2</sup> a)</b>	<b>EP c (kWh / m<sup>2</sup> a)</b>	<b>E EI (kWh / m<sup>2</sup> a)</b>
SER	A.17	79,81	25,11	63,94
SER	A.18	79,81	25,11	63,94
SER	A.19	75,42	24,33	63,94
SER	A.20	78,35	24,85	63,94
SER	A.21	79,81	25,11	63,94
SER	A.22	78,35	24,85	63,94
SER	A.23	75,42	24,33	63,94
SER	A.24	75,42	24,33	63,94
SER	A.25	79,81	25,11	63,94
SER	A.26	79,81	25,11	63,94
SER	A.27	75,42	24,33	63,94
SER	A.28	78,35	24,85	63,94
SER	A.29	79,81	25,11	63,94
SER	A.30	78,35	24,85	63,94
SER	A.31	74,42	24,33	63,94
SER	A.32	75,42	24,33	63,94
VCEM	A.33	141,26	36,09	63,94
VCEM	A.34	141,26	36,09	63,94
VCEM	A.35	140,87	36,02	63,94
VCEM	A.36	140,66	35,99	63,94
COP	A.37	141,51	36,14	63,94
COP	A.38	141,61	36,16	63,94
ILL	A.39	141,59	36,15	51,15
ILL	A.40	141,59	36,15	49,87
RISC	A.41	116,61	36,15	63,94
TA	A.42	137,25	51,15	63,94
TA	A.43	141,59	74,96	63,94

Per confronto con i benchmarks individuati, relativi all'energia, il fabbisogno energetico per riscaldamento e raffrescamento vengono sommati ed a questo valore viene aggiunto, convertito, anche quello relativo ai consumi energetici (Tab. 3.73).

Si ha pertanto:

Tab. 3.73 - Fabbisogno annuale totale di energia dell'edificio (per riscaldamento, raffrescamento e energia elettrica), per le rispettive alternative compreso lo stato di fatto e variazione (riduzione -positivo - o aumento -negativo) rispetto allo Stato di fatto (1/2)

<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>	<b>EP tot (kWh / m<sup>2</sup> a)</b>	<b>(EP SDF – EP tot) / EP SDF</b>
SDF	A.0	319,56	0,00
CVO.CP	A.01	312,22	0,02
CVO.CP	A.02	312,22	0,02
CVO.CP	A.03	312,18	0,02
CVO.CP	A.04	312,24	0,02
CVO.INT	A.05	315,44	0,01
CVO.INT	A.06	314,68	0,02
FIBR	A.07	317,28	0,01
FIBR	A.08	317,28	0,01
SER	A.09	246,74	0,23
SER	A.10	245,02	0,23
SER	A.11	241,57	0,24
SER	A.12	241,57	0,24
SER	A.13	245,02	0,23
SER	A.14	241,57	0,24
SER	A.15	239,85	0,25
SER	A.16	241,57	0,24
SER	A.17	246,74	0,23
SER	A.18	246,74	0,23
SER	A.19	241,57	0,24
SER	A.20	245,02	0,23
SER	A.21	246,74	0,23
SER	A.22	245,02	0,23
SER	A.23	241,57	0,24
SER	A.24	241,57	0,24
SER	A.25	246,74	0,23
SER	A.26	246,74	0,23

Tab. 3.73 - Fabbisogno annuale totale di energia dell'edificio (per riscaldamento, raffrescamento e energia elettrica), per le rispettive alternative compreso lo stato di fatto e riduzione (riduzione -positivo - o aumento -negativo) rispetto allo stato di fatto (2/2)

<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>	<b>EP tot (kWh / m<sup>2</sup> a)</b>	<b>(EP SDF – EP tot) / EP SDF</b>
SER	A.27	241,57	0,24
SER	A.28	245,02	0,23
SER	A.29	246,74	0,23
SER	A.30	245,02	0,23
SER	A.31	240,57	0,25
SER	A.32	241,57	0,24
VCEM	A.33	319,17	0,00
VCEM	A.34	319,17	0,00
VCEM	A.35	318,71	0,00
VCEM	A.36	318,47	0,00
COP	A.37	319,47	0,00
COP	A.38	319,59	0,00
ILL	A.39	291,19	0,09
ILL	A.40	288,35	0,10
RISC	A.41	294,58	0,08
TA	A.42	330,22	-0,03
TA	A.43	358,37	-0,12

Di seguito è riportato il set di benchmarks individuato nel precedente paragrafo (Tab. 3.67).

Tab. 3.74 - Set di benchmarks di riduzione dei consumi energetici

Rif.	Scala territoriale	Target di riduzione rispetto allo Sdf
Rif1	Area metropolitana di Milano	0,01
Rif2	Città di Milano	0,06
Rif3	Lombardia	0,10
Rif4	Lombardia	0,13
Rif5	Città di Milano	0,19
Rif6	Italia	0,24
Rif7	Europa EU-27	0,26
Rif8	Europa EU-27	0,30
Rif9	Europa EU-27	0,33
Rif10	Europa EU-27	0,33

Il seguente diagramma (Fig. 3.43) visualizza le performance delle alternative, evidenziando il confronto tra loro e con i riferimenti esterni (target di riduzione dei consumi energetici). Il diverso colore rende riconoscibili le categorie di interventi.

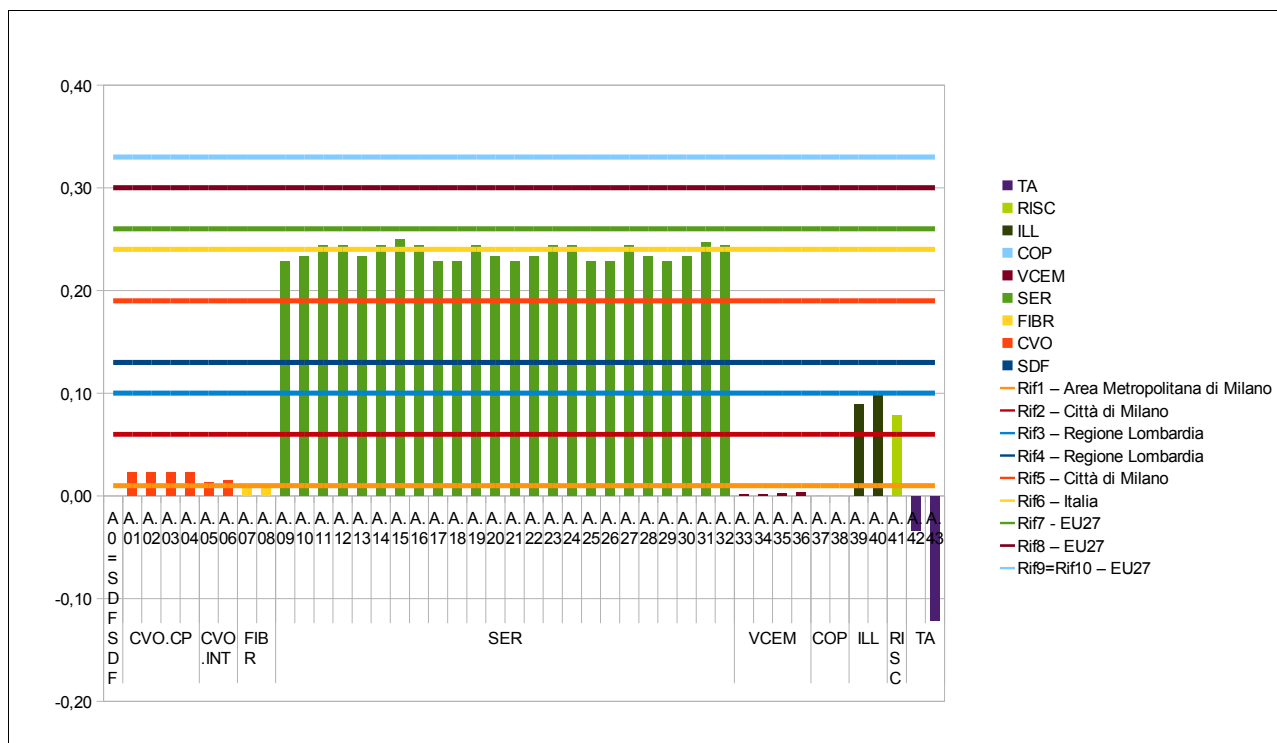


Fig. 3.43 - Confronto tra le alternative progettuali in base alle prestazioni ambientali (fabbisogno annuale di energia lungo il ciclo di vita dell'edificio) e ai target esterni

Dall'osservazione del diagramma si evidenzia innanzitutto che la maggior parte degli interventi contribuisce ad una riduzione del fabbisogno di energia rispetto allo stato di fatto, mentre altri (quelli impiantistici relativi al trattamento aria) producono invece un aumento di energia, dovuto al funzionamento degli impianti stessi.

Secondariamente, si rileva un buon livello di compatibilità del set di target esterni, la maggior parte dei quali vengono raggiunti (e superati) dalle performance di buona parte degli interventi.

Inoltre, si evidenziano i target che sono eccessivamente ambiziosi rispetto al set di interventi e che pertanto dovranno essere esclusi dalla procedura di valutazione.

Tali risultati serviranno a selezionare un set di target appropriato al sistema delle alternative e dunque al caso studio, riportato nella tabella (Tab. 3.75) e visualizzato nel grafico (Fig. 3.44), che seguono.

Tab. 3.75 - Set di target di riduzione dei consumi energetici raggiunti nel sistema delle alternative

Rif.	Scala territoriale	Target di riduzione rispetto allo Sdf
Rif1	Area metropolitana di Milano	0,01
Rif2	Città di Milano	0,06
Rif3	Lombardia	0,10
Rif4	Lombardia	0,13
Rif5	Città di Milano	0,19
Rif6	Italia	0,24

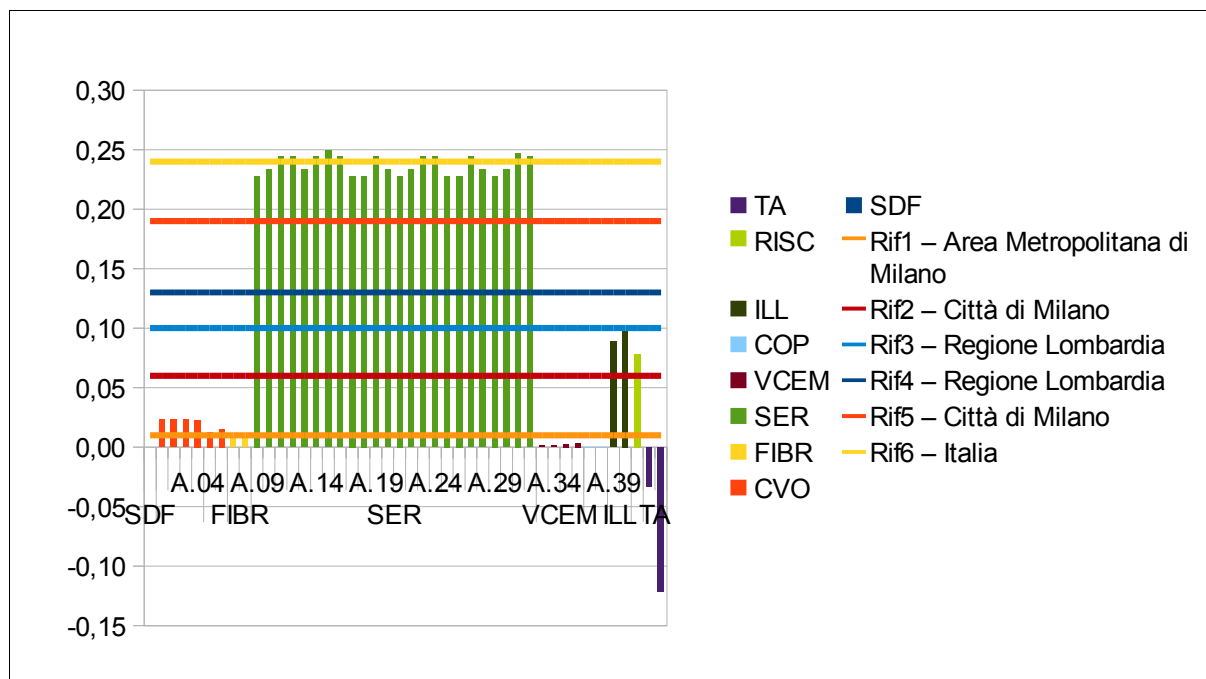


Fig. 3.44 - Alternative e target raggiunti (fabbisogno di energia)

### 3.3.9.2 Emissioni di anidride carbonica equivalente

Di seguito (Tab. 3.76) sono riportati i valori delle emissioni di anidride carbonica equivalente (kg CO<sub>2</sub> eq) emessa dalle singole alternative compreso lo stato di fatto, lungo il ciclo di vita (60 anni).

Il calcolo considera infatti i contributi delle emissioni emesse in ciascuna delle fasi:

- ▲ Produzione (estrazione, lavorazione e trasporto componenti)
- ▲ Uso (riscaldamento + raffrescamento + usi elettrici)
- ▲ Dismissione.

Il contributo dovuto alla produzione è stato considerato, oltre che per l'installazione, per ogni sostituzione durante il ciclo di vita dell'edificio, in funzione della vita utile stimata per il componente stesso.

Tab. 3.76 - Emissioni di anidride carbonica equivalente lungo il ciclo di vita per le rispettive alternative compreso lo stato di fatto (Maltese S., 2011) e riduzione (riduzione -positivo - o aumento -negativo) rispetto allo stato di fatto (1/2)

Categoria	Intervento	CO <sub>2</sub> TOT (t CO <sub>2</sub> eq)	( CO <sub>2</sub> SDF- CO <sub>2</sub> tot) / CO <sub>2</sub> SDF
SDF	A.0	38.041	0
CVO.CP	A.01	39.293	-0,033
CVO.CP	A.02	37.573	0,012
CVO.CP	A.03	39.170	-0,030
CVO.CP	A.04	39.212	-0,031
CVO.INT	A.05	37.693	0,009
CVO.INT	A.06	37.634	0,011
FIBR	A.07	37.873	0,004
FIBR	A.08	37.873	0,004
SER	A.09	31.599	0,169
SER	A.10	31.443	0,173
SER	A.11	31.139	0,181
SER	A.12	31.200	0,180
SER	A.13	31.454	0,173
SER	A.14	31.145	0,181
SER	A.15	30.994	0,185
SER	A.16	31.208	0,180
SER	A.17	31.664	0,168
SER	A.18	31.661	0,168
SER	A.19	31.204	0,180
SER	A.20	31.571	0,170

Tab. 3.76 - Emissioni di anidride carbonica equivalente lungo il ciclo di vita per le rispettive alternative compreso lo stato di fatto (Maltese S., 2011) e riduzione (riduzione -positivo - o aumento -negativo) rispetto allo stato di fatto (2/2)

<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>	<b>CO<sub>2</sub> TOT (t CO<sub>2</sub> eq)</b>	<b>(CO<sub>2</sub> SDF– CO<sub>2</sub> tot) / CO<sub>2</sub> SDF</b>
SER	A.21	31.673	0,167
SER	A.22	31.516	0,172
SER	A.23	31.213	0,179
SER	A.24	31.274	0,178
SER	A.25	31.697	0,167
SER	A.26	31.693	0,167
SER	A.27	31.236	0,179
SER	A.28	31.604	0,158
SER	A.29	31.705	0,167
SER	A.30	31.548	0,171
SER	A.31	31.245	0,179
SER	A.32	31.306	0,177
VCEM	A.33	38.007	0,001
VCEM	A.34	38.007	0,001
VCEM	A.35	37.967	0,002
VCEM	A.36	37.945	0,003
COP	A.37	38.266	-0,006
COP	A.38	38.052	0
ILL	A.39	33.408	0,122
ILL	A.40	32.945	0,134
RISC	A.41	35.443	0,068
TA	A.42	37.665	0,010
TA	A.43	38.228	-0,005

A questo punto, dalla tabella (Tab. 3.71) del precedente paragrafo, si possono ricavare 3 set di benchmarks omogenei, con i quali confrontare le alternative:

- ▲ Target per le Emissioni dirette / indirette per il Settore civile (Tab. 3.77)
- ▲ Target per le Emissioni dirette / indirette per il Sub-settore Terziario (Fig. 3.46)
- ▲ Target per le Emissioni dirette (Tab. 3.79).

Tab. 3.77 - Target per le Emissioni dirette / indirette per il Settore civile

Rif.	Scala territoriale	Target di riduzione per il Settore Civile (%)
C Rif1	Area Metr MI	0,04
C Rif2	EU 27	8,5
C Rif3	EU Ocse	13,5
C Rif4	EU Ocse	35
C Rif5	EU 27 min *	37
C Rif6	EU 27 max *	53
C Rif7	EU 27 min **	88
C Rif8	EU 27 max **	91

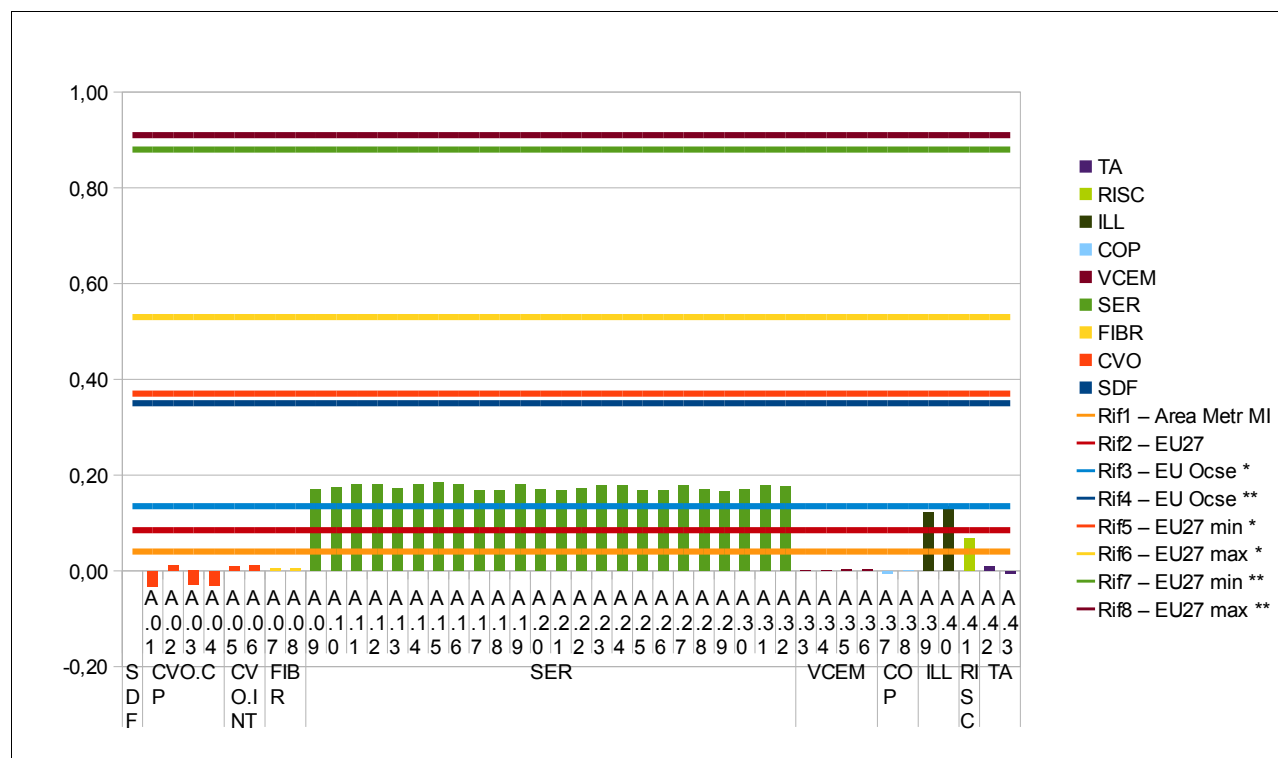


Fig. 3.45 - Confronto tra le alternative progettuali in base alle prestazioni ambientali (emissioni dirette+indirette lungo il ciclo di vita dell'edificio) e i target esterni per il Settore civile



Come si può facilmente osservare, le performance delle alternative relative agli interventi sulle chiusure verticali opache, ma anche a quelli sulle coperture, risultano essere le peggiori, aumentando invece che riducendo le emissioni. E ciò ovviamente non è dovuto alla fase d'uso, in cui contribuiscono a ridurre i consumi energetici (isolamento), ma all'apporto delle emissioni in fase di produzione, prevedendo gli interventi l'aggiunta di elementi nei sistemi di chiusura. I serramenti mostrano, al contrario, migliori performance. E ciò sia perché non aggiungono ma sostituiscono componenti, sia per le elevate prestazioni energetiche, sia per l'elevato grado di riciclabilità sia dei serramenti stessi dopo la dismissione sia dei serramenti esistenti che vanno a sostituire.

Per quanto concerne il confronto con i benchmarks esterni, a parte le alternative suddette, una certa parte soddisfa i requisiti di compatibilità. I target più ambiziosi, a livello europeo, non sono raggiunti, anche per i limiti degli interventi di manutenzione ordinaria da cui, ovviamente, non ci si aspetta che stravolgano le prestazioni dell'edificio, per quanto siano alti i livelli di miglioramento attesi.

Se poi ci si riferisce solo al Terziario, si può confrontare le performance (Fig. 3.46) con il target di riduzione delle emissioni dirette / indirette previsto dalla Regione Lombardia (T Rif1 = 0,6%).

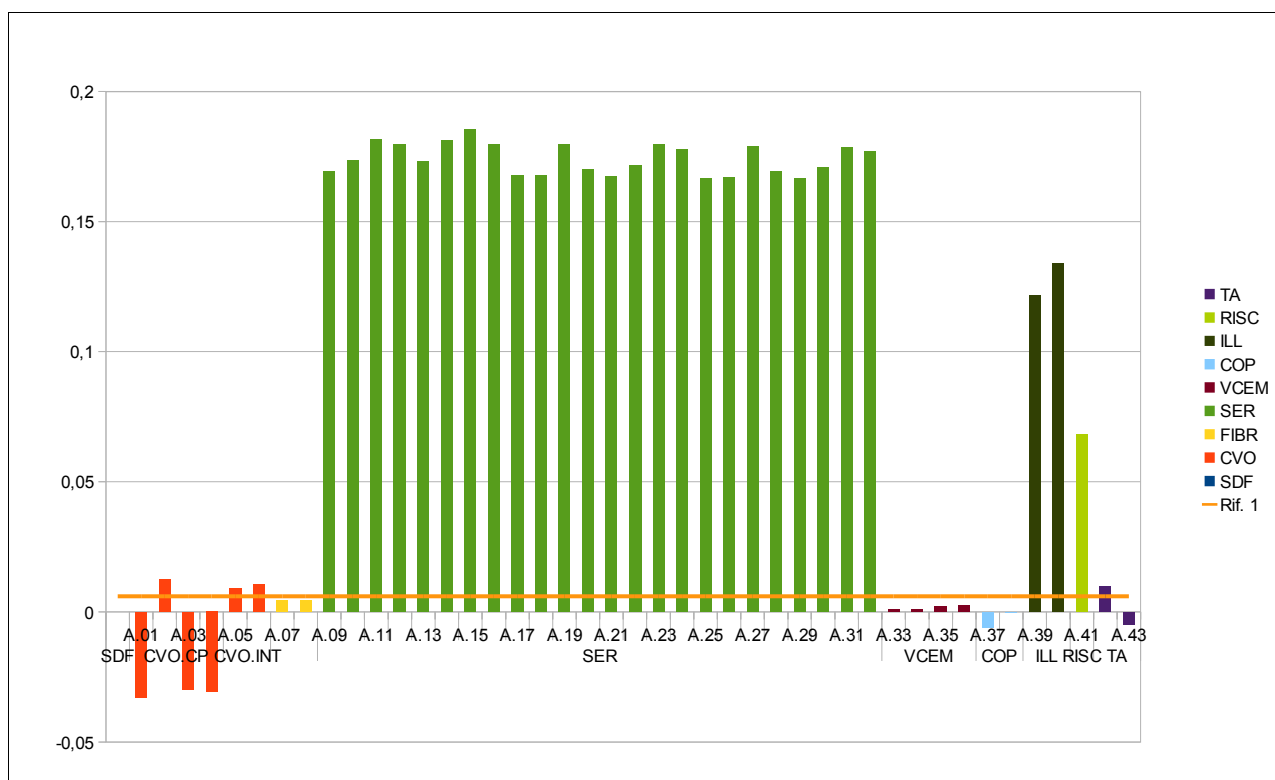


Fig. 3.46 - Confronto tra le alternative progettuali in base alle prestazioni ambientali (emissioni dirette+indirette lungo il ciclo di vita dell'edificio) e il target esterno per il settore civile, sub-settore terziario

Dall'osservazione del grafico emerge che molte delle alternative raggiungono questo target. Tra queste anche alcuni interventi impiantistici. Buona si mostra anche la risposta di interventi meno impegnativi e più puntuali, come la sostituzione dei pannelli in fibrocemento.

A questo punto, risulta che i benchmarks (emissioni dirette+indirette) raggiunti dal sistema di alternative, per il settore civile e sub-settore terziario, sono i valori riportati nella tabella che segue (Tab. 3.78). Il confronto tra le alternative e i target è visualizzato nel successivo diagramma.

Tab. 3.78 - Target (emissioni dirette+indirette) raggiunti dal sistema delle alternative

Settore / Sub-settore	Target (scala territoriale)	Rif.
Terziario	-0,6% (Lombardia)	T Rif.1
Civile	-0,04% (Area Metr)	C Rif1
Civile	-24 kg/ m <sup>2</sup> a (= -8,5% a) (EU27)	C Rif2
Civile	-13,5% (EU Ocse)	C Rif3

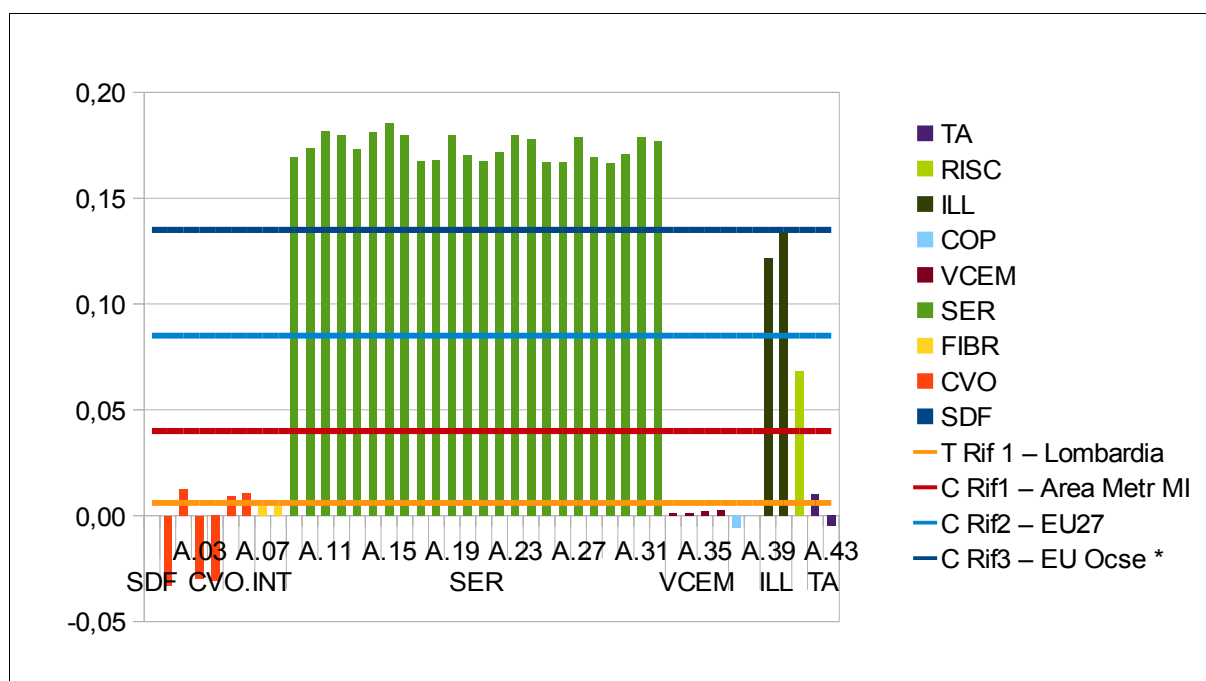


Fig. 3.47 - Alternative e target raggiunti (emissioni dirette + indirette)

Per confrontare invece le performance delle alternative in base alle emissioni dirette, si riportano di seguito i valori individuati a livello di Comune di Milano.

Tab. 3.79 - Target di riduzione delle emissioni dirette

CATEGORIA DI EMISSIONI	SETTORE	
	Tutti	Civile Terziario
Dirette	-20% MI	-1,4% MI

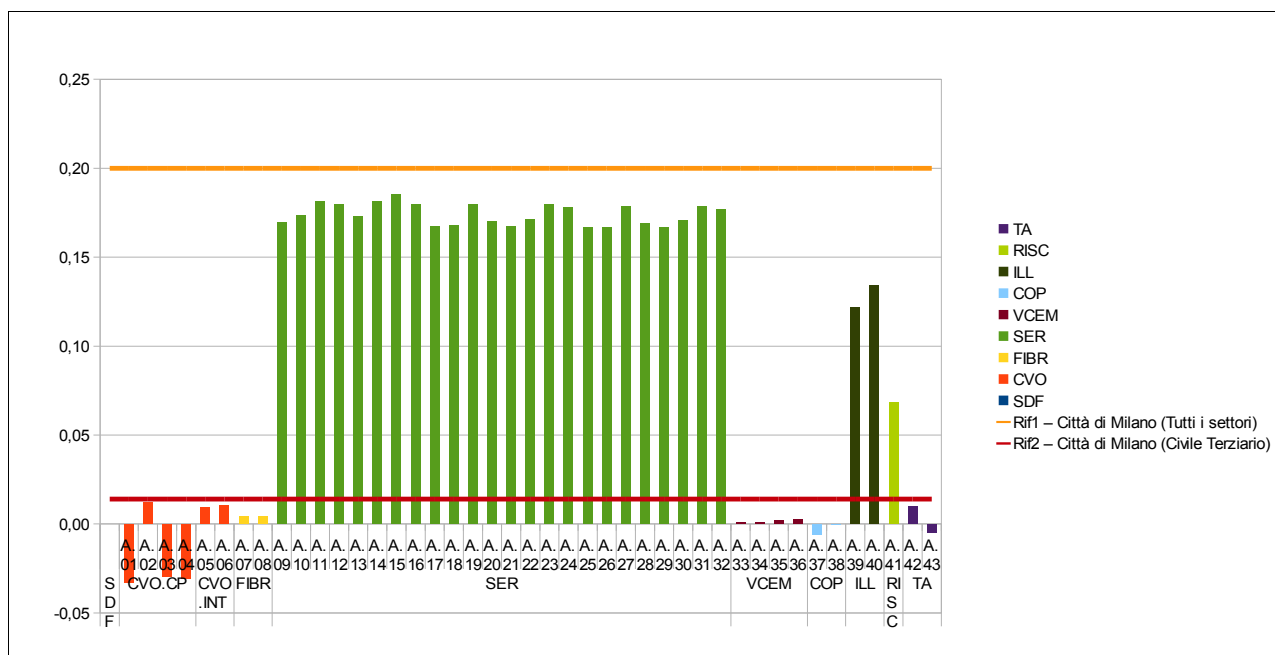


Fig. 3.48 - Confronto tra le alternative progettuali in base alle prestazioni ambientali (emissioni dirette lungo il ciclo di vita dell'edificio) e i target esterni

In questo caso, mentre il target fissato per il settore civile-terziario risulta raggiunto dalla maggior parte delle alternative, a quello stabilito per tutti i settori, molto più ambizioso, risultano avvicinarsi le alternative più competitive.

### 3.3.10 Confronto tra le alternative in base agli indicatori economici e analisi costi-benefici ambientali

#### 3.3.10.1 Obiettivo e calcolo LCC

Nel presente paragrafo vengono prese in considerazione le performance economiche delle alternative, compreso lo stato di fatto, calcolate lungo il ciclo di vita. In base a queste verranno confrontate le alternative e le relative prestazioni ambientali (fabbisogno energetico, emissioni). Il costo totale (LCC, Euro) e' dato dalla somma delle seguenti voci di costo:

- ⤴ Costo Iniziale CI
- ⤴ Costi operativi (Costo Manutenzione - CM, Costo EPh - C Eph, Costo EPc - C Epc, Costo Elettricità - CE l)
- ⤴ Costo Dismissione CD.

Il costo iniziale CI e' il costo di costruzione ed e' stato calcolato a partire dai prezzi del Comune di Milano (2011) e della Regione Lombardia (2011). Nel caso di sostituzione di componenti esistenti, sono considerati anche i costi di rimozione e smaltimento.

Il costo di manutenzione e' invece stato calcolato sulla base di banche dati e studi su interventi manutentivi e service life dei componenti, nonché di un piano di manutenzione steso per il caso studio e in linea con la politica di manutenzione del Politecnico di Milano, che tende ad intervenire per lo più a guasto avvenuto ma assicurando sicurezza e normalmente una lunga durata dei

componenti. I costi sono stati calcolati, infine, con l'aiuto di un software e di studi probabilistici. Il costo dell'energia primaria per riscaldamento è stato calcolato sul costo del gas naturale a metro cubo, tenendo conto del rendimento dell'impianto. Il costo per il raffrescamento è invece il costo dell'elettricità impiegata per il funzionamento dei gruppi frigo posizionati sul tetto dell'edificio. Il costo dell'energia elettrica è stato calcolato a partire dai consumi elettrici effettivi dell'edificio e ai prezzi delle diverse fasce tariffarie. I costi di dismissione sono stati calcolati tenendo conto della rimozione e smaltimento in discarica per i materiali non riciclabili, in base alle tecnologie e informazioni oggi disponibili. Di seguito (Tab. 3.80) sono riportati i costi parziali e totali, lungo il ciclo di vita, attualizzati.

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Tab. 3.80 - Costi parziali e totale (LCC [Euro]) per le rispettive alternative compreso lo Stato di fatto

Categoria	Intervento	Costo Iniziale CI (Euro)	Costi operativi				Costo Dismissione CD (Euro)	LCC (Euro)
			Costo Manutenzione CM (Euro)	Costo EPh C Eph (Euro)	Costo EPc C Epc (Euro)	Costo Elettricità CE I (Euro)		
SDF	A.0	0	3.002.682	2.433.234	299.687	2.955.131	0	8.690.734
CVO.CP	A.01	232.456	3.054.615	2.326.057	290.446	2.955.131	809	8.859.515
CVO.CP	A.02	227.318	3.061.199	2.326.206	290.459	2.955.131	809	8.861.122
CVO.CP	A.03	186.839	2.976.175	2.325.632	290.410	2.955.131	809	8.734.996
CVO.CP	A.04	479.206	3.432.808	2.326.467	290.482	2.955.131	809	9.484.902
CVO.INT	A.05	212.653	3.002.682	2.373.031	294.496	2.956.131	0	8.837.994
CVO.INT	A.06	155.693	3.002.682	2.361.974	293.543	2.957.131	0	8.769.024
FIBR	A.07	5.344	3.010.365	2.399.903	296.813	2.958.131	13	8.667.570
FIBR	A.08	4.504	3.012.400	2.399.905	296.813	2.959.131	13	8.668.767
SER	A.09	499.403	3.478.062	1.371.514	208.151	2.955.131	1.152	8.513.414
SER	A.10	691.864	3.468.074	1.346.385	205.984	3.102.888	1.152	8.816.347
SER	A.11	570.099	3.326.778	1.296.141	201.652	2.955.131	1.726	8.351.528
SER	A.12	593.913	3.372.968	1.296.141	201.652	2.955.131	1.726	8.421.532
SER	A.13	560.525	3.478.062	1.346.385	205.984	2.955.131	1.152	8.547.240
SER	A.14	765.210	3.468.074	1.296.141	201.652	3.102.888	1.152	8.835.116
SER	A.15	631.221	3.462.730	1.270.988	199.484	2.955.131	1.726	8.521.280
SER	A.16	655.035	3.483.457	1.296.141	201.652	2.955.131	1.726	8.593.143
SER	A.17	568.768	3.461.413	1.371.514	208.151	2.955.131	1.152	8.566.128
SER	A.18	775.101	3.480.942	1.371.514	208.151	3.102.888	1.152	8.939.748
SER	A.19	639.464	3.485.460	1.296.141	201.652	2.955.131	1.726	8.579.574
SER	A.20	663.278	3.400.643	1.346.385	205.984	2.955.131	1.726	8.573.147
SER	A.21	629.889	3.664.884	1.371.514	208.151	2.955.131	1.152	8.830.721
SER	A.22	848.447	3.698.791	1.346.385	205.984	3.102.888	1.152	9.203.647
SER	A.23	700.585	3.666.339	1.296.141	201.652	2.955.131	1.726	8.821.574
SER	A.24	724.399	3.697.855	1.296.141	201.652	2.955.131	1.726	8.876.904
SER	A.25	419.469	3.133.638	1.371.514	208.151	2.955.131	1.152	8.089.056
SER	A.26	595.943	3.161.723	1.371.514	208.151	3.102.888	1.152	8.441.371
SER	A.27	490.165	3.131.598	1.296.141	201.652	2.955.131	1.726	8.076.414
SER	A.28	513.979	3.173.876	1.346.385	205.984	2.955.131	1.726	8.197.082
SER	A.29	480.590	3.278.950	1.371.514	208.151	2.955.131	1.152	8.295.489
SER	A.30	669.288	3.313.302	1.346.385	205.984	3.102.888	1.152	8.639.000
SER	A.31	551.286	3.287.018	1.296.141	201.652	2.955.131	1.726	8.292.955
SER	A.32	575.100	3.304.711	1.296.141	201.652	2.955.131	1.726	8.334.461
VCEM	A.33	10.399	3.008.925	2.427.501	299.192	2.955.131	52	8.701.202
VCEM	A.34	21.733	3.008.925	2.427.501	299.192	2.955.131	52	8.712.576
VCEM	A.35	28.012	3.012.129	2.420.819	2.420.819	2.955.131	52	8.714.760
VCEM	A.36	31.458	3.020.280	2.417.258	298.309	2.955.131	63	8.722.501
COP	A.37	103.964	3.020.333	2.431.838	299.566	2.955.131	1.891	8.812.724
COP	A.38	20.582	3.047.006	2.433.527	299.712	2.955.131	629	8.756.587
ILL	A.39	41.960	3.028.541	2.433.234	299.687	2.511.862	0	8.315.284
ILL	A.40	101.238	3.028.541	2.433.234	299.687	2.423.208	0	8.285.907
RISC	A.41	20.090	3.002.682	2.003.939	299.687	2.955.131	0	8.281.530
TA	A.42	57.099	3.211.794	2.358.640	548.332	2.955.131	357	9.131.354
TA	A.43	155.094	3.420.906	2.433.234	621.360	2.955.131	535	9.586.261

Di seguito (Fig. 3.49, Fig. 3.50, Fig. 3.51, Fig. 3.52) la visualizzazione dei costi nelle fasi del ciclo di vita.

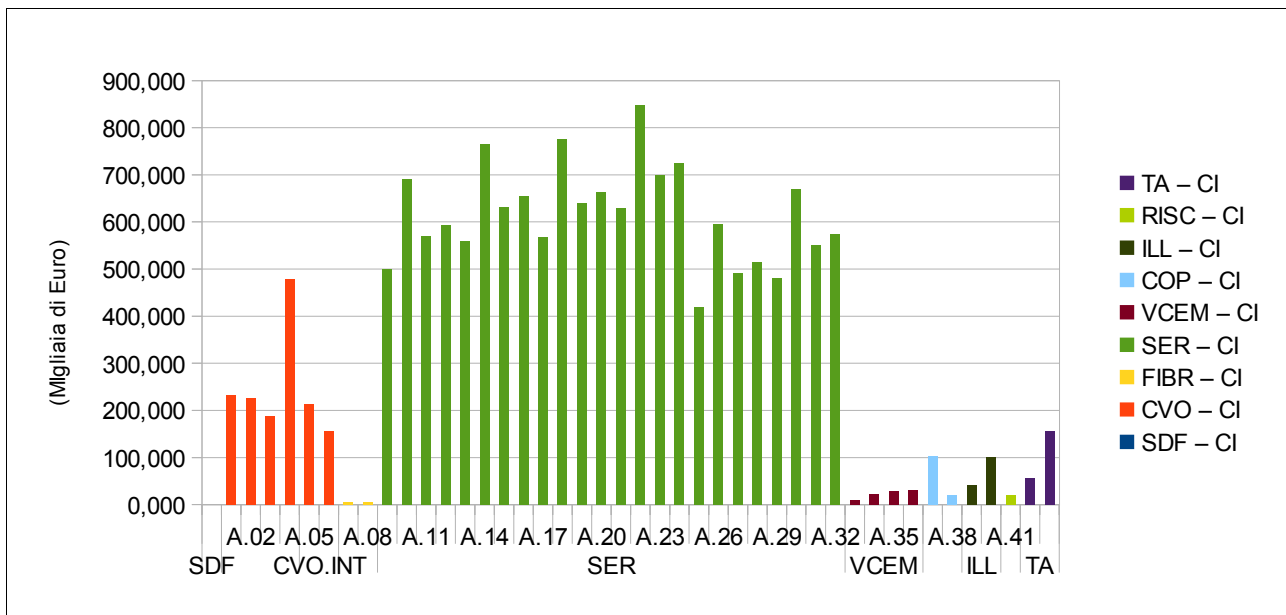


Fig. 3.49 - Confronto tra le alternative in base ai costi lungo il ciclo di vita: costi d'investimento iniziali

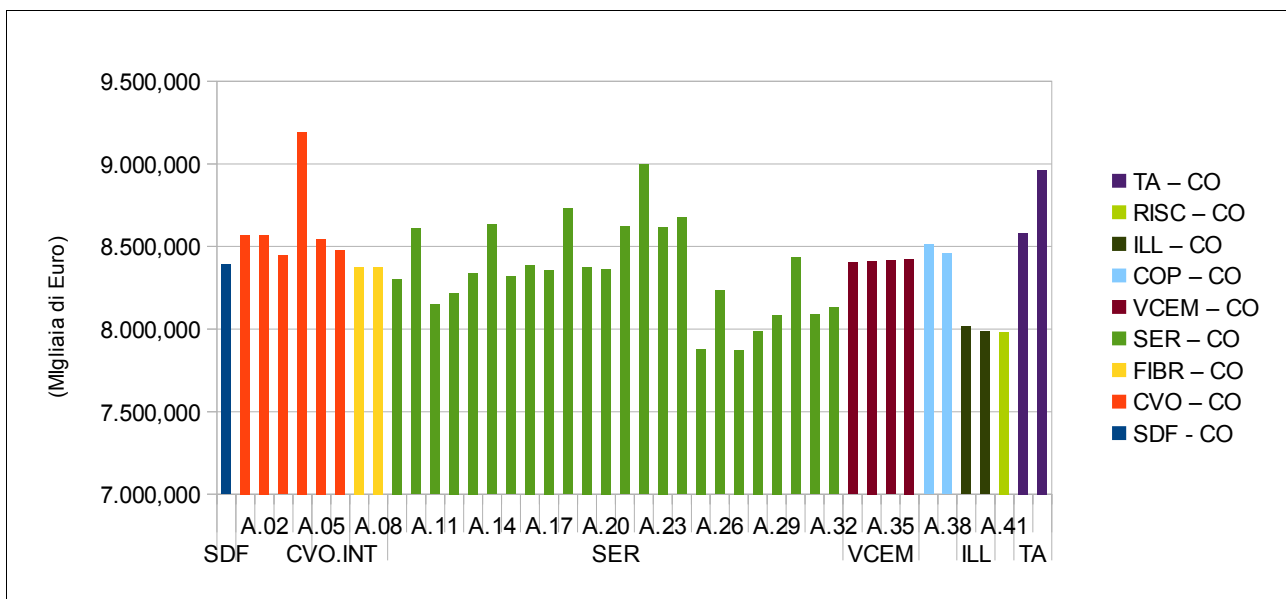


Fig. 3.50 - Confronto tra le alternative in base ai costi lungo il ciclo di vita: costi in fase d'uso

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

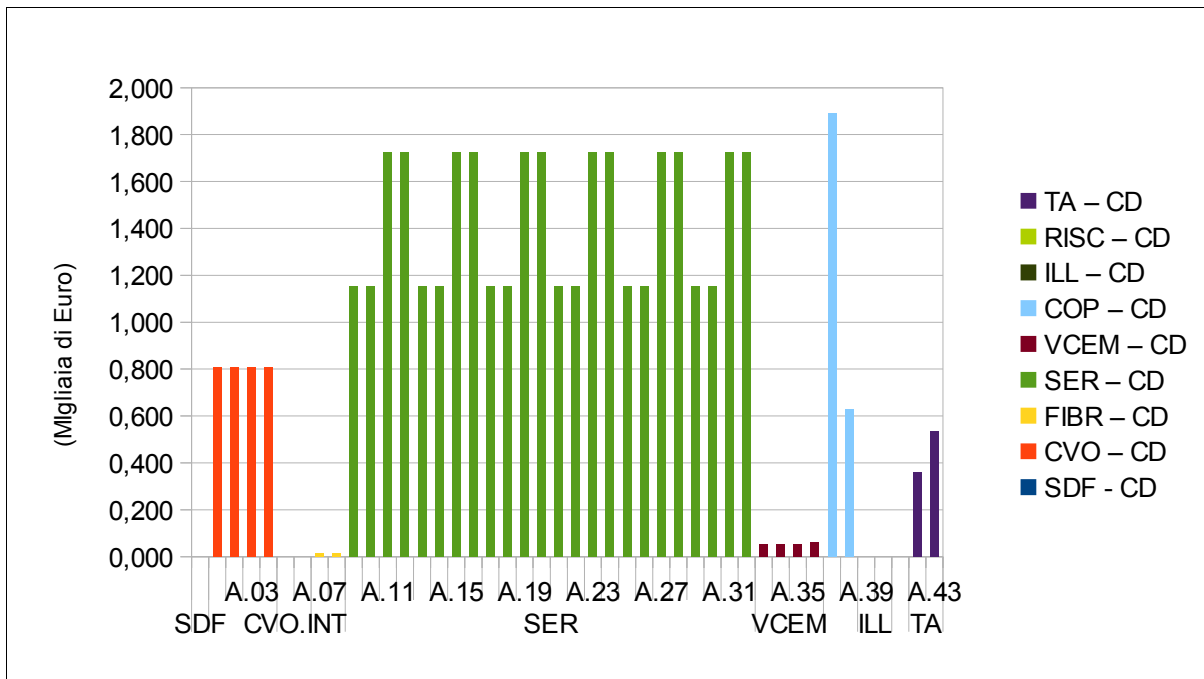


Fig. 3.51 - Confronto tra le alternative in base ai costi lungo il ciclo di vita: costi post-uso (dismissione)

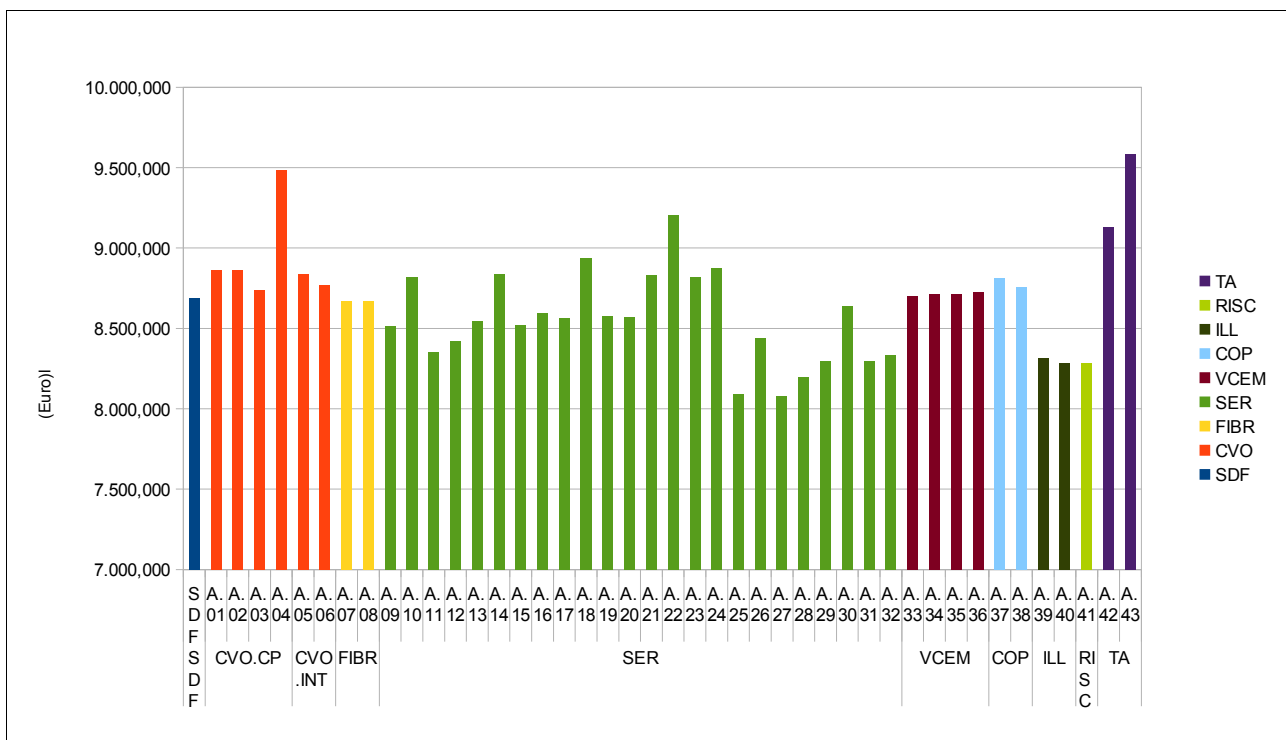


Fig. 3.52 - Confronto tra le alternative in base ai costi totali lungo il ciclo di vita (LCC)

Dalla visualizzazione delle performance economiche delle alternative lungo il ciclo di vita, gli interventi sulle chiusure verticali sia opache sia trasparenti risultano i più onerosi nella fase di investimento iniziale e nella media in fase operativa. Nella fase di dismissione, anche se dal grafico appare che i secondi interventi (sostituzione dei serramenti) risultino più onerosi nella fase di dismissione, in realtà il rapporto tra investimento iniziale e costi di dismissione è mediamente pressoché lo stesso.

Gli interventi impiantistici, dai bassi investimenti iniziali, si mostrano onerosi in fase d'uso ma alcuni come gli interventi sull'impianto di illuminazione si mostrano molto vantaggiosi in fase di dismissione, per la bassa quantità di materiali impiegati. Gli interventi in copertura risultano invece i più onerosi in fase post-uso, per l'alto livello di materiali non riciclabili. Lo stato di fatto, infine, è una delle alternative più dispendiose in fase operativa, ma anche sull'intero ciclo di vita.

Il grafico seguente (Fig. 3.53) mostra le performance economiche parziali e totali di tutte le alternative, compreso lo stato di fatto.

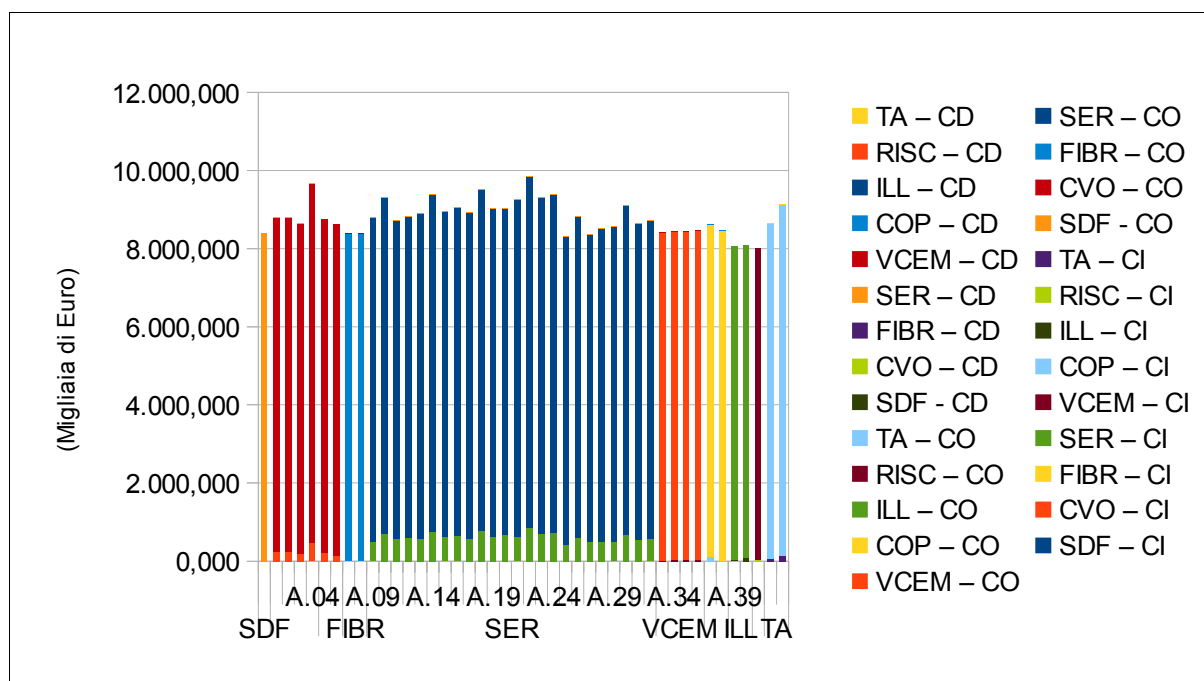


Fig. 3.53 - Confronto tra le alternative in base ai costi lungo il ciclo di vita: distribuzione dei costi nelle fasi di vita (CI - costi iniziali, CO – costi operativi, CD – costi di dismissione)

### 3.3.10.2 Alternative progettuali e costi lungo il ciclo di vita associati: confronto in base ai benefici economici

Confrontando le alternative con lo stato di fatto (Tab. 3.81), si può calcolare la variazione del costo lungo il ciclo di vita per ciascuna delle alternative.



"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Tab. 3.81 - Variazione del costo totale lungo il ciclo di vita (LCC) per le diverse alternative di intervento, sul costo dello stato di fatto (LCC SDF – LCC) / LCC SDF (variazione positiva = risparmio; variazione negativa = aumento)

Categoria	Intervento	LCC (Euro)	(LCC SDF – LCC) / LCC SDF
SDF	A.0	8.690.734	0
CVO.CP	A.01	8.859.515	-0,02
CVO.CP	A.02	8.861.122	-0,02
CVO.CP	A.03	8.734.996	-0,01
CVO.CP	A.04	9.484.902	-0,09
CVO.INT	A.05	8.837.994	-0,02
CVO.INT	A.06	8.769.024	-0,01
FIBR	A.07	8.667.570	0,00
FIBR	A.08	8.668.767	0,00
SER	A.09	8.513.414	0,02
SER	A.10	8.816.347	-0,01
SER	A.11	8.351.528	0,04
SER	A.12	8.421.532	0,03
SER	A.13	8.547.240	0,02
SER	A.14	8.835.116	-0,02
SER	A.15	8.521.280	0,02
SER	A.16	8.593.143	0,01
SER	A.17	8.566.128	0,01
SER	A.18	8.939.748	-0,03
SER	A.19	8.579.574	0,01
SER	A.20	8.573.147	0,01
SER	A.21	8.830.721	-0,02
SER	A.22	9.203.647	-0,06
SER	A.23	8.821.574	-0,02
SER	A.24	8.876.904	-0,02
SER	A.25	8.089.056	0,07
SER	A.26	8.441.371	0,03
SER	A.27	8.076.414	0,07
SER	A.28	8.197.082	0,06
SER	A.29	8.295.489	0,05
SER	A.30	8.639.000	0,01
SER	A.31	8.292.955	0,05
SER	A.32	8.334.461	0,04
VCEM	A.33	8.701.202	0,00
VCEM	A.34	8.712.576	0,00
VCEM	A.35	8.714.760	0,00
VCEM	A.36	8.722.501	0,00
COP	A.37	8.812.724	-0,01
COP	A.38	8.756.587	-0,01
ILL	A.39	8.315.284	0,04
ILL	A.40	8.285.907	0,05
RISC	A.41	8.281.530	0,05
TA	A.42	9.131.354	-0,05
TA	A.43	9.586.261	-0,10

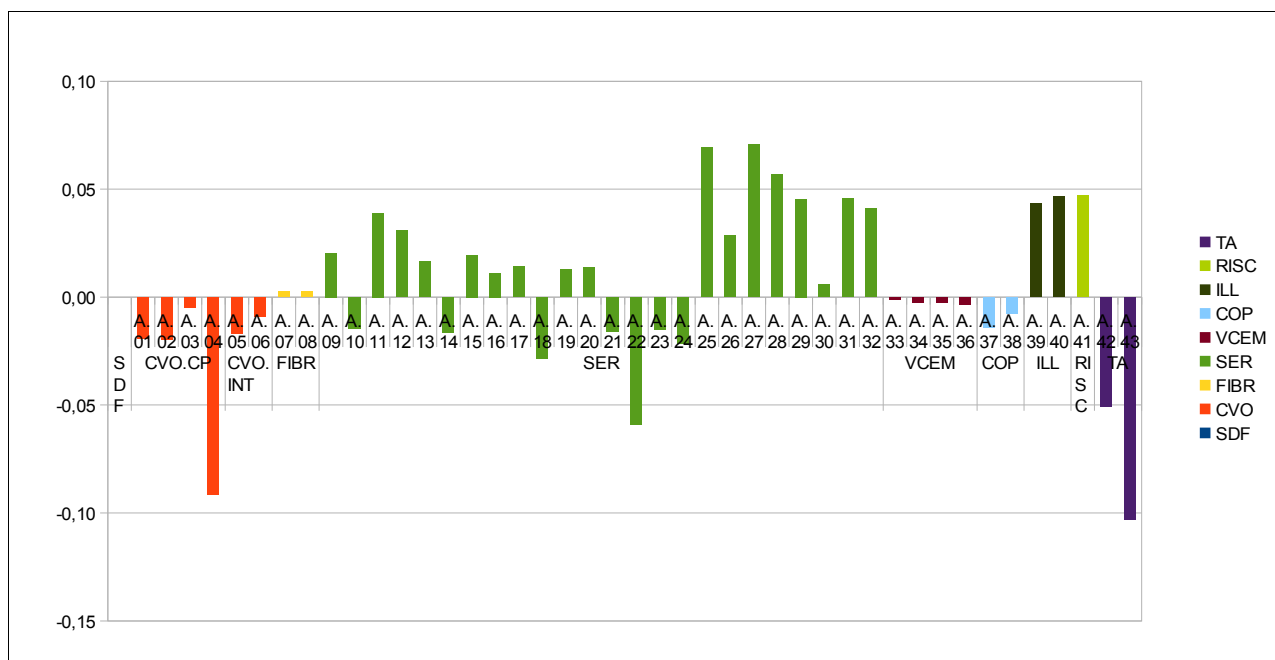


Fig. 3.54 - Variazione del costo totale lungo il ciclo di vita (LCC) per le diverse alternative di intervento, sul costo dello stato di fatto ( $LCC_{SDF} - LCC$ ) /  $LCC_{SDF}$  (variazione positiva = risparmio; variazione negativa = aumento)

Dall'osservazione del grafico emergono delle considerazioni interessanti. Innanzitutto, sia le alternative impiantistiche TA sia gli interventi sulle chiusure opache verticali e orizzontali sono quelle che presentano addirittura dei costi aggiuntivi rispetto allo stato di fatto e tra le più costose in assoluto. Ciò è dovuto non tanto ai costi iniziali quanto ai costi di smaltimento, per l'impiego di componenti e materiali non riciclabili e ai costi di manutenzione. Gli impianti di trattamento aria, si mostrano inoltre i più costosi relativamente all'energia primaria richiesta per il raffrescamento.

Anche alcuni serramenti risultano particolarmente svantaggiosi economicamente. Si tratta in particolare di serramenti costosi inizialmente, come quelli a triplo vetro e dotati di veneziana in vetrocamera, che si rivelano particolarmente costosi anche per la manutenzione.

Ovviamente, le alternative puntuali e che non migliorano significativamente l'isolamento dell'involucro, come la sostituzione dei pannelli in vetrocemento, si mostrano piuttosto svantaggiose in fase operativa.

Particolarmente vantaggiosi si mostrano invece gli interventi sul controllo dell'illuminazione che a fronte di bassi costi di installazione e dismissione riducono sensibilmente i costi elettrici lungo la vita dell'edificio.

### 3.3.10.3 Confronto tra le alternative progettuali in base alle prestazioni ambientali (energetiche) e ai relativi benefici economici

Il confronto tra benefici energetici e benefici economici evidenzia innanzitutto le alternative che hanno un miglior rapporto prestazioni / prezzo.

Si tratta di alcuni serramenti, per lo più a doppio vetro e con oscurante esterno, dunque con maggiori prestazioni sia dal punto di vista dell'energia primaria per riscaldamento sia per raffrescamento o, nel caso degli interventi impiantistici, delle alternative che riguardano miglioramento all'illuminazione, con controllo e automazione.

Anche gli interventi sull'impianto di riscaldamento mostrano, rispetto allo stato di fatto, un rapporto simile per quanto riguarda benefici energetici ed economici.

Tra gli interventi sulle chiusure opache, quasi tutti onerosi, particolarmente svantaggioso economicamente per quanto determini un certo miglioramento energetico, è quello di coibentazione delle chiusure verticali con isolamento dall'interno con vetro cellulare (A.04). Quest'ultimo si mantiene infatti nella fascia più alta di tutte le voci di costo che concorrono al calcolo del LCC. (Fig. 3.55, Fig. 3.56)

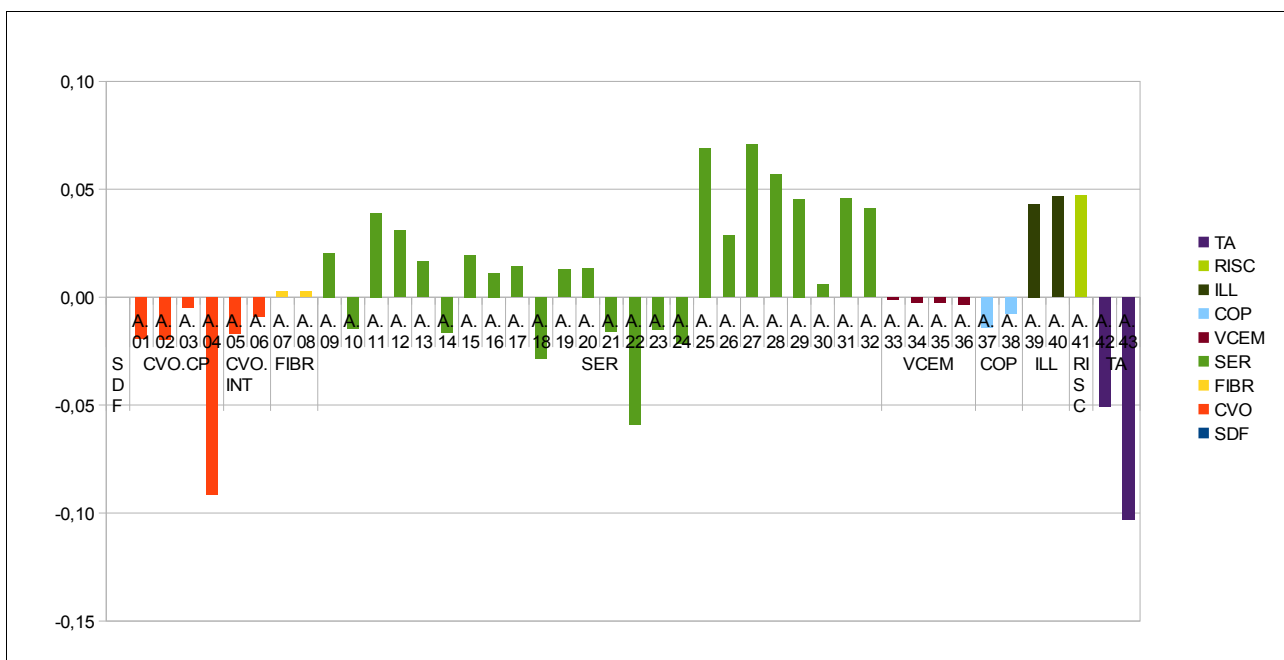
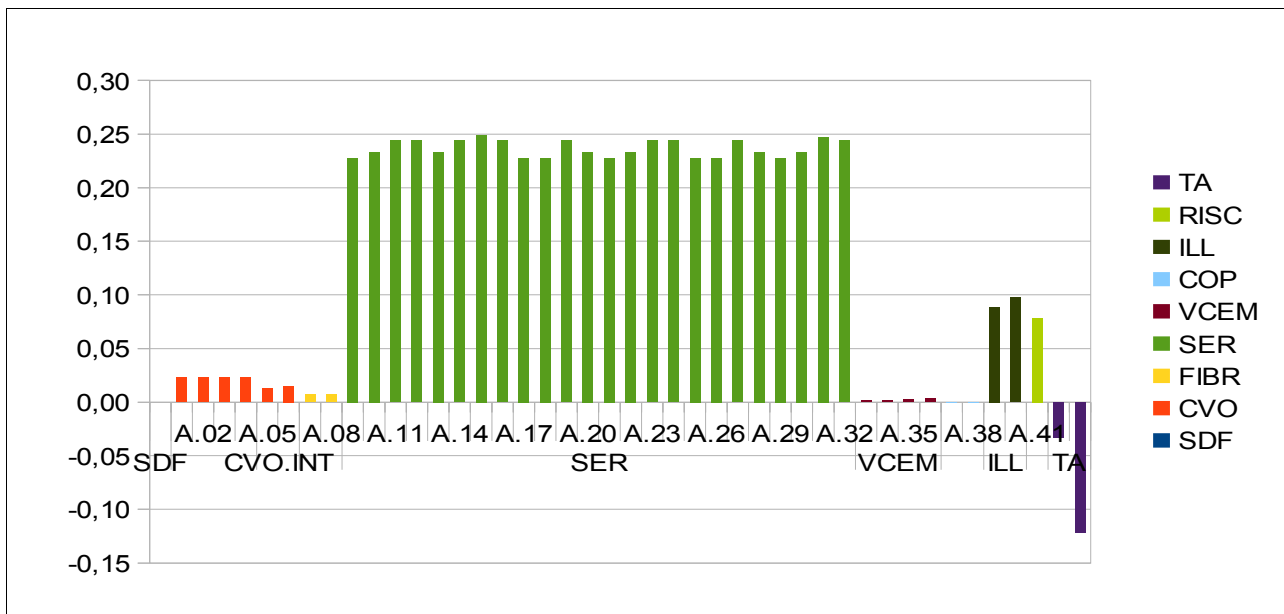


Fig. 3.55, Fig. 3.56 - Riduzione (variazione positiva) del fabbisogno energetico e riduzione (variazione positiva) del costo totale lungo il ciclo di vita (LCC) per le diverse alternative

Se poi si confrontano le performance economiche con il raggiungimento dei target energetici, si nota subito che le alternative che raggiungono solo il target più basso (interventi sulle chiusure verticali opache e sostituzione dei pannelli in fibrocemento) lo raggiungono con un LCC svantaggioso. Gli interventi sull'impianto di illuminazione e riscaldamento, che raggiungono un target più elevato, mostrano invece già dei benefici economici. Gli interventi in copertura e sui manufatti in vetrocemento, energeticamente scadenti, che non raggiungono nemmeno il minimo target, si mostrano svantaggiosi anche dal punto di vista economico. I serramenti, infine, che sono quelli che raggiungono i target di riduzione dei consumi energetici più elevati e simili tra loro, hanno performance economiche molto diversificate. (Fig. 3.57)

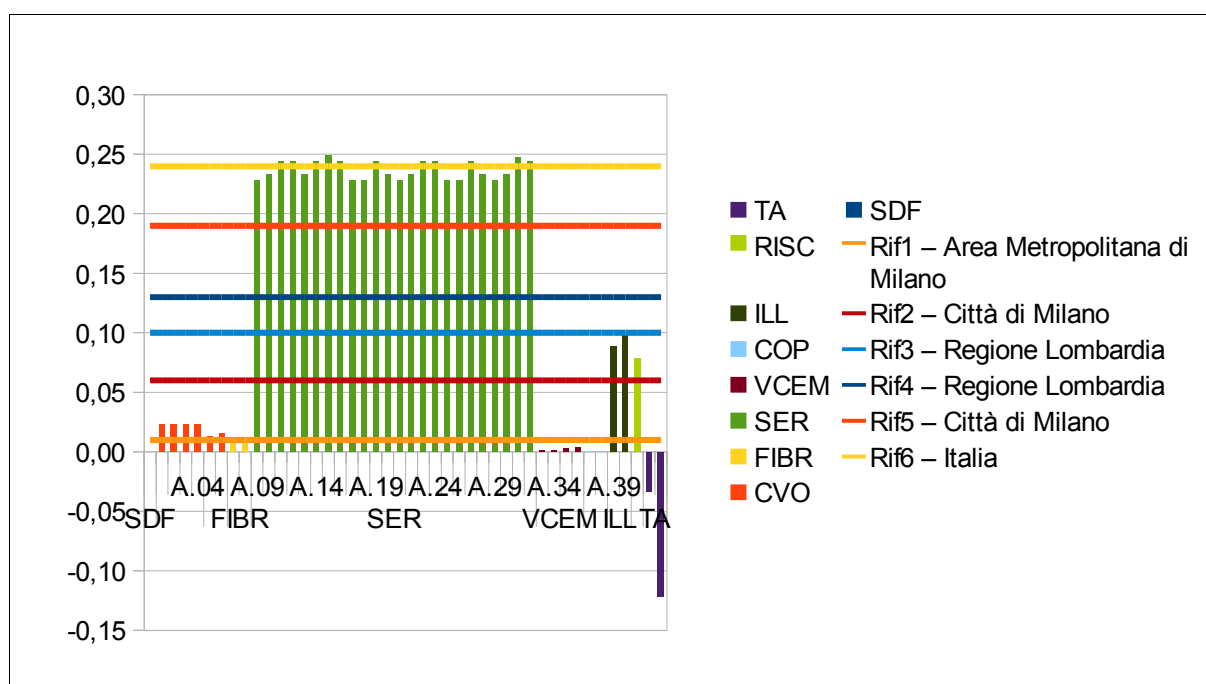


Fig. 3.57 - Alternative e target raggiunti (riduzione del fabbisogno energetico)

### 3.3.10.4 Confronto tra le alternative progettuali in base alle prestazioni ambientali (emissioni) e ai relativi benefici economici

Come già realizzato per i benefici in termini energetici, il confronto tra le variazioni in termini di emissioni e variazione dei costi lungo il ciclo di vita, in riferimento allo stato di fatto, verrà effettuato per approfondire il quadro delle performance delle alternative. (Fig. 3.58, Fig. 3.59)

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

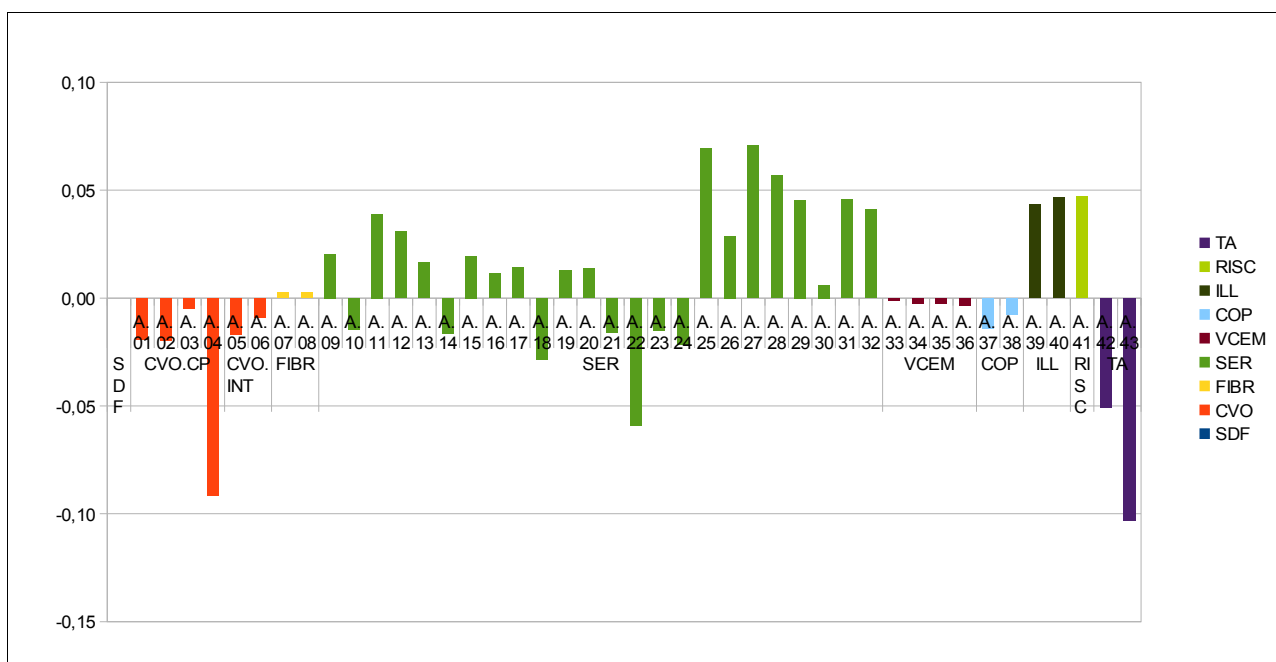
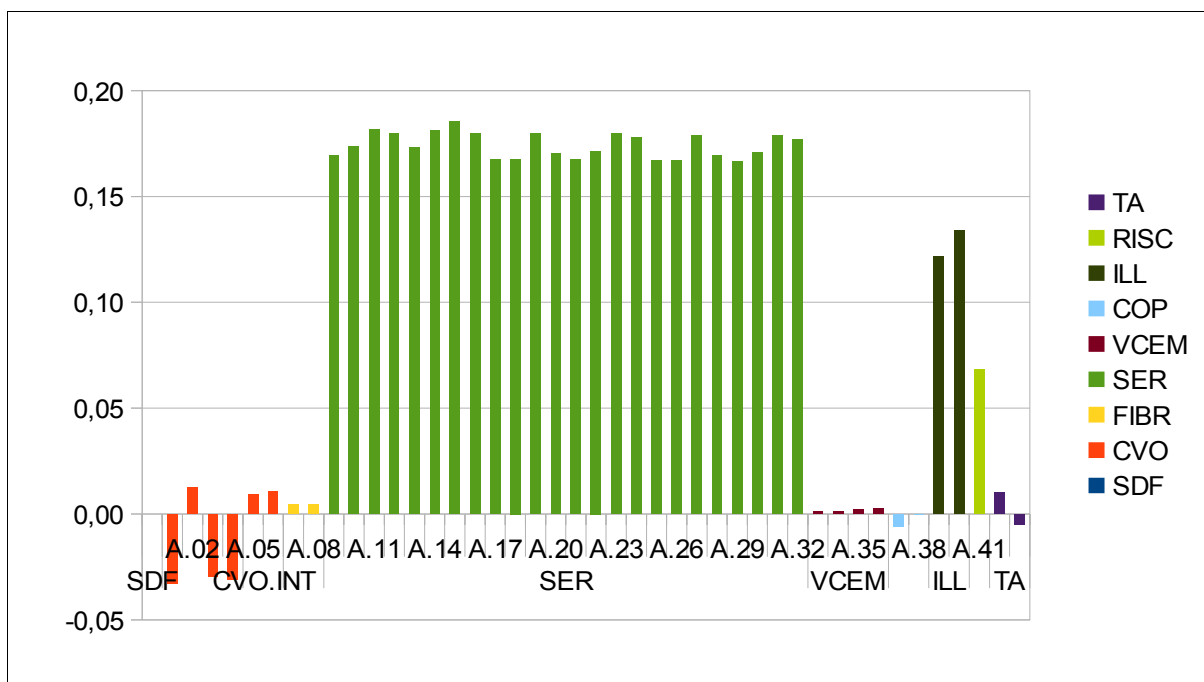


Fig. 3.58, Fig. 3.59 - Riduzione (variazione positiva) delle emissioni di anidride carbonica equivalente e riduzione (variazione positiva) del costo totale lungo il ciclo di vita (LCC) per le diverse alternative di intervento

La distribuzione delle variazioni della produzione di emissioni è simile a quella riferita all'energia primaria. Le differenze significative riguardano le performance degli interventi sulle chiusure verticali opache e di installazione di un impianto di trattamento aria.

Nella prima categoria, infatti, sono più di una le alternative che pur avendo prestazioni ambientali positive hanno prestazioni economiche negative. Nella seconda, invece, a fronte di prestazioni

decisamente negative dal punto di vista energetico, in ambito di emissioni le prestazioni diventano positive o lievemente negative, a costi indubbiamente svantaggiosi.

### 3.3.11 Indicatori specifici a scala di edificio (ambientali e sociali) e confronto tra le performance delle alternative

#### 3.3.11.1 Obiettivo

Nel presente paragrafo vengono presi in considerazione gli indicatori specifici a scala di edificio (Tab. 3.82), ambientali e sociali, di seguito elencati.

Tab. 3.82 - Indicatori specifici alla scala di edificio

Area	Indicatori		U.M.
Ambientale	Energia incorporata totale	EE	MJ / m <sup>2</sup>
Sociale	Comfort termico (scostamento dalla temperatura ideale – troppo caldo)	Ct h	gradiora hot
Sociale	Comfort termico (scostamento dalla temperatura ideale – troppo freddo)	Ct c	gradiora cold
Sociale	Comfort acustico C a	R Medio	dB
Sociale	Qualità dell'aria interna IAQ	PPD	%
Sociale	Qualità dell'illuminazione I	PsupD	%

Verranno poi confrontate le performance delle alternative, compreso lo stato di fatto, relativamente ai suddetti indicatori.

#### 3.3.11.2 Energia incorporata totale (EE)

L'energia incorporata (EE) è stata calcolata (Maltese S., 2011) come la somma delle quantità di energia necessaria per la produzione dei componenti e l'uso nell'edificio, compresa le operazioni di manutenzione e sostituzione lungo il ciclo di vita dell'edificio e fino alla dismissione. I dati relativi all'energia incorporata per unità (MJ / kg; MJ / m<sup>3</sup>) sono stati reperiti da banche dati internazionali e studi in letteratura.

Come evidenziato nella tabella seguente, in cui sono riportati i dati calcolati per ciascuna delle alternative, il valore minimo è quello relativo allo stato di fatto, che prevede contributi della sola manutenzione e sostituzione di eventuali componenti e non, come negli altri casi, la produzione di nuovi. Nella tabella (Tab. 3.83), inoltre, i valori sono confrontati con lo stato di fatto.

Tab. 3.83 - Energia incorporata (EE) lungo il ciclo di vita dell'edificio, per ciascuna alternativa compreso lo stato di fatto e differenza con lo stato di fatto (1/2)

<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>	<b>EE (MJ)</b>	<b>EE-EE SDF (MJ)</b>
SDF	A.0	10.732.650	0
CVO.CP	A.01	12.560.378	1.827.728
CVO.CP	A.02	14.503.418	3.770.768
CVO.CP	A.03	12.086.581	1.353.931
CVO.CP	A.04	14.000.916	3.268.266
CVO.INT	A.05	11.825.534	1.092.884
CVO.INT	A.06	10.930.197	197.547
FIBR	A.07	10.760.432	27.782
FIBR	A.08	10.751.646	18.996
SER	A.09	12.461.916	1.729.266
SER	A.10	12.333.584	1.600.934
SER	A.11	12.659.636	1.926.986
SER	A.12	13.905.654	3.173.004
SER	A.13	13.026.685	2.294.035
SER	A.14	12.898.353	2.165.703
SER	A.15	13.224.405	2.491.755
SER	A.16	14.470.423	3.737.773
SER	A.17	14.154.894	3.422.244
SER	A.18	14.026.562	3.293.912
SER	A.19	14.352.614	3.619.964
SER	A.20	15.598.632	4.865.982
SER	A.21	14.719.663	3.987.013
SER	A.22	14.591.331	3.858.681
SER	A.23	14.917.383	4.184.733
SER	A.24	16.163.401	5.430.751
SER	A.25	12.930.191	2.197.541
SER	A.26	12.801.858	2.069.208

Tab. 3.83 - Energia incorporata (EE) lungo il ciclo di vita dell'edificio, per ciascuna alternativa compreso lo stato di fatto e differenza con lo stato di fatto (2/2)

<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>	<b>EE (MJ)</b>	<b>EE-EE SDF (MJ)</b>
SER	A.27	13.127.910	2.395.260
SER	A.28	14.373.929	3.641.279
SER	A.29	13.494.960	2.762.310
SER	A.30	13.366.627	2.633.977
SER	A.31	13.692.679	2.960.029
SER	A.32	14.938.698	4.206.048
VCEM	A.33	10.794.785	62.135
VCEM	A.34	10.794.785	62.135
VCEM	A.35	10.794.785	62.135
VCEM	A.36	10.827.399	94.749
COP	A.37	13.030.824	2.298.174
COP	A.38	10.946.248	213.598
ILL	A.39	10.732.650	0
ILL	A.40	10.732.650	0
RISC	A.41	10.732.650	0
TA	A.42	11.278.704	546.054
TA	A.43	11.278.704	546.054

I valori più elevati sono quelli associati alle alternative che prevedono materiali a maggiore energia incorporata, tra i quali l'alluminio. Di seguito sono evidenziati i valori minimi e massimi per ciascuna categoria (Tab. 3.84).

Il grafico (Fig. 3.60) visualizza invece le performance delle alternative, come differenza con lo stato di fatto.



Tab. 3.84 - Energia incorporata (EE) lungo il ciclo di vita dell'edificio: valori minimi e massimi per ciascuna categoria delle alternative di intervento

Alternative progettuali		Energia incorporata totale EE (MJ)		
Categoria	Intervento	Min	Max	Valore unico
SDF	A.0			10.732.650
CVO.CP	A.03	12.086.581		
	A.02		14.503.418	
CVO.INT	A.06	10.930.197		
	A.05		11.825.534	
FIBR	A.08	10.751.646		
	A.07		10.760.432	
SER	A.10	12.333.584		
	A.24		16.163.401	
VCEM	A.33, A.34, A.35	10.794.785		
	A.36		10.827.399	
COP	A.38	10.946.248		
	A.37		13.030.824	
ILL	A.39, A.40			10.732.650
RISC	A.41			10.732.650
TA	A.42, A.43			11.278.704

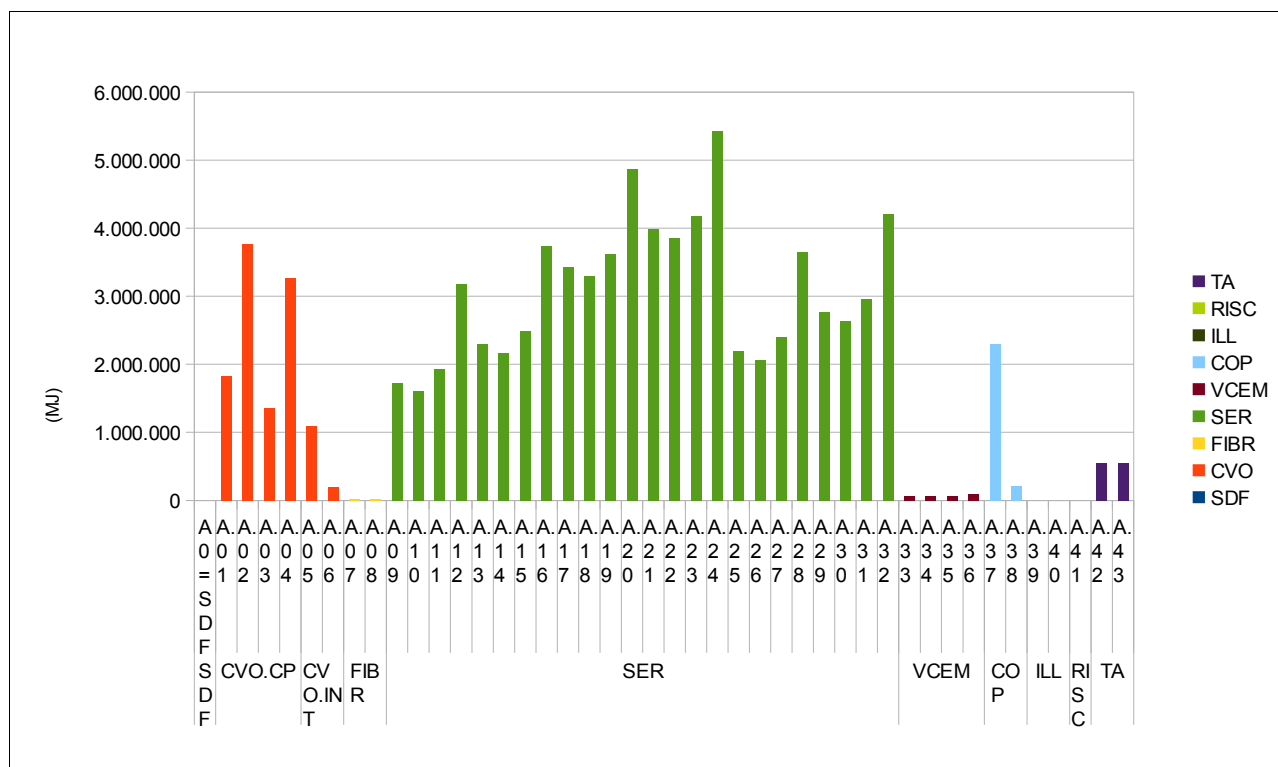


Fig. 3.60 - Confronto tra le alternative in base alla EE (Energia Incorporata [MJ]): differenza con lo Stato di Fatto

### 3.3.11.3 Comfort termico estivo (Ct h)

Il calcolo (Maltese S., 2011) del periodo di discomfort complessivo è stato effettuato attraverso la valutazione dei gradi ora (integrale della moltiplicazione del tempo in cui la temperatura limite massima o minima viene superata per il delta di temperatura), considerando una temperatura limite di 26 gradi centigradi, per tutte le aule e in tutti i mesi dell'anno, con metodo "free running" (metodo utilizzato per edifici con ventilazione naturale). Le ore di troppo caldo (gradi ora) per tutte le alternative sono riportate nella tabella seguente (Tab. 3.85).

Tab. 3.85 - Comfort termico estivo (Ct h) lungo il ciclo di vita dell'edificio: gradi ora hot per ciascuna alternativa compreso lo stato di fatto e differenza con lo stato di fatto (1/2)

Categoria	Intervento	Ct h (gradiora hot)	Riduzione gradi ora hot rispetto allo Sdf
SDF	A.0	97,147	0
CVO.CP	A.01	102,752	-5,605
CVO.CP	A.02	102,752	-5,605
CVO.CP	A.03	102,752	-5,605
CVO.CP	A.04	102,752	-5,605
CVO.INT	A.05	121,522	-24,375
CVO.INT	A.06	121,522	-24,375
FIBR	A.07	97,147	0
FIBR	A.08	97,147	0
SER	A.09	118,593	-21,446
SER	A.10	111,226	-14,079
SER	A.11	103,784	-6,637
SER	A.12	111,137	-13,99
SER	A.13	118,499	-21,352
SER	A.14	103,869	-6,722
SER	A.15	103,699	-6,552
SER	A.16	111,048	-13,901
SER	A.17	118,687	-21,54
SER	A.18	104,039	-6,892
SER	A.19	103,869	-6,722
SER	A.20	111,226	-14,079
SER	A.21	118,593	-21,446
SER	A.22	111,226	-14,079
SER	A.23	103,784	-6,637
SER	A.24	111,137	-13,99
SER	A.25	118,687	-21,54
SER	A.26	104,039	-6,892

Tab. 3.85 - Comfort termico estivo (Ct h) lungo il ciclo di vita dell'edificio: gradi ora hot per ciascuna alternativa compreso lo stato di fatto e differenza con lo stato di fatto (2/2)

Categoria	Intervento	Ct h (gradiora hot)	Riduzione gradi ora hot rispetto allo Sdf
SER	A.27	103,869	-6,722
SER	A.28	111,226	-14,079
SER	A.29	118,593	-21,446
SER	A.30	111,226	-14,079
SER	A.31	103,784	-6,637
SER	A.32	111,137	-13,99
VCEM	A.33	97,147	0
VCEM	A.34	97,147	0
VCEM	A.35	97,633	-0,486
VCEM	A.36	98,119	-0,972
COP	A.37	97,147	0
COP	A.38	97,147	0
ILL	A.39	97,147	0
ILL	A.40	97,147	0
RISC	A.41	97,147	0
TA	A.42	50,056	47,091
TA	A.43	9,663	87,484

Tab. 3.86 - Comfort termico estivo (Ct h) lungo il ciclo di vita dell'edificio: valori minimi e massimi per ciascuna categoria delle alternative di intervento

Alternative progettuali		Comfort termico Ct h (gradiora hot)		
Categoria	Intervento	Min	Max	Valore unico
SDF	A.0			97.147
CVO.CP	A.01 a A.04			102.752
CVO.INT	A.05, A.06			121.522
FIBR	A.07, A.08			97.147
SER	A.15	103.699		
	A.25		118.687	
VCEM	A.33, A.34	97.147		
	A.35		97.633	
COP	A.37, A.38			97.147
ILL	A.39, A.40			97.147
RISC	A.41			97.147
TA	A.43	9.663		
	A.42		50.056	

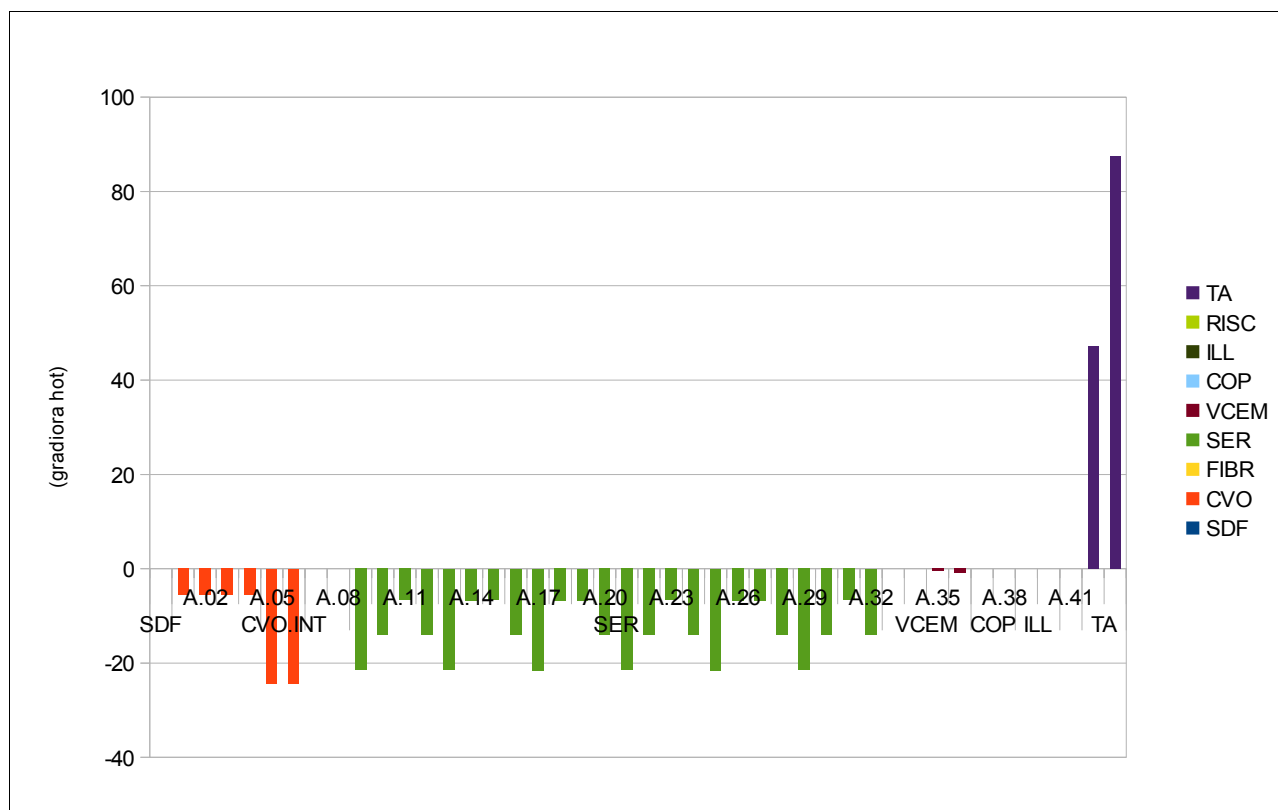


Fig. 3.61 - Confronto tra le alternative in base al comfort termico estivo (gradiora hot): differenza con lo Stato di Fatto

Come si può notare, le differenze sono tutte negative per gli interventi di coibentazione delle chiusure verticali opache, di sostituzione dei serramenti e di rifacimento dei tamponamenti in vetrocemento con blocchetti bassoemissivi, ovvero per tutti gli interventi sull'involucro che finiscono per aumentare i carichi termici interni in assenza di impianto di ventilazione controllata. Sono invece pari a zero per tutti gli altri interventi, tranne per quelli che comportano l'installazione di un impianto di ventilazione controllata, in quanto questo è l'unico che riesce ad abbattere i carichi termici interni.

### 3.3.11.4 Comfort termico invernale (Ct c)

Il calcolo dei gradi invernali (Maltese S., 2011), calcolati con la metodologia indicata in precedenza (Tab. 3.87, Tab. 3.88), consente la seguente schematizzazione (Fig. 3.62).

Tab. 3.87 - Comfort termico invernale (Ct c) lungo il ciclo di vita dell'edificio: gradi ora cold per ciascuna alternativa compreso lo stato di fatto e differenza con lo stato di fatto (1/2)

<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>	<b>Ct h (gradiora cold)</b>	<b>Riduzione gradi ora cold rispetto allo Sdf</b>
SDF	A.0	404,564	0
CVO.CP	A.01	394,409	10,155
CVO.CP	A.02	394,409	10,155
CVO.CP	A.03	394,409	10,155
CVO.CP	A.04	394,409	10,155
CVO.INT	A.05	368,871	35,693
CVO.INT	A.06	368,871	35,693
FIBR	A.07	404,564	0
FIBR	A.08	404,564	0
SER	A.09	369,447	35,117
SER	A.10	377,313	27,251
SER	A.11	385,262	19,302
SER	A.12	377,39	27,174
SER	A.13	369,523	35,041
SER	A.14	385,182	19,382
SER	A.15	385,343	19,221
SER	A.16	377,469	27,095
SER	A.17	369,371	35,193
SER	A.18	385,022	19,542
SER	A.19	385,182	19,382
SER	A.20	377,313	27,251
SER	A.21	369,447	35,117
SER	A.22	377,313	27,251
SER	A.23	385,262	19,302
SER	A.24	377,39	27,174
SER	A.25	369,371	35,193
SER	A.26	385,022	19,542

Tab. 3.87 - Comfort termico invernale (Ct c) lungo il ciclo di vita dell'edificio: gradi ora cold per ciascuna alternativa compreso lo stato di fatto e differenza con lo stato di fatto (2/2)

Categoria	Intervento	Ct h (gradiora cold)	Riduzione gradi ora cold rispetto allo Sdf
SER	A.27	385,182	19,382
SER	A.28	377,313	27,251
SER	A.29	369,447	35,117
SER	A.30	377,313	27,251
SER	A.31	385,262	19,302
SER	A.32	377,39	27,174
VCEM	A.33	404,564	0
VCEM	A.34	404,564	0
VCEM	A.35	406,586	-2,022
VCEM	A.36	408,609	-4,044
COP	A.37	404,564	0
COP	A.38	404,564	0
ILL	A.39	404,564	0
ILL	A.40	404,564	0
RISC	A.41	404,564	0
TA	A.42	404,564	0
TA	A.43	404,564	0

Tab. 3.88 - Comfort termico invernale (Ct c) lungo il ciclo di vita dell'edificio: valori minimi e massimi per ciascuna categoria delle alternative di intervento

Alternative progettuali		Comfort termico Ct c (gradiora cold)		
Categoria	Intervento	Min	Max	Valore unico
SDF	A.0			406.564
CVO.CP	A.01 a A.04			394.409
CVO.INT	A.05, A.06			368.871
FIBR	A.07, A.08			404.564
SER	A.17	369.371		
	A.15		385.343	
VCEM	A.33, A.34	404.564		
	A.36		408.609	
COP	A.37, A.38			404.564
ILL	A.39, A.40			404.564
RISC	A.41			404.564
TA	A.42, A.43			404.564

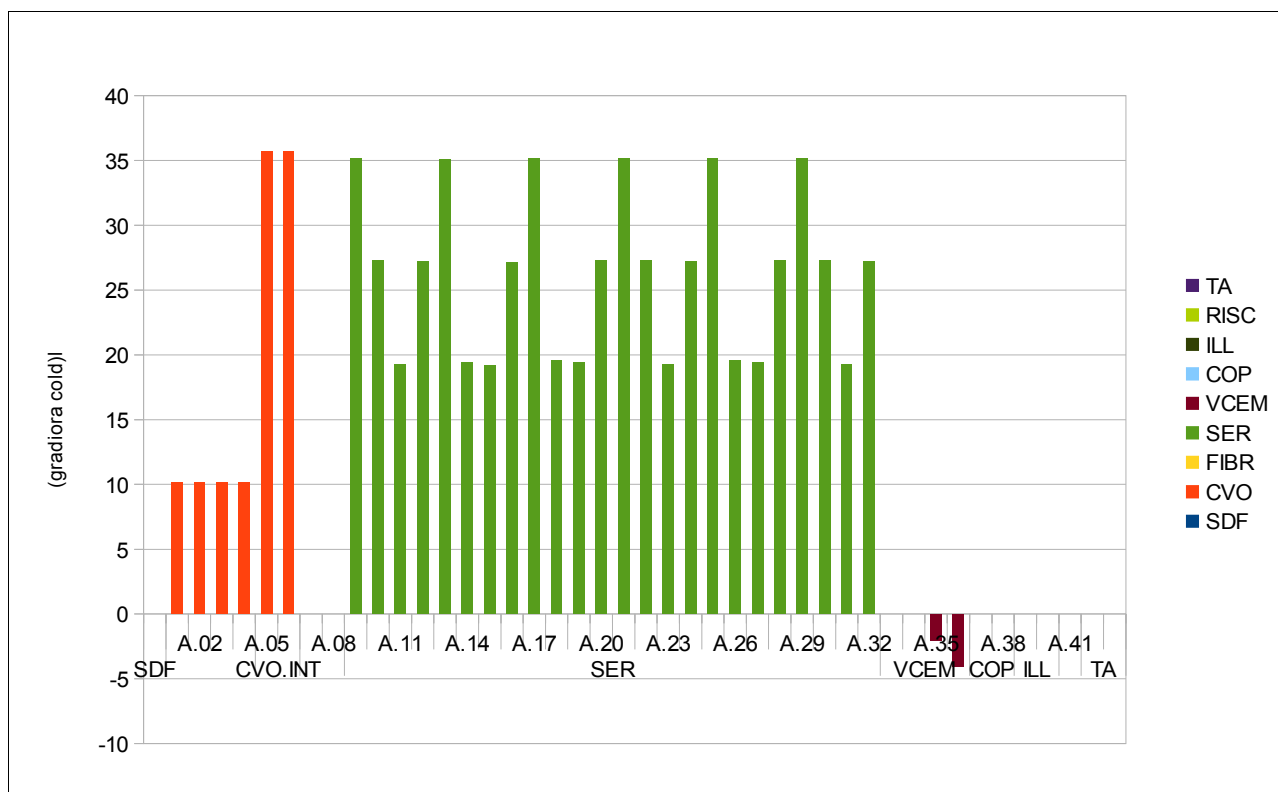


Fig. 3.62 - Confronto tra le alternative in base al comfort termico invernale (gradiora cold): differenza con lo Stato di Fatto

Nel caso del comfort termico invernale, il grafico (Fig. 3.62) mostra chiaramente il contributo vantaggioso di tutte le alternative che aumentano le prestazioni termiche delle chiusure. A differenza del comfort termico estivo, invece, gli impianti di trattamento aria non forniscono alcuna influenza. Gli interventi sui tamponamenti in vetrocemento, che non hanno coibentazione, aumentano addirittura il discomfort.

### 3.3.11.5 Comfort acustico (C a)

Il comfort acustico è stato valutato (Maltese S., 2011) attraverso il calcolo dell'isolamento medio di facciata, a partire dal potere fonoisolante e il coefficiente di trasmissione acustica (Tab. 3.89).

Tab. 3.89 - Comfort acustico (C a) lungo il ciclo di vita dell'edificio: livello di isolamento acustico medio di facciata per ciascuna alternativa compreso lo stato di fatto e differenza con lo stato di fatto (1/2)

<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>	<b>C a (R Medio [dB])</b>	<b>Aumento R Medio [dB] rispetto allo Sdf</b>
SDF	A.0	39,33	0
CVO.CP	A.01	39,33	0
CVO.CP	A.02	39,33	0
CVO.CP	A.03	39,33	0
CVO.CP	A.04	39,33	0
CVO.INT	A.05	39,33	0
CVO.INT	A.06	39,33	0
FIBR	A.07	39,33	0
FIBR	A.08	39,33	0
SER	A.09	45,21	5,88
SER	A.10	45,21	5,88
SER	A.11	45,21	5,88
SER	A.12	45,21	5,88
SER	A.13	47,36	8,03
SER	A.14	47,36	8,03
SER	A.15	47,36	8,03
SER	A.16	47,36	8,03
SER	A.17	45,21	5,88
SER	A.18	45,21	5,88
SER	A.19	45,21	5,88
SER	A.20	45,21	5,88
SER	A.21	47,36	8,03
SER	A.22	47,36	8,03
SER	A.23	47,36	8,03
SER	A.24	47,36	8,03
SER	A.25	45,21	5,88
SER	A.26	45,21	5,88



Tab. 3.89 - Comfort acustico (C a) lungo il ciclo di vita dell'edificio: livello di isolamento acustico medio di facciata per ciascuna alternativa compreso lo stato di fatto e differenza con lo stato di fatto (2/2)

<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>	<b>C a (R Medio, dB)</b>	<b>Aumento R Medio (dB) rispetto allo Sdf</b>
SER	A.27	45,21	5,88
SER	A.28	45,21	5,88
SER	A.29	47,36	8,03
SER	A.30	47,36	8,03
SER	A.31	47,36	8,03
SER	A.32	47,36	8,03
VCEM	A.33	39,33	0
VCEM	A.34	39,33	0
VCEM	A.35	39,33	0
VCEM	A.36	39,1	-0,23
COP	A.37	39,33	0
COP	A.38	39,33	0
ILL	A.39	39,33	0
ILL	A.40	39,33	0
RISC	A.41	39,33	0
TA	A.42	39,33	0
TA	A.43	39,33	0

Come si può facilmente osservare, anche con l'aiuto del grafico sottostante (Fig. 3.63), le peggiori performance si hanno per gli interventi che non prevedono la sostituzione dei serramenti, lasciando quelli esistenti con vetro singolo. La peggiore performance in assoluto è quella dell'intervento sul vetrocemento con soluzione Tim, mentre tutte le altre in questa fascia dal punto di vista acustico lasciano invariato lo stato di fatto.

Le performance migliorano sensibilmente in presenza di vetro doppio, mentre le migliori performance si raggiungono con il vetro triplo.

Tab. 3.90 - Comfort acustico (Ct a) lungo il ciclo di vita dell'edificio: valori minimi e massimi per ciascuna categoria delle alternative di intervento

Alternative progettuali		Comfort acustico C <sub>a</sub> (dB)		
Categoria	Intervento	Min	Max	Valore unico
SDF	A.0			39,33
CVO.CP	A.01 a A.04			39,33
CVO.INT	A.05, A.06			39,33
FIBR	A.07, A.08			39,33
SER	A.09, A.10, A.11, A.12, A.17, A.18, A.19, A.20, A.25, A.26, A.27, A.28	45,21		
	A.13, A.14, A.15, A.16, A.21, A.22, A.23, A.24, A.29, A.30, A.31, A.32		47,36	
VCEM	A.36	39,10		
	A.33, A.34, A.35		39,33	
COP	A.37, A.38			39,33
ILL	A.39, A.40			39,33
RISC	A.41			39,33
TA	A.42, A.43			39,33

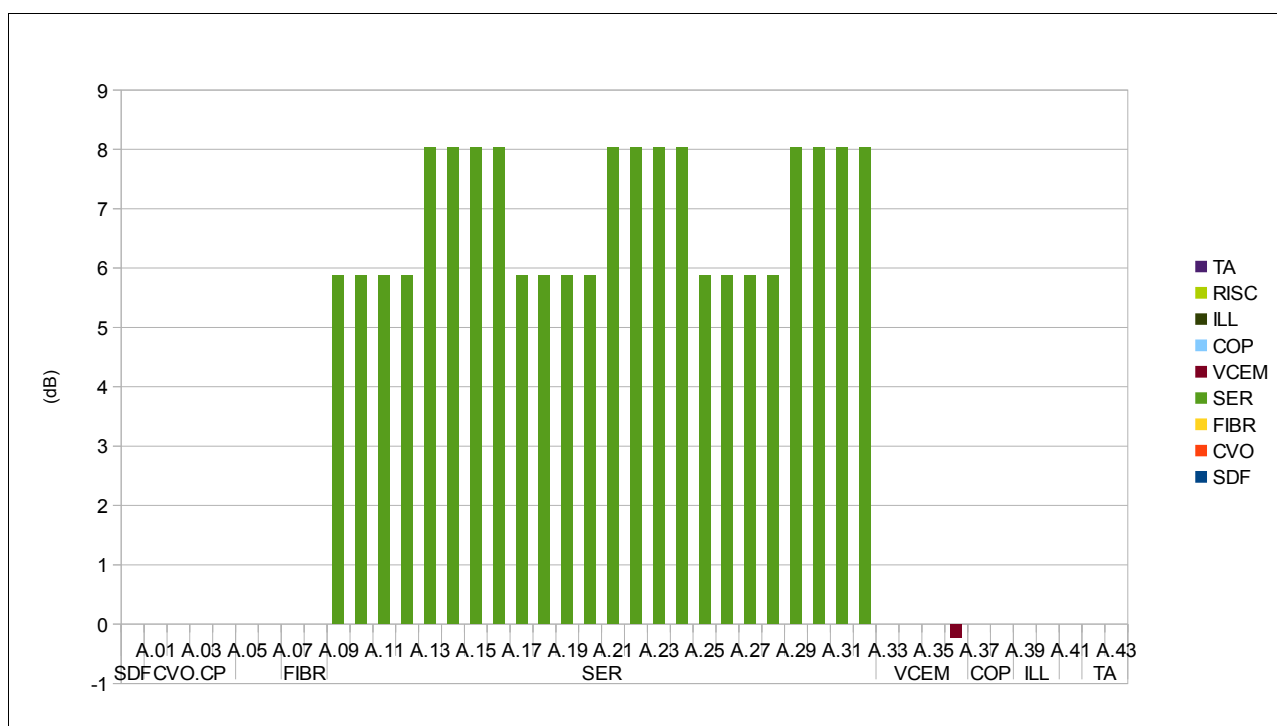


Fig. 3.63 - Confronto tra le alternative in base al comfort acustico (R medio [dB]): differenza con lo Stato di Fatto

### 3.3.11.6 Qualità dell'aria interna (IAQ)

La qualità dell'aria interna è stata valutata (Maltese, S., 2011) attraverso la PPD (%), collegata ai ricambi orari e alla portata d'aria per singola persona, secondo la norma UNI EN 15251:2008. E' stato escluso il fattore dovuto alla presenza di materiali che rilasciano inquinanti nell'aria, in quanto non compresa da nessuna delle soluzioni tecniche ipotizzate. (Tab. 3.91)

Tab. 3.91 - Qualità dell'aria interna (IAQ) lungo il ciclo di vita dell'edificio per ciascuna alternativa compreso lo stato di fatto e differenza con lo stato di fatto (1/2)

Categoria	Intervento	IAQ (PPD, %)	Riduzione IAQ rispetto allo Sdf (PPD, %)
SDF	A.0	54,9	0
CVO.CP	A.01	54,9	0
CVO.CP	A.02	54,9	0
CVO.CP	A.03	54,9	0
CVO.CP	A.04	54,9	0
CVO.INT	A.05	54,9	0
CVO.INT	A.06	54,9	0
FIBR	A.07	54,9	0
FIBR	A.08	54,9	0
SER	A.09	54,9	0
SER	A.10	54,9	0
SER	A.11	54,9	0
SER	A.12	54,9	0
SER	A.13	54,9	0
SER	A.14	54,9	0
SER	A.15	54,9	0
SER	A.16	54,9	0
SER	A.17	54,9	0
SER	A.18	54,9	0
SER	A.19	54,9	0
SER	A.20	54,9	0
SER	A.21	54,9	0
SER	A.22	54,9	0
SER	A.23	54,9	0
SER	A.24	54,9	0
SER	A.25	54,9	0
SER	A.26	54,9	0

Tab. 3.91 - Qualità dell'aria interna (IAQ) lungo il ciclo di vita dell'edificio per ciascuna alternativa compreso lo stato di fatto e differenza con lo stato di fatto (2/2)

<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>	<b>IAQ (PPD, %)</b>	<b>Riduzione IAQ rispetto allo Sdf (PPD, %)</b>
SER	A.27	54,9	0
SER	A.28	54,9	0
SER	A.29	54,9	0
SER	A.30	54,9	0
SER	A.31	54,9	0
SER	A.32	54,9	0
VCEM	A.33	54,9	0
VCEM	A.34	54,9	0
VCEM	A.35	54,9	0
VCEM	A.36	54,9	0
COP	A.37	54,9	0
COP	A.38	54,9	0
ILL	A.39	54,9	0
ILL	A.40	54,9	0
RISC	A.41	54,9	0
TA	A.42	20	34,9
TA	A.43	20	34,9

Tab. 3.92 - Qualità dell'aria interna (IAQ) lungo il ciclo di vita dell'edificio: valori (unici) per ciascuna categoria delle alternative di intervento

<b>Alternative progettuali</b>		<b>IAQ (PPD, %)</b>
<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>	<b>Valore unico</b>
SDF	A.0	54,9
CVO.CP	A.01 a A.04	54,9
CVO.INT	A.05, A.06	54,9
FIBR	A.07, A.08	54,9
SER	A.09 a A.32	54,9
VCEM	A.33 a A.36	54,9
COP	A.37, A.38	54,9
ILL	A.39, A.40	54,9
RISC	A.41	54,9
TA	A.42, A.43	20

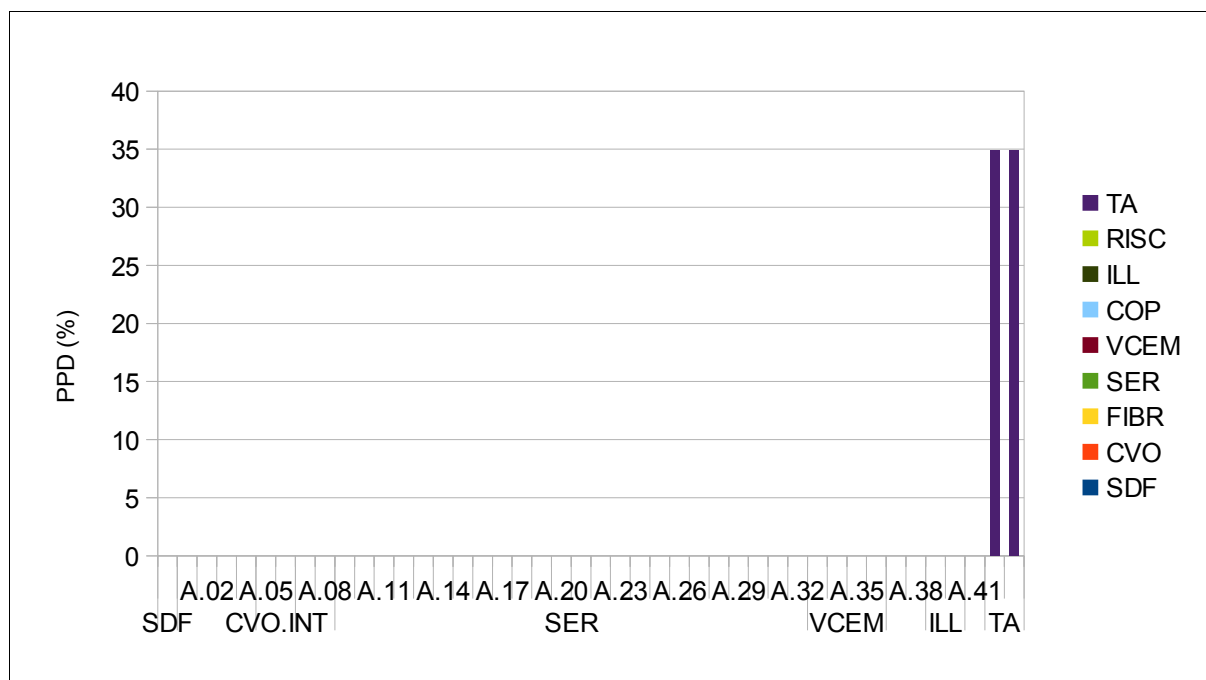


Fig. 3.64 - Confronto tra le alternative in base alla qualità dell'aria interna (IAQ) - differenza con lo Stato di Fatto (riduzione della percentuale di insoddisfatti PPD, %)

Come atteso, le uniche alternative che migliorano lo stato di fatto (Fig. 3.64) sono quelle che prevedono l'installazione di un impianto di ventilazione meccanizzata, l'unico che porta la percentuale di insoddisfatti dall'esistente 60% circa al 20%.

### 3.3.11.7 Qualità dell'illuminazione (I)

La qualità dell'illuminazione è valutata (Maltese S., 2011) calcolando il livello di illuminamento medio dell'ambiente, per il quale è stata impiegata un'aula campione (B.4.1).

La seguente tabella (Tab. 3.93) riporta i valori ottenuti per le singole alternative.

Tab. 3.93 - Qualità dell'illuminazione (I) lungo il ciclo di vita dell'edificio per ciascuna alternativa compreso lo stato di fatto e differenza con lo stato di fatto (1/2)

<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>	<b>I (PsupD) [%]</b>	<b>Riduzione I rispetto allo Sdf (PsupD) [%]</b>
SDF	A.0	30	0
CVO.CP	A.01	30	0
CVO.CP	A.02	30	0
CVO.CP	A.03	30	0
CVO.CP	A.04	30	0
CVO.INT	A.05	30	0
CVO.INT	A.06	30	0
FIBR	A.07	30	0
FIBR	A.08	30	0
SER	A.09	30	0
SER	A.10	30	0
SER	A.11	30	0
SER	A.12	30	0
SER	A.13	30	0
SER	A.14	30	0
SER	A.15	30	0
SER	A.16	30	0
SER	A.17	30	0
SER	A.18	30	0
SER	A.19	30	0
SER	A.20	30	0
SER	A.21	30	0
SER	A.22	30	0
SER	A.23	30	0
SER	A.24	30	0
SER	A.25	30	0
SER	A.26	30	0

Tab. 3.93 - Qualità dell'illuminazione (I) lungo il ciclo di vita dell'edificio per ciascuna alternativa compreso lo stato di fatto e differenza con lo stato di fatto (2/2)

<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>	<b>I (PsupD, %)</b>	<b>Riduzione I rispetto allo Sdf (PsupD, %)</b>
SER	A.27	30	0
SER	A.28	30	0
SER	A.29	30	0
SER	A.30	30	0
SER	A.31	30	0
SER	A.32	30	0
VCEM	A.33	30	0
VCEM	A.34	30	0
VCEM	A.35	30	0
VCEM	A.36	30	0
COP	A.37	30	0
COP	A.38	30	0
ILL	A.39	30	0
ILL	A.40	10	20
RISC	A.41	30	0
TA	A.42	30	0
TA	A.43	30	0

Tab. 3.94 - Qualità dell'illuminazione (I) lungo il ciclo di vita dell'edificio: valori (unici) per ciascuna categoria delle alternative di intervento

<b>Alternative progettuali</b>		<b>I (PPupD, %)</b>
<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>	<b>Valore unico</b>
SDF	A.0	30
CVO.CP	A.01 a A.04	30
CVO.INT	A.05, A.06	30
FIBR	A.07, A.08	30
SER	A.09 a A.32	30
VCEM	A.33 a A.36	30
COP	A.37, A.38	30
ILL	A.39	30
	A.40	10
RISC	A.41	30
TA	A.42, A.43	30

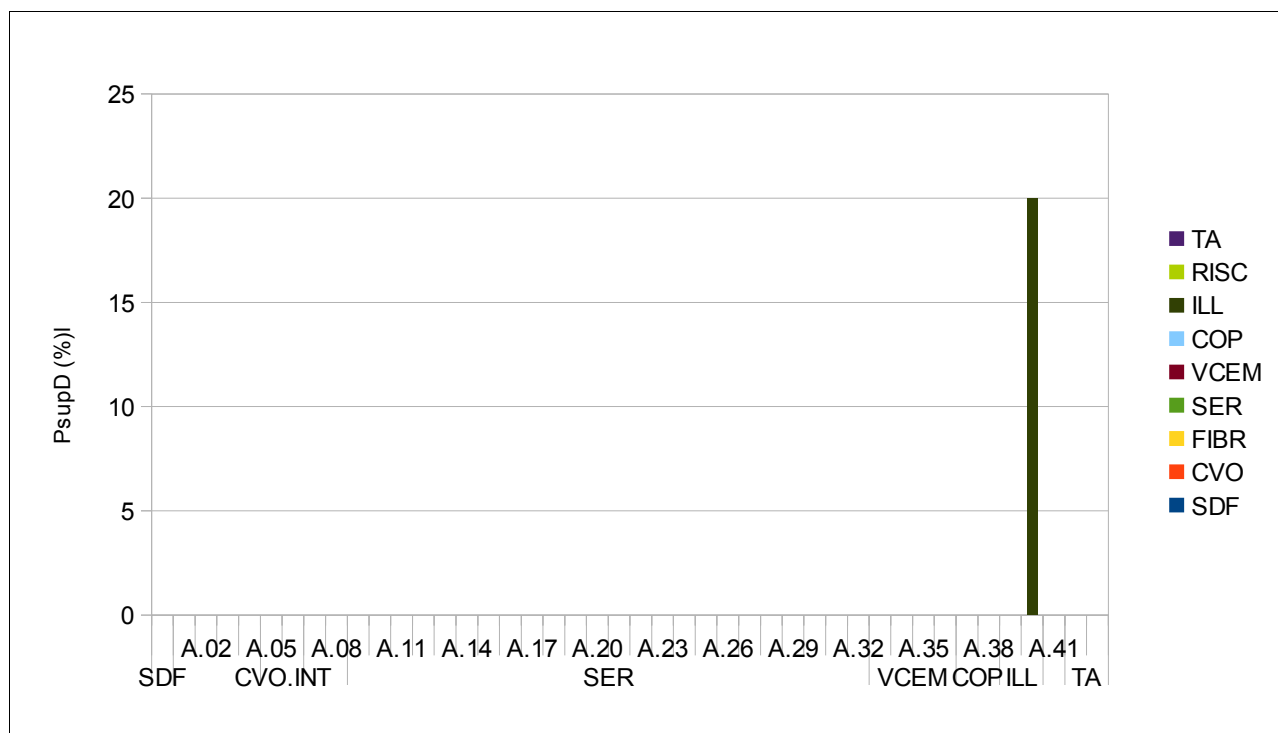


Fig. 3.65 - Confronto tra le alternative in base alla qualità dell'illuminazione - differenza con lo Stato di Fatto (riduzione di PsupD, %)

Essendo la A.40 (Fig. 3.65) l'unica alternativa efficace sulla regolazione dell'illuminazione, mediante un sistema automatico, è l'unica che migliora la condizione esistente, portando la PsupD dal 30 al 10%.

### 3.3.12 Identificazione di scenari e soglie degli indicatori multi-scala

#### 3.3.12.1 Obiettivo

Nel presente paragrafo vengono identificati *due scenari della valutazione*, collegati con l'individuazione dei benchmarks degli indicatori multi-scala. Nell'ambito di tali scenari temporali verranno poi eseguite due rispettive procedure di rating delle alternative, per la loro suddivisione in classi di merito.

#### 3.3.12.2 Identificazione degli scenari

La tabella seguente (Tab. 3.95) raccoglie e ordina tutti i target individuati e utilizzati nei precedenti paragrafi per il confronto delle performance delle alternative, sia relativamente all'uso dell'energia sia alla produzione di emissioni di anidride carbonica (riduzione). La tabella è ordinata per indicatore e valori (target) crescenti per ogni tipologia. Inoltre, mostra quali sono raggiunti da almeno una delle alternative e nell'ambito di quale categoria.



Tab. 3.95 - Confronto complessivo target ed alternative, per indicatore e categoria di target

Ind.	Rif.	Anno	Scala	Categorie alternative							
				CVO	FIBR	SER	VCEM	COP	ILL	RISC	TA
EP	E Rif1	2015	Area Metropolitana	X		X			X	X	
	E Rif2	2020	Città di Milano			X			X	X	
	E Rif3	2020	Regione Lombardia			X					
	E Rif4	2020	Regione Lombardia			X					
	E Rif5	2020	Città di Milano			X					
	E Rif6	2020	Italia			X					
	E Rif7	2020	EU27								
	E Rif8	2020	EU27								
	E Rif9 =E Rif10	2020	EU27								
	CO <sub>2</sub> dir+indir	C Rif1	2010	Area Metropolitana			X			X	X
C Rif2		2020	EU27			X			X		
C Rif3		2050	EU OCSE			X					
C Rif4		2050	EU OCSE								
C Rif5		2030	EU27								
C Rif6		2030	EU27								
C Rif7		2050	EU27								
C Rif8		2050	EU27								
T Rif1		2020	Regione Lombardia	X	X	X			X	X	X
CO <sub>2</sub> dir	D Rif1	2020	Città di Milano								
	D Rif2	2020	Città di Milano			X				X	X

Nella tabella successiva (Tab. 3.96) invece i target sono ordinati per indicatore ed anno (obiettivo temporale di riduzione).

Tab. 3.96 - Confronto target ed alternative, per indicatore ed anno (obiettivo temporale di riduzione)

Ind.	Rif.	Anno	Scala	Categorie alternative							
				CVO	FIBR	SER	VCEM	COP	ILL	RISC	TA
EP	E Rif1	2015	Area Metropolitana	X		X			X	X	
EP	E Rif2	2020	Città di Milano			X			X	X	
EP	E Rif3	2020	Regione Lombardia			X					
EP	E Rif4	2020	Regione Lombardia			X					
EP	E Rif5	2020	Città di Milano			X					
EP	E Rif6	2020	Italia			X					
EP	E Rif7	2020	EU27								
EP	E Rif8	2020	EU27								
EP	E Rif9 =E Rif10	2020	EU27								
CO <sub>2</sub> dir+indir	C Rif1	2010	Area Metropolitana			X			X	X	
CO <sub>2</sub> dir+indir	C Rif2	2020	EU27			X			X		
CO <sub>2</sub> dir+indir	C Rif3	2050	EU OCSE			X					
CO <sub>2</sub> dir+indir	T Rif1	2020	Regione Lombardia	X	X	X			X	X	X
CO <sub>2</sub> dir	D Rif1	2020	Città di Milano								
CO <sub>2</sub> dir	D Rif2	2020	Città di Milano			X				X	X
CO <sub>2</sub> dir+indir	C Rif5	2030	EU27								
CO <sub>2</sub> dir+indir	C Rif6	2030	EU27								
CO <sub>2</sub> dir+indir	C Rif7	2050	EU27								
CO <sub>2</sub> dir+indir	C Rif8	2050	EU27								
CO <sub>2</sub> dir+indir	C Rif4	2050	EU OCSE								

Successivamente (Tab. 3.97), vengono selezionate solo i target "compatibili con il sistema", ovvero che vengono raggiunti almeno da un'alternativa.

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Nel congue la tabella:

Tab. 3.97 - Confronto target ed alternative, per indicatore ed anno (obiettivo temporale di riduzione)

Ind.	Rif.	Anno	Scala	Categorie alternative							
				CVO	FIBR	SER	VCEM	COP	ILL	RISC	TA
EP	E Rif1	2015	Area Metropolitana	X		X			X	X	
EP	E Rif2	2020	Città di Milano			X			X	X	
EP	E Rif3	2020	Regione Lombardia			X					
EP	E Rif4	2020	Regione Lombardia			X					
EP	E Rif5	2020	Città di Milano			X					
EP	E Rif6	2020	Italia			X					
CO <sub>2</sub> dir+indir	C Rif1	2010	Area Metropolitana			X			X	X	
CO <sub>2</sub> dir+indir	C Rif2	2020	EU27			X			X		
CO <sub>2</sub> dir+indir	T Rif1	2020	Regione Lombardia	X	X	X			X	X	X
CO <sub>2</sub> dir	D Rif2	2020	Città di Milano			X				X	X
CO <sub>2</sub> dir+indir	C Rif3	2050	EU OCSE			X					

Dall'osservazione della tabella emerge chiaramente che gli orizzonti temporali di riduzione del fabbisogno energetico e delle emissioni di anidride carbonica sono sostanzialmente 4:

- ^ 2010
- ^ 2015
- ^ 2020
- ^ 2050.

Escludendo il 2010 e il 2015 che sono o, come nel primo caso, retroattivo, o, come nel secondo caso, eccessivamente ravvicinato rispetto alla data della valutazione, restano validi gli orizzonti 2020 e 2050, che possono essere assunti come scenari per l'applicazione del metodo di valutazione al caso studio.

Entrando nel merito dei singoli target, si ottiene la seguente tabella (Tab. 3.98):

Tab. 3.98 - Indicatori e target raggiunti nel sistema delle alternative, per gli anni 2020 e 2050 (obiettivo temporale di riduzione)

Indicatore	Rif.	Anno	Scala	Target
EP	E Rif2	2020	Città di Milano	0,06
EP	E Rif3	2020	Regione Lombardia	0,10
EP	E Rif4	2020	Regione Lombardia	0,13
EP	E Rif5	2020	Città di Milano	0,19
EP	E Rif6	2020	Italia	0,24
CO <sub>2</sub> dir+indir	C Rif2	2020	EU27	0,085
CO <sub>2</sub> dir+indir	T Rif1	2020	Regione Lombardia	0,006
CO <sub>2</sub> dir	D Rif2	2020	Città di Milano	0,014
CO <sub>2</sub> dir+indir	C Rif3	2050	EU OCSE	0,135

Distinguendo i due scenari (2020 e 2050), si ha per ciascun indicatore e in ordine crescente:

Tab. 3.99 - Indicatori e target per lo scenario 2020

Indicatore	Rif.	Anno	Scala	Target
EP	E Rif2	2020	Città di Milano	0,06
EP	E Rif3	2020	Regione Lombardia	0,10
EP	E Rif4	2020	Regione Lombardia	0,13
EP	E Rif5	2020	Città di Milano	0,19
EP	E Rif6	2020	Italia	0,24
CO <sub>2</sub> dir+indir	T Rif1	2020	Regione Lombardia	0,006
CO <sub>2</sub> dir	D Rif2	2020	Città di Milano	0,014
CO <sub>2</sub> dir+indir	C Rif2	2020	EU27	0,085

Tab. 3.100 - Indicatori e target per lo scenario 2020

Indicatore	Rif.	Anno	Scala	Target
CO <sub>2</sub> dir+indir	C Rif3	2050	EU OCSE	0,135

La selezione successiva, mirata ad individuare tra i target contenuti nelle tabelle di cui sopra un set, ottimizzato e per ciascuno degli scenari, di benchmarks da utilizzare come soglie per i profili tra le classi del sistema di rating, viene compiuta, coerentemente con lo scopo del metodo, in base ai seguenti criteri:

1. I benchmarks devono essere riferiti ad un set di target esterni.
2. I benchmarks devono essere i più appropriati per il sistema delle alternative, ponendo attenzione alla distribuzione per meglio distanziare le classi, ma consentendo anche di valorizzare le migliori performance.
3. Devono essere preferiti i target delle scale più prossime al caso studio.

Per questo motivo, con l'aiuto dei grafici del paragrafo "Confronto tra le alternative i base agli indicatori multi-scala e ai benchmarks", vengono individuati i seguenti benchmarks da assumere come soglie per i sistemi di valutazione corrispondenti rispettivamente agli scenari 2020 e 2050.

Tab. 3.101 - Indicatori e target per lo scenario 2020 (in neretto i benchmarks assunti come soglie del sistema di rating)

<b>Indicatore</b>	<b>Rif.</b>	<b>Anno</b>	<b>Scala</b>	<b>Target</b>
<b>EP</b>	<b>E Rif2</b>	<b>2020</b>	<b>Città di Milano</b>	<b>0,06</b>
EP	E Rif3	2020	Regione Lombardia	0,10
<b>EP</b>	<b>E Rif4</b>	<b>2020</b>	<b>Regione Lombardia</b>	<b>0,13</b>
EP	E Rif5	2020	Città di Milano	0,19
<b>EP</b>	<b>E Rif6</b>	<b>2020</b>	<b>Italia</b>	<b>0,24</b>
CO <sub>2</sub> dir+indir	T Rif1	2020	Regione Lombardia	0,006
<b>CO<sub>2</sub> dir</b>	<b>D Rif2</b>	<b>2020</b>	<b>Città di Milano</b>	<b>0,014</b>
<b>CO<sub>2</sub> dir+indir</b>	<b>C Rif2</b>	<b>2020</b>	<b>EU27</b>	<b>0,085</b>

Tab. 3.102 - Indicatore e target per lo scenario 2050, assunto come soglia del sistema di rating

<b>Indicatore</b>	<b>Rif.</b>	<b>Anno</b>	<b>Scala</b>	<b>Target</b>
<b>CO<sub>2</sub> dir+indir</b>	<b>C Rif3</b>	<b>2050</b>	<b>EU OCSE</b>	<b>0,135</b>

Nello specifico, per quanto concerne l'indicatore EP, il set 0,06; 0,13 e 0,24, che include target di 3 scale diverse (prossima - città, media -regione, alta - nazionale) risulta ben distribuito nell'intervallo tra le performance minima e massima e delle alternative e allo stesso tempo valorizza le performance migliori. Dunque questa combinazione, confrontata con le altre possibili che non soddisfano tutti i requisiti, si mostra quella ottimizzata al caso studio.

Relativamente all'indicatore CO<sub>2</sub>, invece, dovendone scegliere 3 per le 4 classi dello scenario 2020, mentre il secondo e il terzo (0,014 e 0,085) risultano ben distinguere i gruppi di performance, il primo (0,006), molto basso (che rischierebbe di appiattire la classifica finale verso il basso), viene escluso per lasciare la possibilità di individuarne un altro oltre 0,085, che valorizzi le performance più elevate in assoluto. Quest'ultimo viene ottenuto per calcolo, con metodo lineare, come valore intermedio, in termini di riduzione rispetto allo stato di fatto, tra la performance minima (0,167) e la massima (0,185) delle alternative migliori (da A.09 a A.32), in modo da far ricadere nella classe più elevata per l'indicatore (classe A; profilo A,B) le performance migliori in assoluto.

Per quanto riguarda lo scenario 2050, invece, l'unica soglia disponibile risulta essere 0,135 (CO<sub>2</sub>), che si mostra efficace nell'identificazione dell'unico profilo cercato, suddividendo il gruppo delle performance delle migliori dalle peggiori.

Per completare il set di soglie per il rating 2050 con quella per EP, osservando gli altri target non assunti per il 2020, essendo ragionevolmente i requisiti per gli edifici al 2050 almeno pari a quelli del 2020, si può pensare di adottare 0,19, il più ambizioso per la città di Milano, che oltre ad essere una scala prossima al caso studio, risulta efficacemente posizionato nell'arco delle performance.

In definitiva, i benchmarks che costituiranno le soglie per i sistemi di rating, rispettivamente per gli scenari 2020 e 2050 sono:

Tab. 3.103 - Soglie individuate per EP e CO<sub>2</sub> nei sistemi di rating 2020 e 2050

Indicatori	Scenario 2020			Scenario 2050
	Soglia 1	Soglia 2	Soglia 3	Soglia 1
EP (rid rispetto allo Sdf)	0,06	0,13	0,24	0,19
CO <sub>2</sub> (rid rispetto allo Sdf)	0,014	0,085	0,176	0,135

Visualizzando le soglie nei grafici delle rispettive performance si hanno le seguenti rappresentazioni:

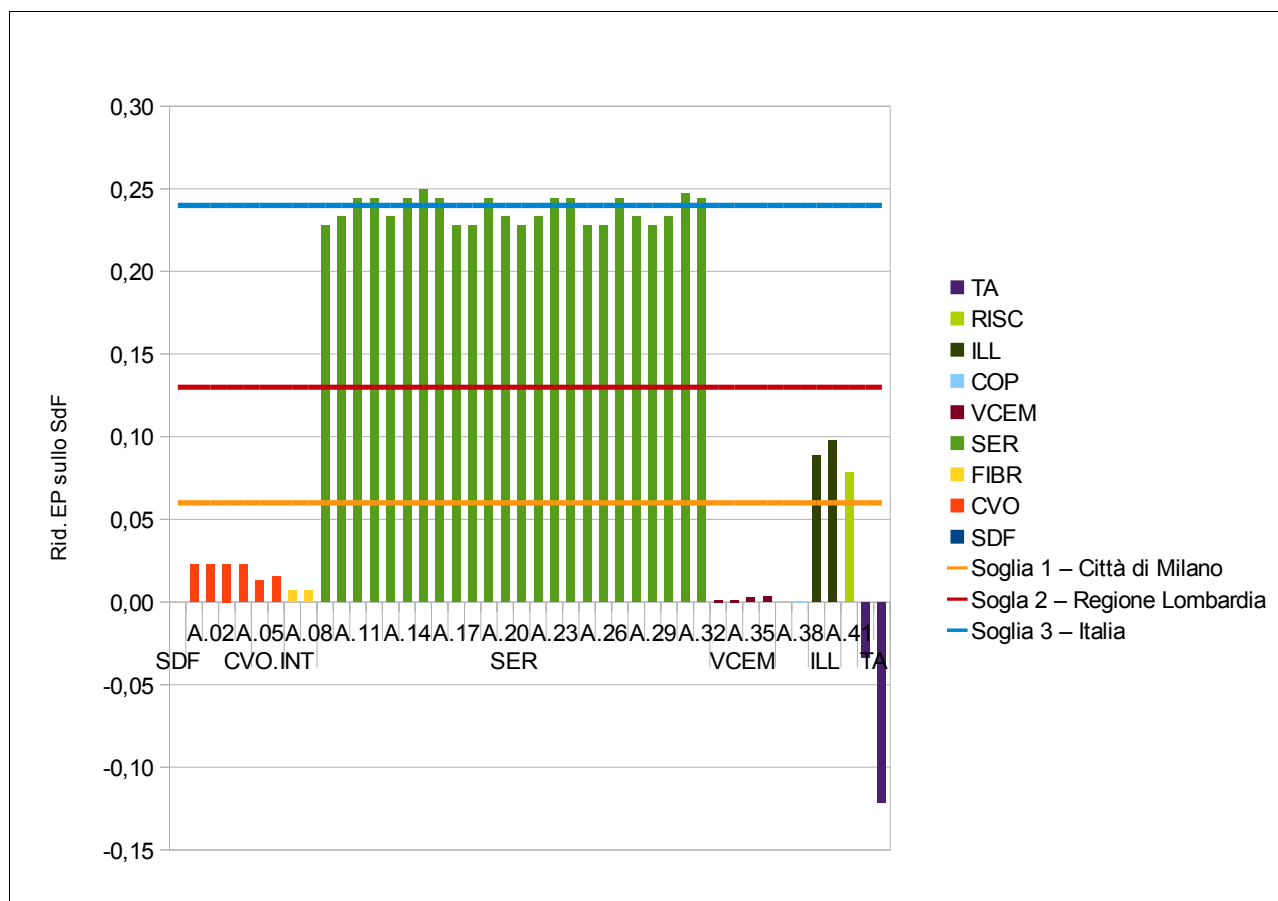


Fig. 3.66 - Rappresentazione delle performance di riduzione di EP per le alternative e delle soglie per il rating dello scenario 2020

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

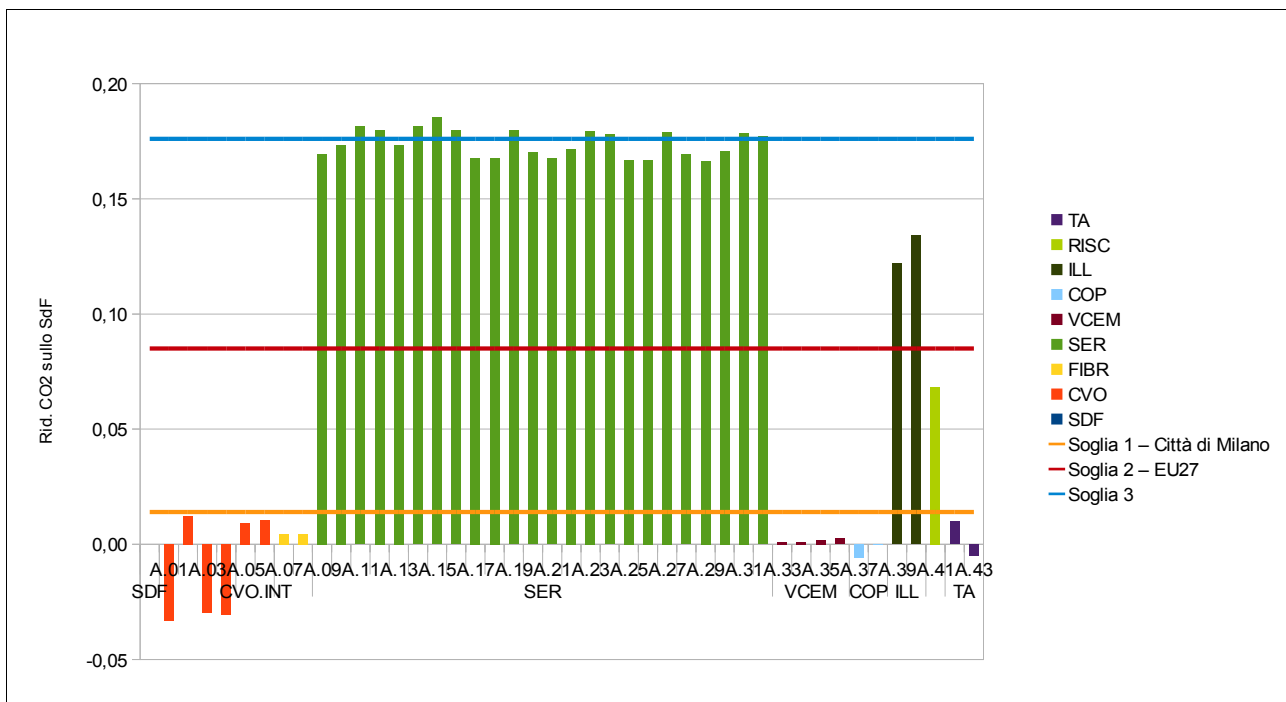


Fig. 3.67 - Rappresentazione delle performance di riduzione di CO<sub>2</sub> per le alternative e delle soglie per il rating dello scenario 2020

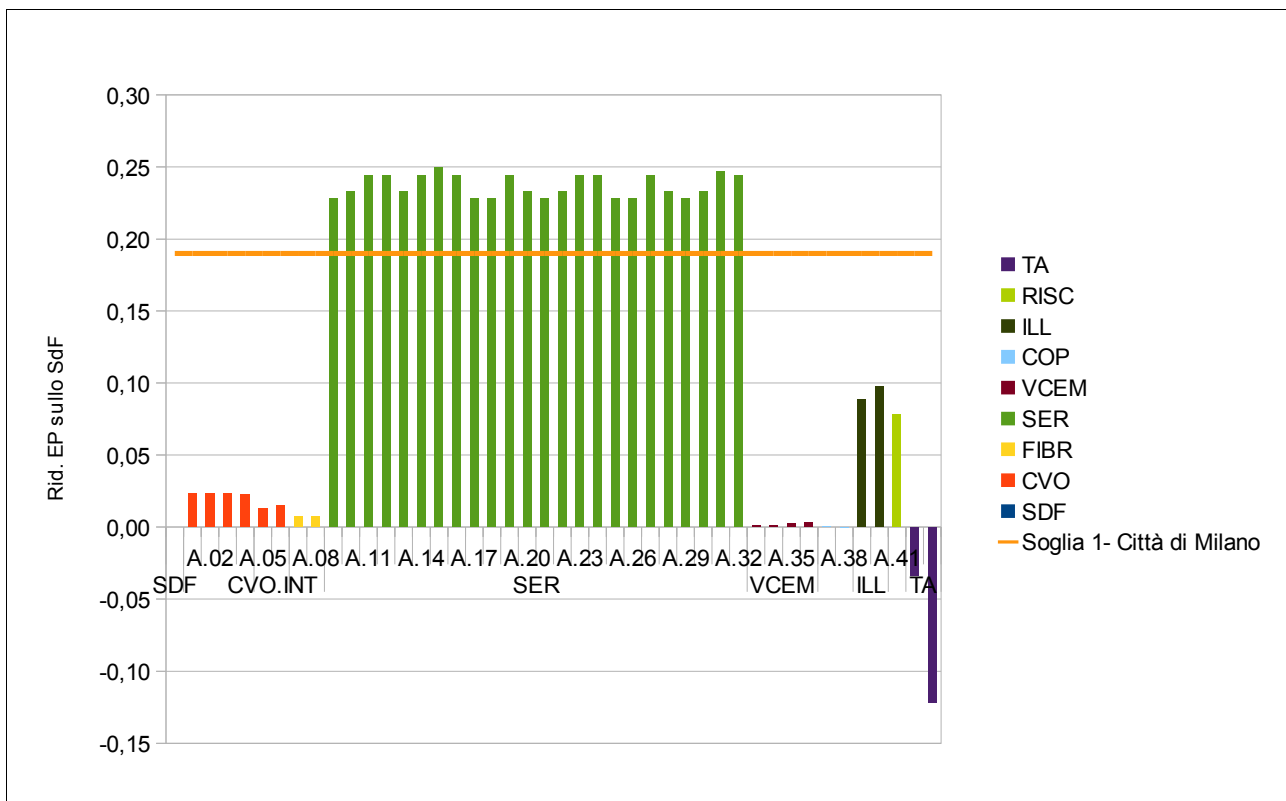


Fig. 3.68 - Rappresentazione delle performance di riduzione di EP per le alternative e delle soglie per il rating dello scenario 2050

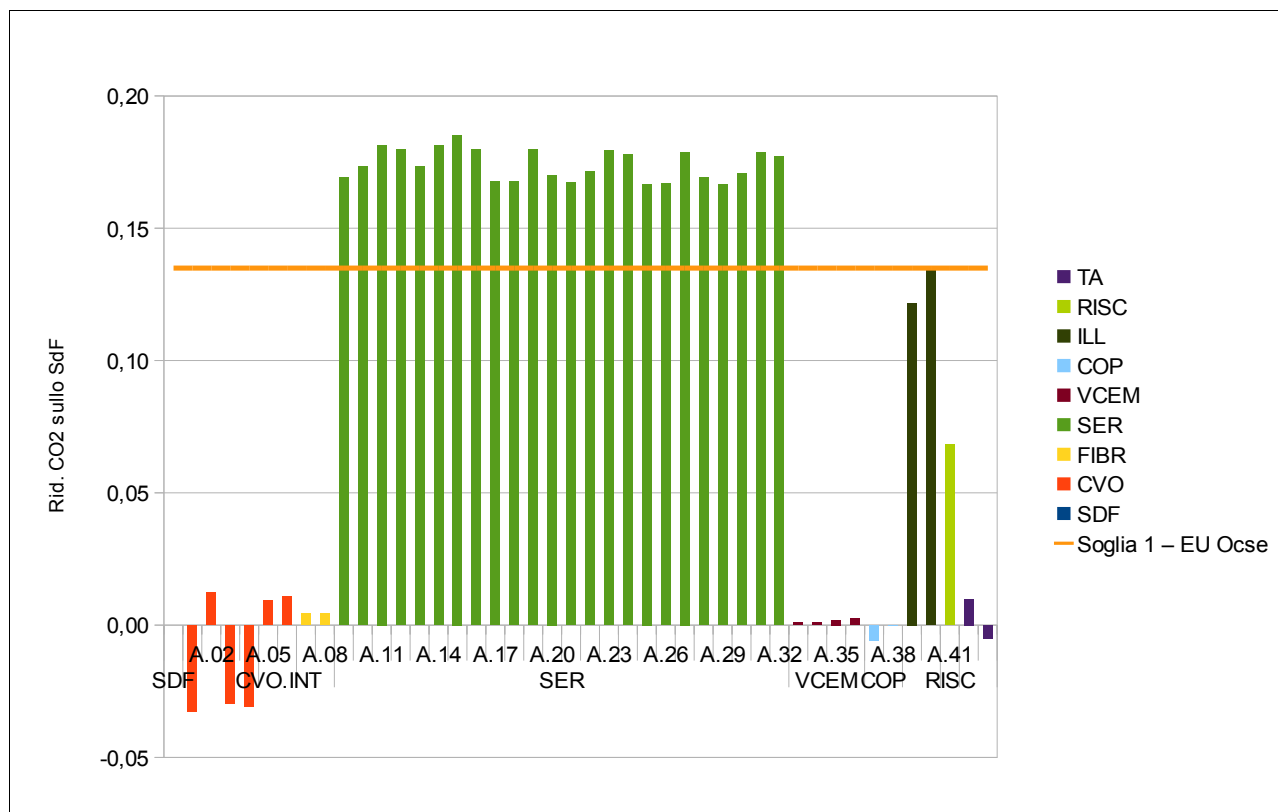


Fig. 3.69 - Rappresentazione delle performance di riduzione di CO<sub>2</sub> per le alternative e delle soglie per il rating dello scenario 2050

### 3.3.13 Soglie per gli altri indicatori (ambientali, sociali, economici)

#### 3.3.13.1 Obiettivo

Nel presente paragrafo vengono individuate le soglie degli indicatori:

EE - Energia incorporata totale

Ct h - Comfort termico (troppo caldo)

Ct c - Comfort termico (troppo caldo)

C a - Comfort acustico

IAQ - Qualità dell'aria interna

I - Qualità dell'illuminazione

CI - Costi iniziali

CO - Costi operativi

CD - Costi di dismissione

Tali soglie, insieme alle soglie precedentemente individuate per gli indicatori multi-scala, identificheranno i profili che distinguono le classi del sistema di rating.



### 3.3.13.2 Procedura impiegata

La procedura per l'individuazione delle soglie per i sistemi di rating relativi ai due scenari è basata sulle seguenti assunzioni:

- ^ tutte le alternative sono state progettate a norma delle leggi vigenti e nel rispetto della normativa tecnica di riferimento
- ^ tutte le alternative sono migliorative dell'esistente in quanto sono progettate per migliorare il livello di sostenibilità complessivo dell'edificio, nei limiti imposti dai vincoli tecnologici, architettonici e storici gravanti sull'edificio
- ^ tutte le alternative seguono gli standard e impiegano le tecnologie e i materiali appartenenti ai più avanzati nella disponibilità del mercato
- ^ nei limiti imposti dai vincoli gravanti sull'edificio possono pertanto ritenersi delle "best / good practices"

Per i motivi precedenti, a tutte le alternative viene infatti applicata la procedura di rating, pur, in taluni casi, non potendosi stabilire una presunta sostenibilità rispetto a uno o più indicatori. Come già in precedenza menzionato, alcune alternative, infatti, pur essendo anche notevolmente performanti per alcuni criteri, risultano carenti per altri, non migliorandone le prestazioni rispetto allo stato di fatto o addirittura peggiorandole. E' il caso infatti dei serramenti e di tutti gli altri interventi di coibentazione, che pur migliorando il comfort invernale, finiscono per peggiorare il dis-comfort estivo, per l'aumento dei carichi termici.

Il caso dell'energia incorporata, come quello dei costi di investimento, è poi emblematico: per tutte le alternative la differenza con lo stato di fatto è sempre negativa e ciò è dovuto allo svantaggio iniziale di tutte le alternative rispetto all'esistente in quanto è inevitabile che ogni apporto di nuovo componente comporti un'energia incorporata nel materiale stesso. Così come è inevitabile che ogni nuovo intervento comporti un investimento economico iniziale, che sarà sempre maggiore di quello dell'alternativa zero, ovvero lasciare l'edificio allo stato di fatto.

Detto ciò, in conformità allo stesso principio fondamentale sul quale si basano le teorie e le comuni metodologie di valutazione della sostenibilità, ovvero di valutazione complessiva di un progetto o un'opzione di progetto, tutti i valori delle performance vengono integrati nel sistema di rating e le soglie degli indicatori che non sono multi-scala vengono individuate all'interno del sistema stesso, osservando la distribuzione visualizzata nel paragrafo "Indicatori specifici a scala di edificio (ambientali e sociali) e confronto performance delle alternative". Negli sviluppi futuri della ricerca si potrebbe cercare di individuare, facendo riferimento ai risultati di ricerche recenti o in corso, di relazionare, almeno per alcuni indicatori, i valori di performance del set di alternative a benchmarks esterni. Il rimando di eventuali approfondimenti su questi aspetti ad una fase futura è dettato dalla considerazione che per alcuni campi, ad esempio la biomedica applicata all'ingegneria, gli sviluppi sono ancora in corso. Peraltro, tali approfondimenti esulano dallo stesso focus ed obiettivi dichiarati per la presente ricerca.

Le soglie per il caso studio, relativamente agli indicatori specifici dell'edificio, vengono così individuate con calcolo lineare, con la sola condizione minima imposta che sia verificato che, per gli indicatori di comfort, nella minima classe di merito (dalla B in su per il rating al 2050, nella classe A per il rating 2050) non compaiano valori negativi, ovvero peggiorativi dello stato di fatto.

### 3.3.13.3 Individuazione delle soglie

#### EE - Energia incorporata

Come innanzi menzionato, alla performance dello stato di fatto è associato il valore più basso in quanto questo è l'unica tra le alternative a non comprendere la produzione e posa di nuovi prodotti. L'unica voce che compare nel calcolo della EE è infatti la manutenzione dell'esistente.

I grafici seguenti visualizzano le differenze tra lo stato di fatto e le performance delle alternative e le soglie per i rispettivi scenari 2020 e 2050. Le soglie in tabella sono ordinate dalla più bassa alla più alta:

Tab. 3.104 - Soglie per l'indicatore EE (differenza tra lo stato di fatto e le alternative) [MJ]

Indicatore	Scenario 2020			Scenario 2050
	Soglia 1	Soglia 2	Soglia 3	Soglia 1
EE (riduzione rispetto allo Sdf) [MJ]	-4.073.063	-2.715.375	-1.357.688	-2.715.375

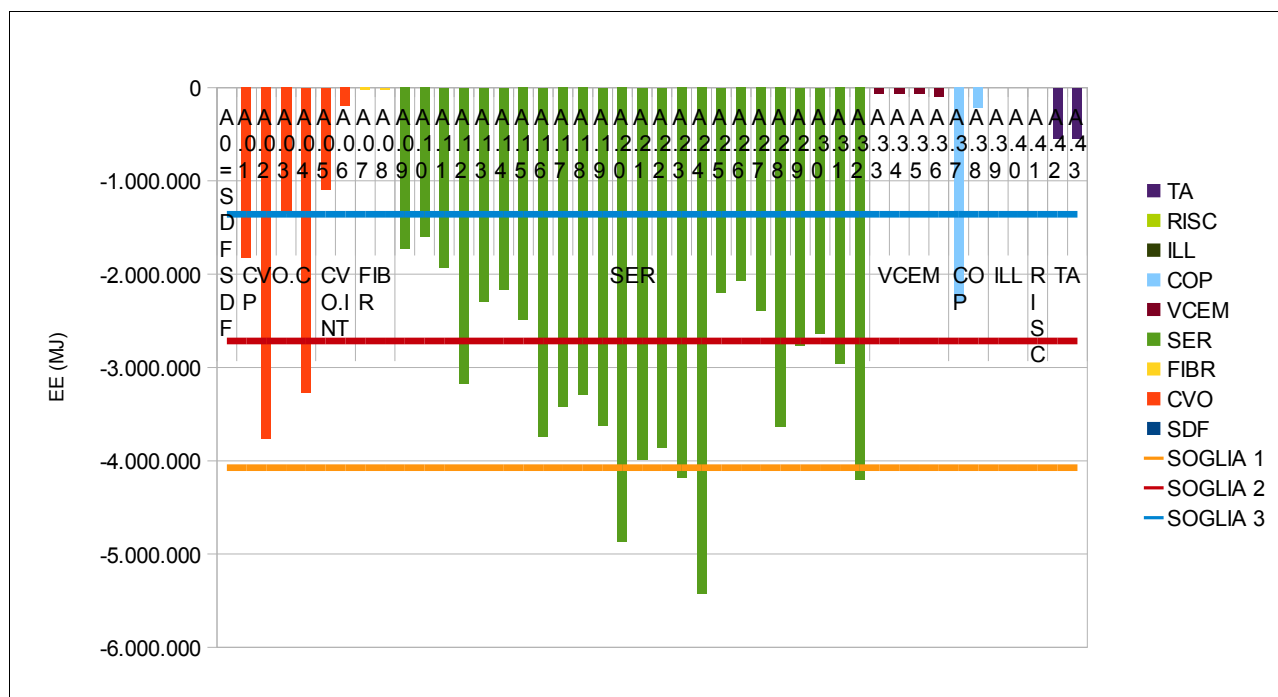


Fig. 3.70 - Performance delle alternative e soglie per l'indicatore EE (differenza tra lo stato di fatto e le alternative, MJ), per il sistema di rating dello scenario 2020

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

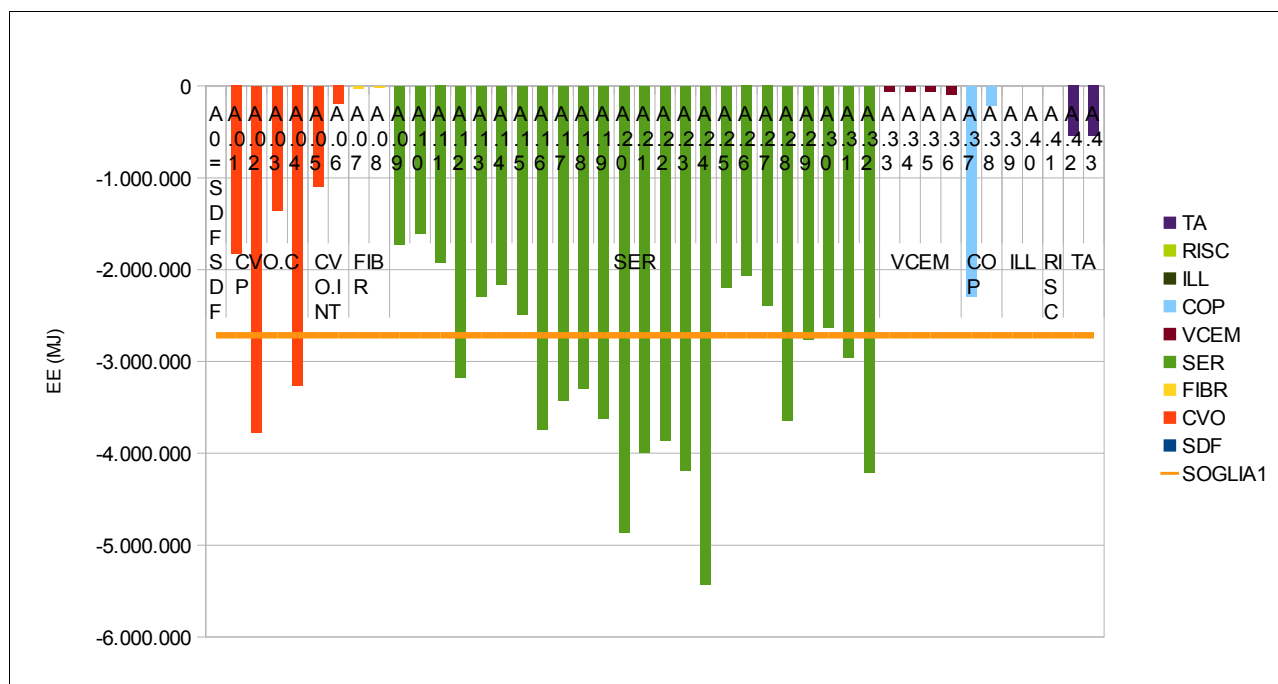


Fig. 3.71 - Performance delle alternative e soglia per l'indicatore EE (differenza tra lo stato di fatto e le alternative, MJ), per il sistema di rating dello scenario 2050

### Ct h - Comfort termico estivo

Come calcolato per il precedente indicatore, sono individuate le seguenti soglie:

Tab. 3.105 - Soglie per l'indicatore Ct h - Comfort termico (troppo caldo): differenza tra lo stato di fatto e le alternative (Gradi ora)

Indicatore	Scenario 2020			Scenario 2050
	Soglia 1	Soglia 2	Soglia 3	Soglia 1
Ct h (riduzione rispetto allo Sdf, gradi ora)	3,59	31,55	59,52	31,55

Come si può notare nella seguente figura (Fig. 3.72), nello scenario 2020, le alternative sotto le soglie 1 e 2 sono le stesse (tutte quelle che hanno performance inferiori rispetto allo stato di fatto), per cui nella costruzione dei profili le due soglie potranno essere unificate.

Nello scenario 2050 (Fig. 3.73) invece la soglia evidenzia una differenza netta tra le alternative peggiorative e le migliorative.

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

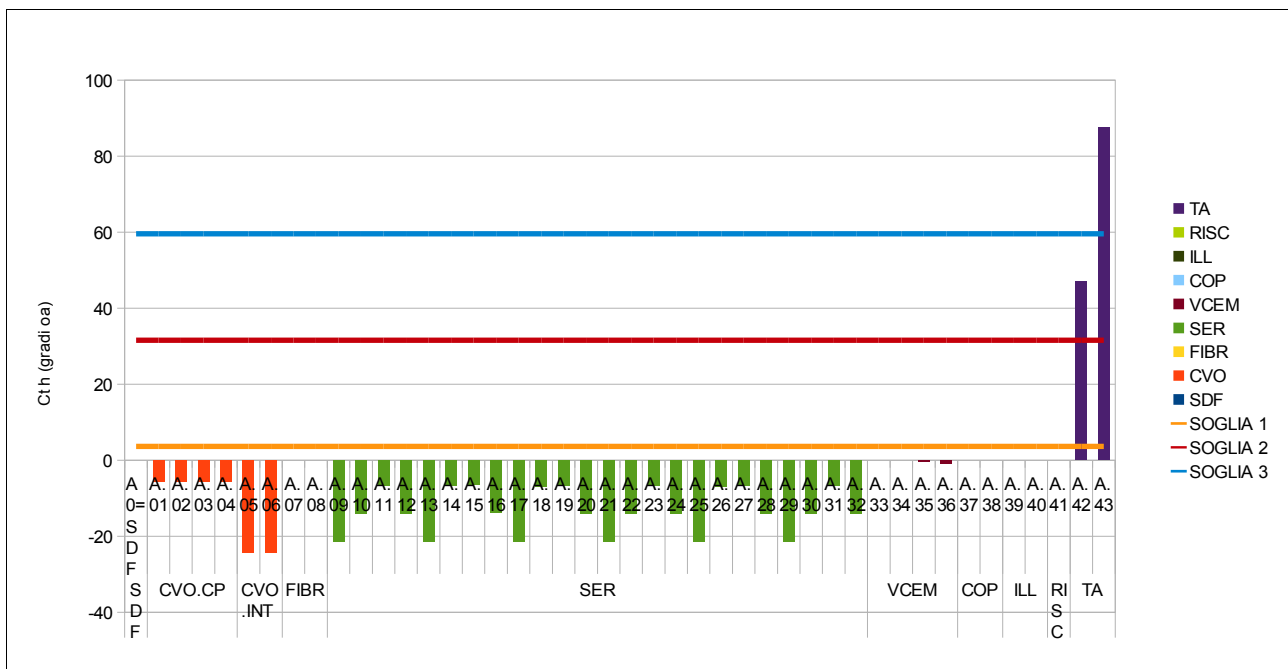


Fig. 3.72 - Performance delle alternative e soglia per l'indicatore Ct h (differenza tra lo stato di fatto e le alternative, gradi ora), per il sistema di rating dello scenario 2020

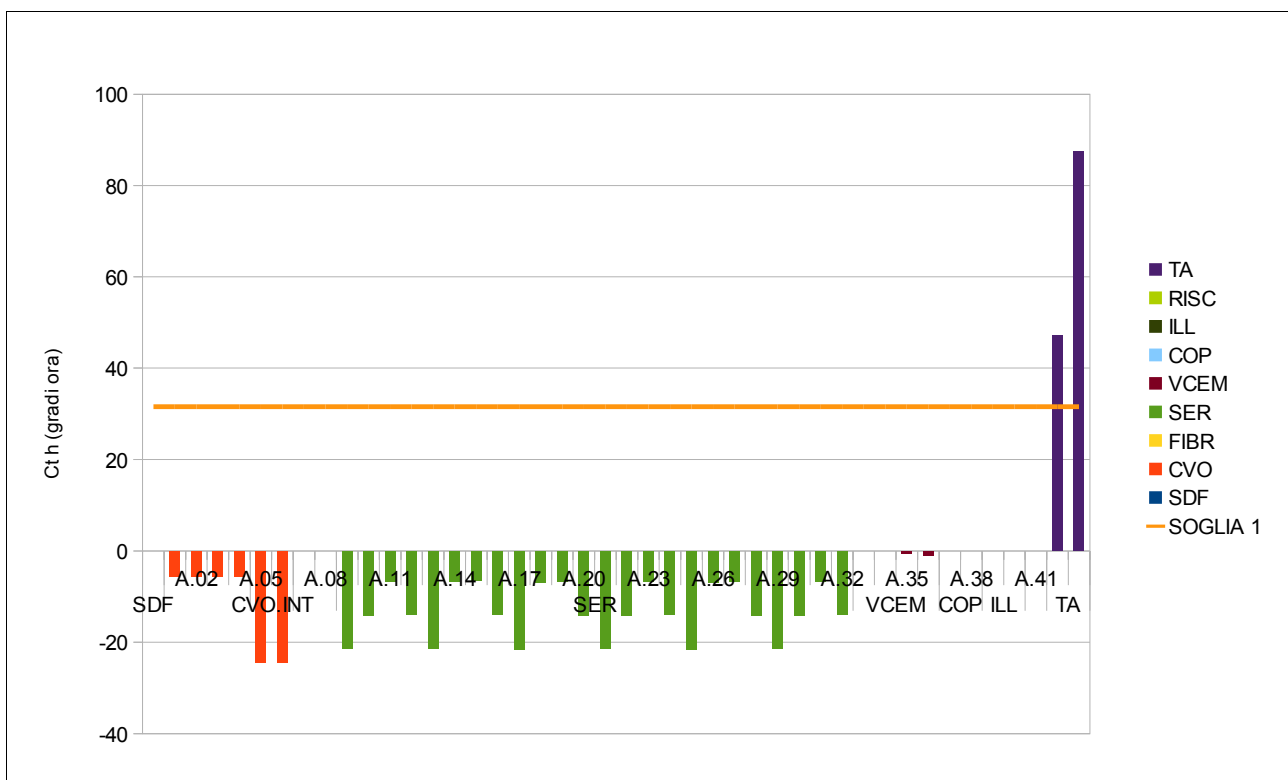


Fig. 3.73 - Performance delle alternative e soglia per l'indicatore Ct h (differenza tra lo stato di fatto e le alternative, gradi ora), per il sistema di rating dello scenario 2050

### Ct c - Comfort termico invernale

Sono individuate le seguenti soglie:

Tab. 3.106 - Soglie per l'indicatore Ct h - Comfort termico (troppo caldo): differenza tra lo stato di fatto e le alternative (Gradi ora)

Indicatore	Scenario 2020			Scenario 2050
	Soglia 1	Soglia 2	Soglia 3	Soglia 1
Ct c (riduzione rispetto allo Sdf, gradi ora)	5,89	15,82	25,76	15,82

Come si può notare nella seguente figura (Fig. 3.74), nello scenario 2020, sotto la soglia 1 ricadono le alternative che hanno performance inferiori rispetto allo stato di fatto, mentre le altre risultano ben distribuite tra una soglia e l'altra. Solo alcuni tra gli interventi sui serramenti e tra quelli sulle chiusure verticali opache, quelli con performance migliore, si attestano al di sopra della soglia più alta. Anche nel diagramma relativo allo scenario 2050 (Fig. 3.75) la soglia divide efficacemente le migliori dalle peggiori performance.

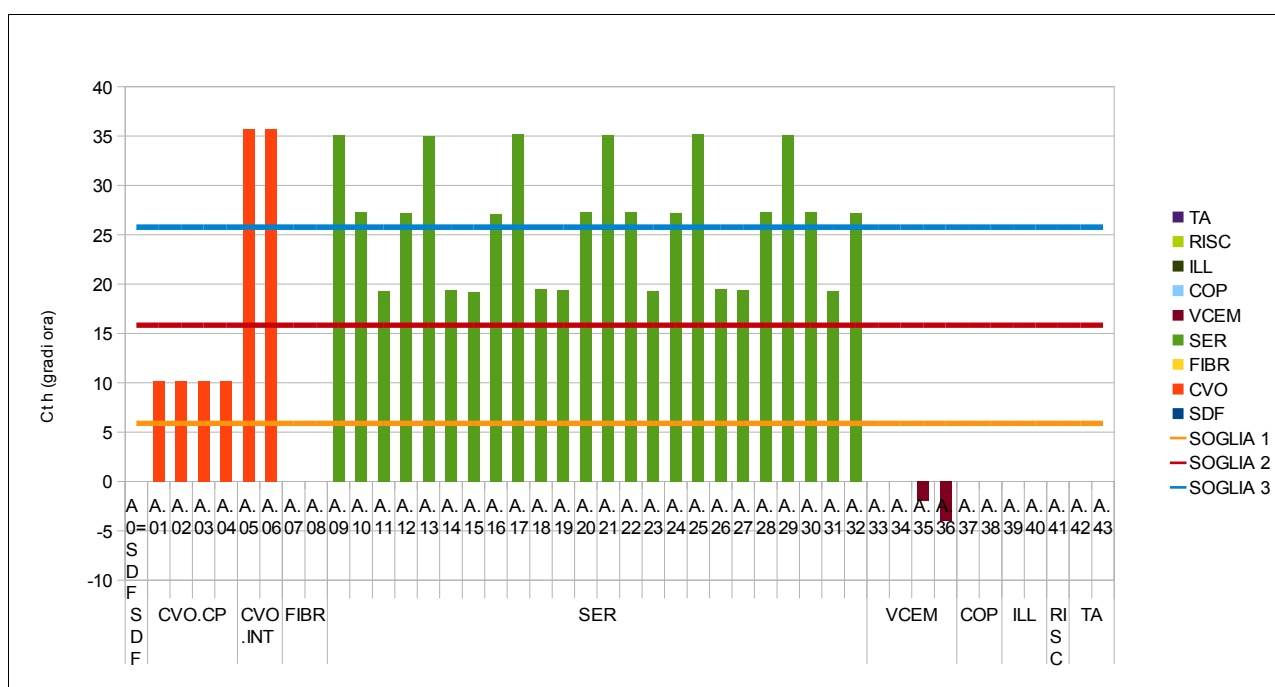


Fig. 3.74 - Performance delle alternative e soglia per l'indicatore Ct c (differenza tra lo stato di fatto e le alternative, gradi ora), per il sistema di rating dello scenario 2020

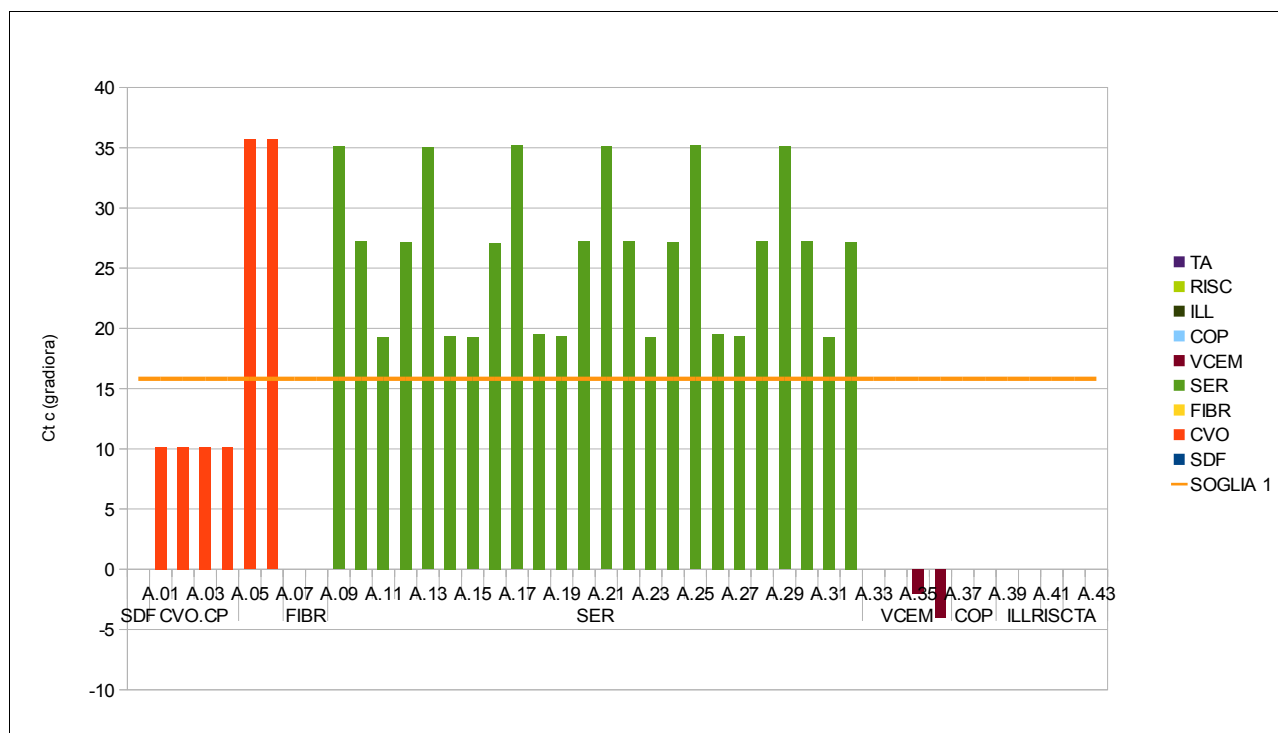


Fig. 3.75 - Performance delle alternative e soglia per l'indicatore Ct c (differenza tra lo stato di fatto e le alternative, gradi ora), per il sistema di rating dello scenario 2050

### Ca - Comfort acustico

Sono individuate le seguenti soglie:

Tab. 3.107 - Soglie per l'indicatore Ca - Comfort acustico: differenza tra lo stato di fatto e le alternative (R Medio) [dB]

Indicatore	Scenario 2020			Scenario 2050
	Soglia 1	Soglia 2	Soglia 3	Soglia 1
Ca (aumento R Medio rispetto allo Sdf) [dB]	1,84	3,90	5,97	3,90

Come si può notare nel seguente grafico (Fig. 3.76), sotto la soglia più bassa ricade l'alternativa peggiorativa. Sopra quella più alta le migliori. Tra la prima e la terza tutte le altre, per cui anche in questo caso le soglie 2 e 3 potranno coincidere in un unico profilo.

Invece, allo scenario 2050 (Fig. 3.77), la soglia divide nettamente i due livelli di performance, lasciando sotto la soglia quella negativa e dunque peggiorativa rispetto allo stato di fatto.

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

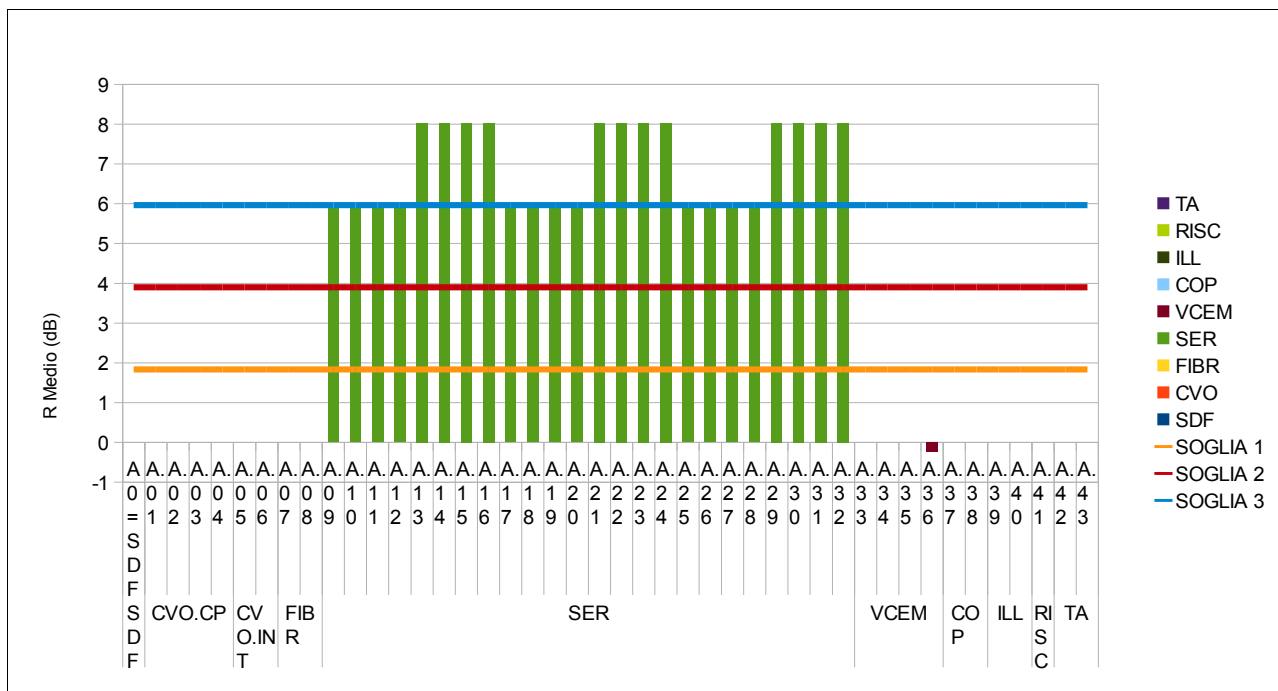


Fig. 3.76 - Performance delle alternative e soglia per l'indicatore Ca (differenza R Medio tra lo stato di fatto e le alternative) [dB], per il sistema di rating dello scenario 2020

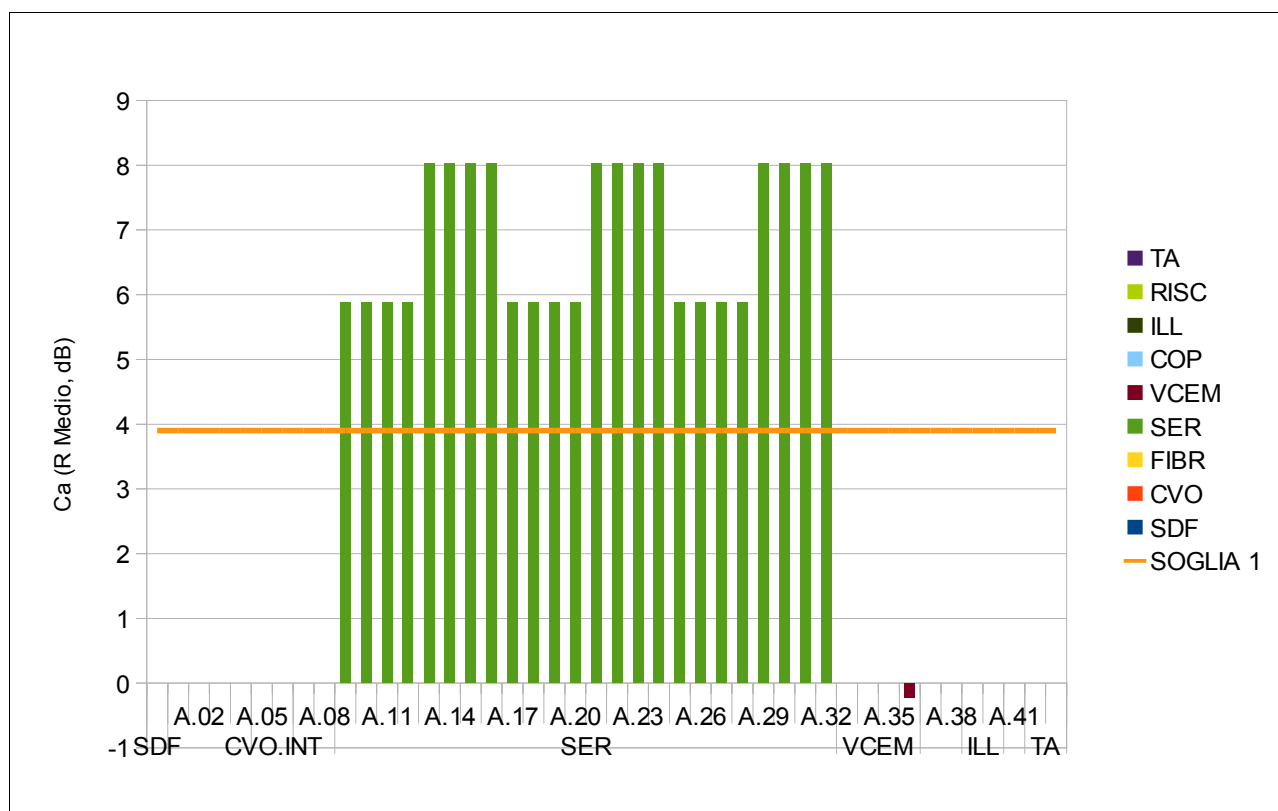


Fig. 3.77 - Performance delle alternative e soglia per l'indicatore Ca (differenza R Medio tra lo stato di fatto e le alternative) [dB], per il sistema di rating dello scenario 2025





Tab. 3.109 - Soglie per l'indicatore IAQ - Qualità dell'aria interna: differenza tra lo stato di fatto e le alternative (PsupD) [%]

Indicatore	Scenario 2020	Scenario 2050
	Soglia 1 = Soglia 2 = Soglia 3	Soglia 1
I (riduzione PsupD rispetto allo Sdf) [%]	10	10

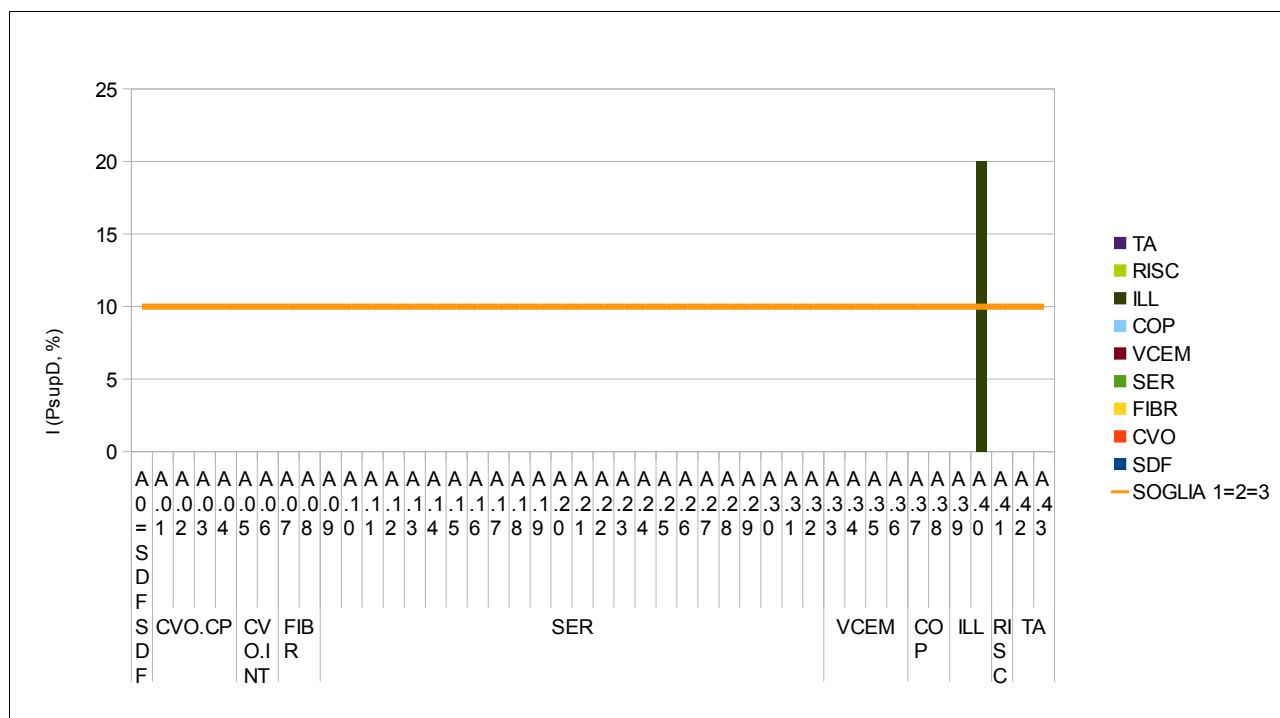


Fig. 3.79 - Performance delle alternative e soglia per l'indicatore I (differenza PsupD tra lo stato di fatto e le alternative, %), per il sistema di rating dello scenario 2020 e allo scenario 2050

### CI - Costi iniziali

Le differenze con lo stato di fatto sono tutte negative, essendo quest'ultimo l'unica opzione a costo iniziale nullo. Le soglie individuate sono pertanto tutte negative e sono le seguenti:

Tab. 3.110 - Soglie per l'indicatore CI - Costi iniziali: differenza tra lo stato di fatto e le alternative (Euro)

Indicatore	Scenario 2020			Scenario 2050
	Soglia 1	Soglia 2	Soglia 3	Soglia 1
CI (riduzione rispetto allo Sdf) [migliaia di Euro]	-636,34	-424,22	-212,11	-424,22

Dall'osservazione dei seguenti diagrammi, le soglie suddividono efficacemente i livelli di

performance delle alternative.

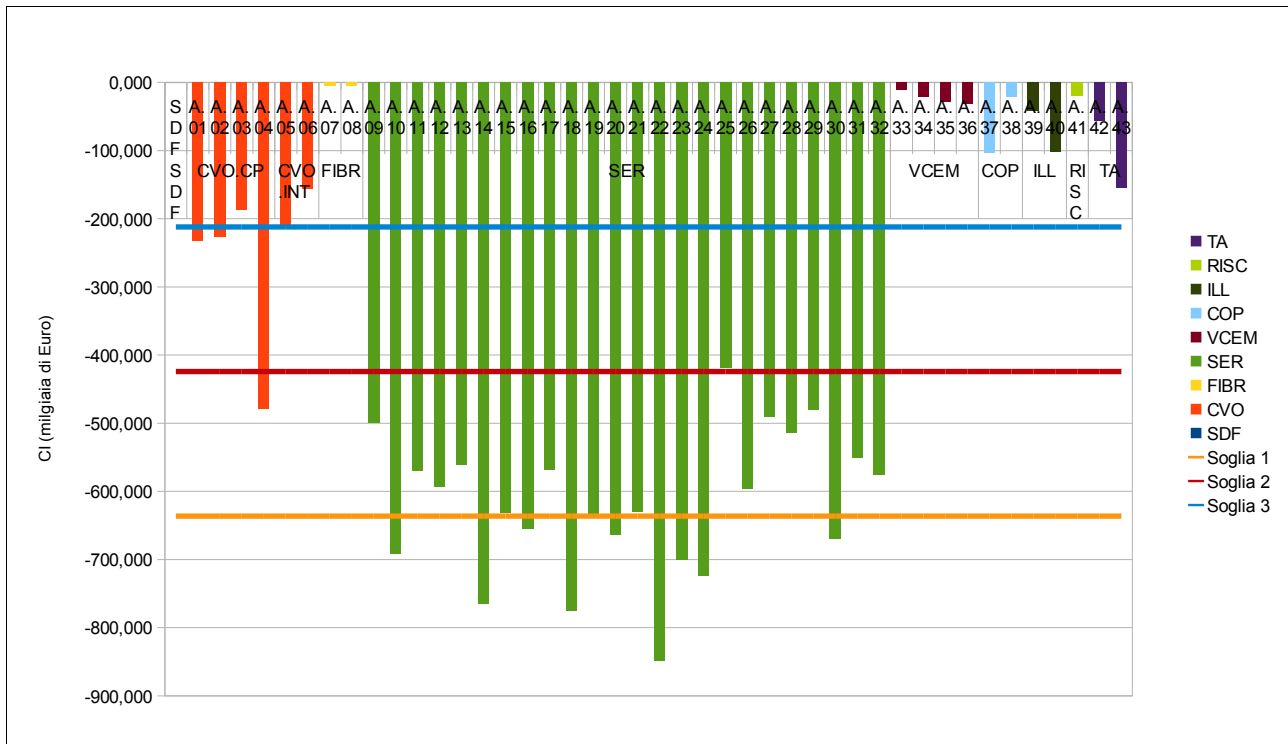


Fig. 3.80 - Performance delle alternative e soglia per l'indicatore CI (differenza tra lo stato di fatto e le alternative) [migliaia di Euro], per il sistema di rating dello scenario 2020

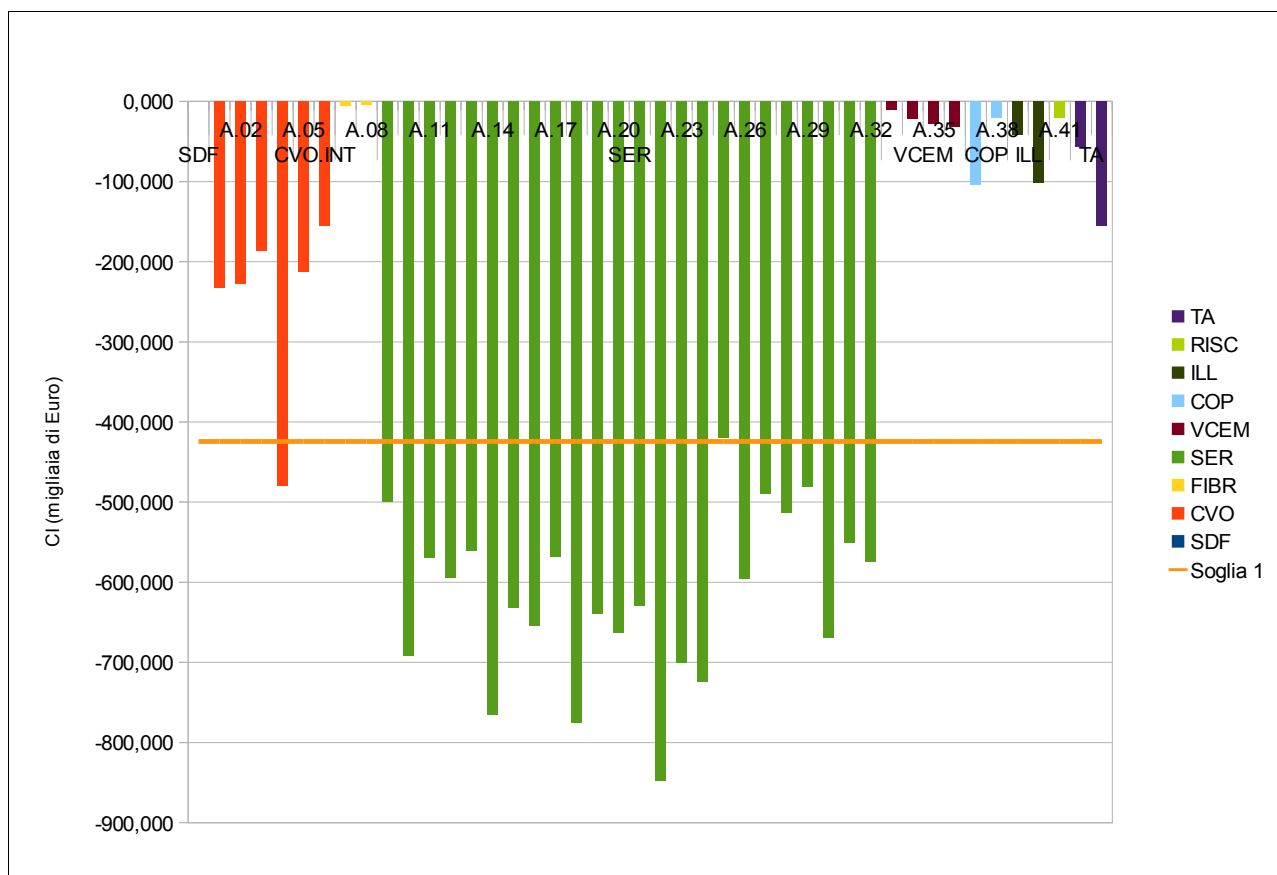


Fig. 3.81 - Performance delle alternative e soglia per l'indicatore CI (differenza tra lo stato di fatto e le alternative) [migliaia di Euro], per il sistema di rating dello scenario 2050

### CO - Costi operativi

Le soglie individuate sono le seguenti:

Tab. 3.111 - Soglie per l'indicatore CO - Costi operativi: differenza tra lo stato di fatto e le alternative [migliaia di Euro]

Indicatore	Scenario 2020			Scenario 2050
	Soglia 1	Soglia 2	Soglia 3	Soglia 1
CO (riduzione rispetto allo Sdf, migliaia di Euro)	-1.312,07	-505,98	300,12	-505,98

Dai diagrammi seguenti si osserva che per lo scenario 2020 le soglie ben suddividono le varie fasce di performance, lasciando quelle peggiorative dello stato di fatto (negative) al di sotto della soglia più alta. Nel caso dello scenario 2050, vengono a trovarsi sopra la soglia anche alcune performance negative, ma che si discostano relativamente poco dallo stato di fatto.

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

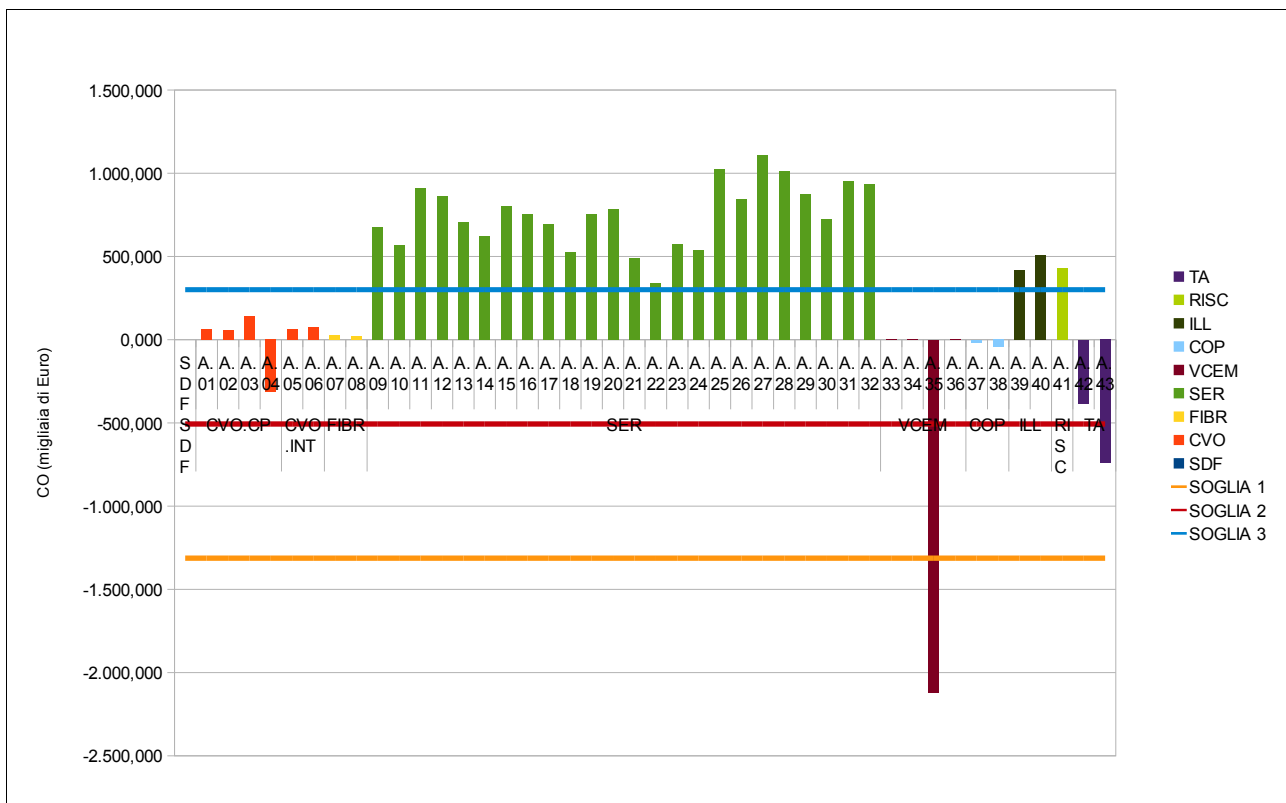


Fig. 3.82 - Performance delle alternative e soglia per l'indicatore CO (differenza tra lo stato di fatto e le alternative) [migliaia di Euro], per il sistema di rating dello scenario 2020

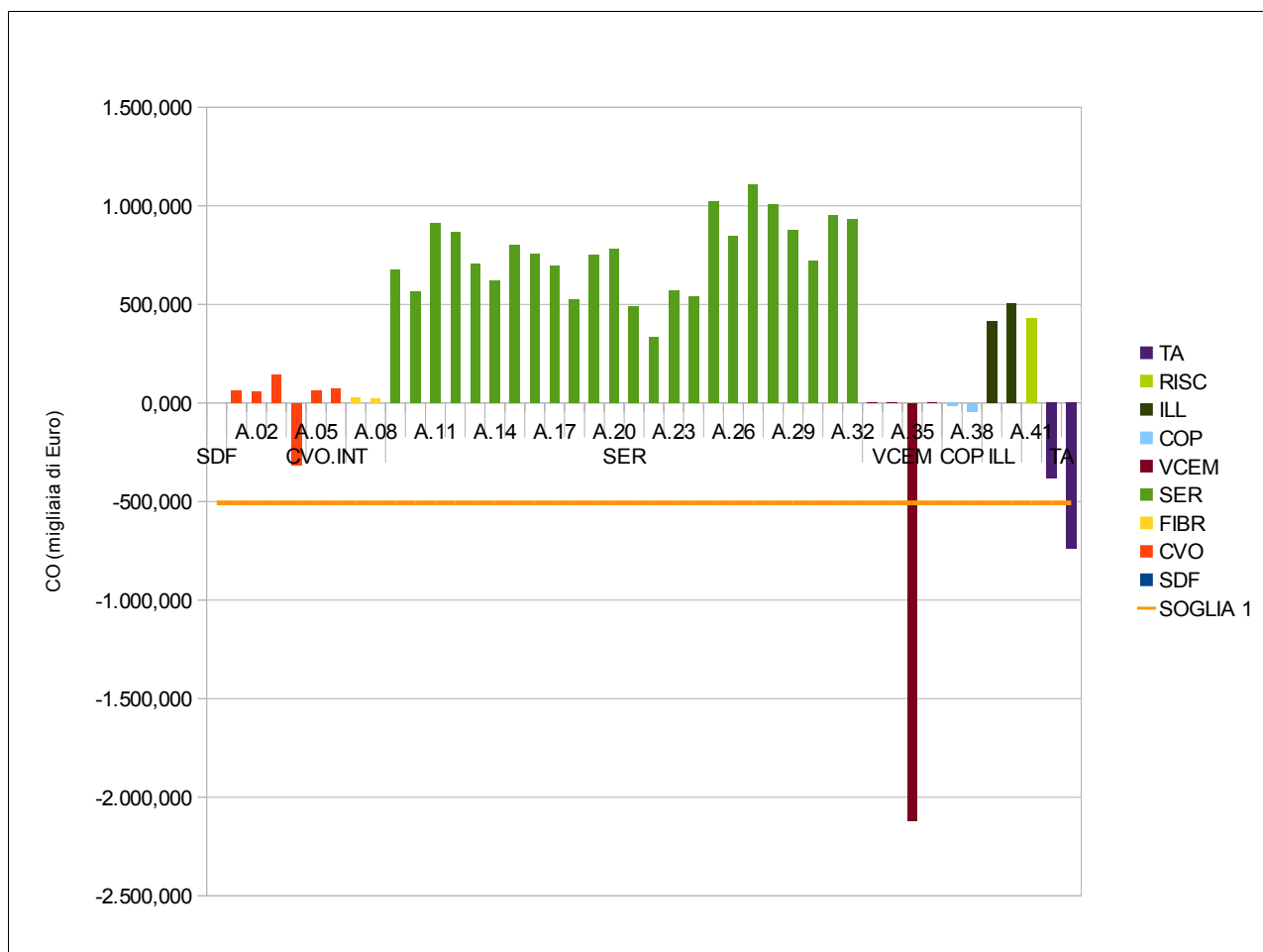


Fig. 3.83 - Performance delle alternative e soglia per l'indicatore CO (differenza tra lo stato di fatto e le alternative, migliaia di Euro), per il sistema di rating dello scenario 2050

### CD - Costi di dismissione

Le soglie individuate per l'indicatore CD sono:

Tab. 3.112 - Soglie per l'indicatore CD - Costi di dismissione: differenza tra lo stato di fatto e le alternative (Euro)

Indicatore	Scenario 2020			Scenario 2050
	Soglia 1	Soglia 2	Soglia 3	Soglia 1
CD (riduzione rispetto allo Sdf) [Euro]	-1.418	-946	-473	-946

Dai diagrammi seguenti (Fig. 3.84, Fig. 3.85) si osserva che per lo scenario 2020 le soglie ben suddividono le fasce di performance, tutte peggiorative rispetto allo stato di fatto in quanto questo rappresenta l'unica opzione in cui, in assenza di intervento, non si hanno costi di dismissione. Inoltre, in riferimento allo scenario 2050, la soglia ben evidenzia i raggruppamenti delle alternative

migliori (poco peggiorative) e peggiori (molto peggiorative).

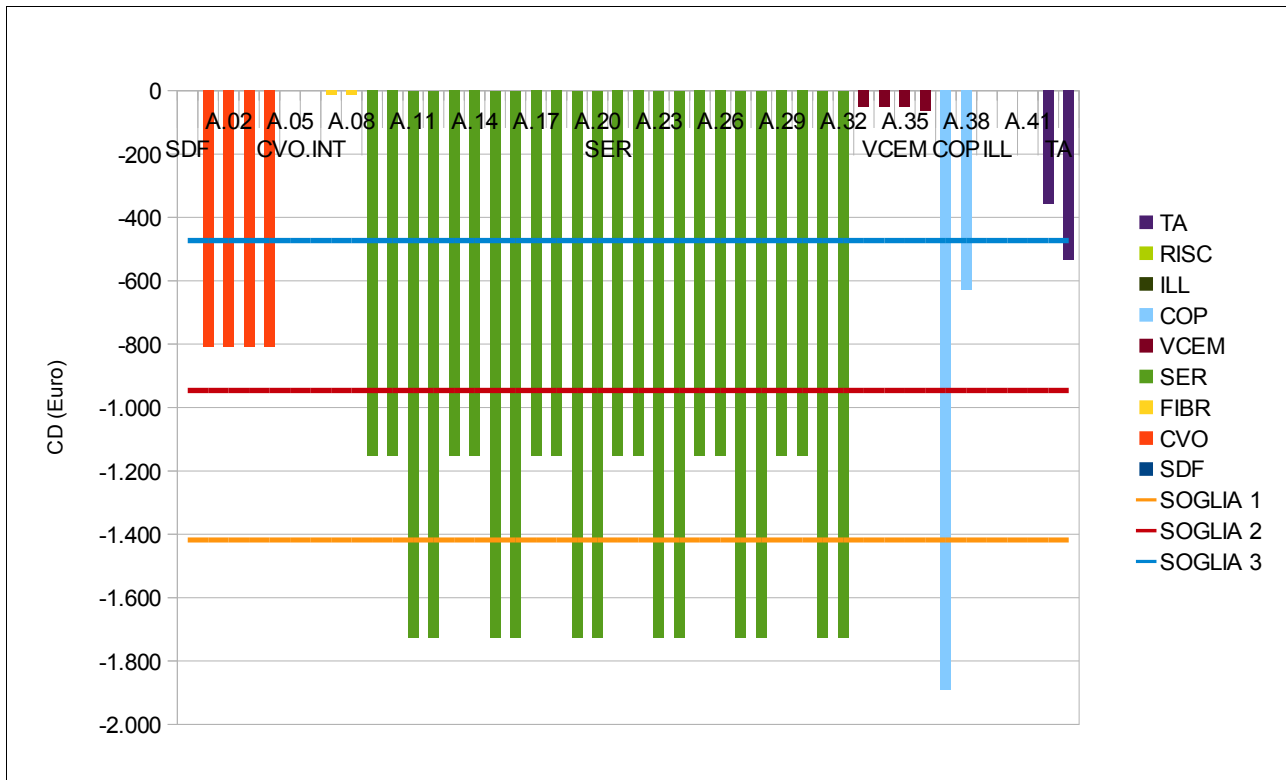


Fig. 3.84 - Performance delle alternative e soglia per l'indicatore CD (differenza tra lo stato di fatto e le alternative), per il sistema di rating dello scenario 2020

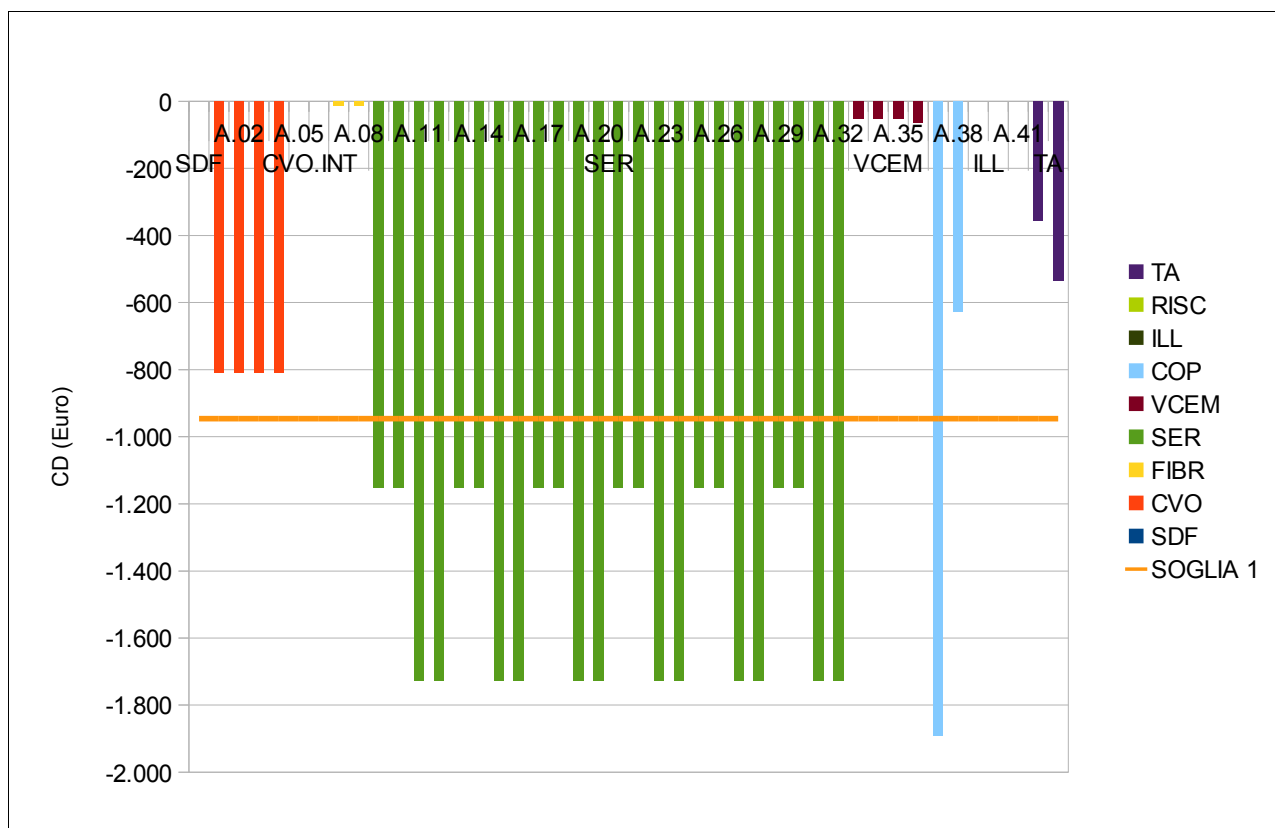


Fig. 3.85 - Performance delle alternative e soglia per l'indicatore CD (differenza tra lo stato di fatto e le alternative), per il sistema di rating dello scenario 2050

### 3.3.14 Classi di rating, primo sistema di pesi, profili, condizioni e veti

#### 3.3.14.1 Obiettivo

Nel presente paragrafo vengono indicate le classi di rating scelte per i due scenari. Viene inoltre descritto il sistema di pesi adottato per la valutazione. Vengono individuati i profili e illustrati i veti assunti.

Tutti gli elementi suddetti consentiranno poi di iniziare la valutazione, a partire dal confronto tra performance dei rispettivi indicatori e profili.

#### 3.3.14.2 Classi di rating

Come già menzionato precedentemente, sono state individuate 4 classi di rating per lo scenario 2020 e 2 per lo scenario 2050.

La differenza di numero tra uno scenario e l'altro è motivata dallo scopo di voler ottenere, alla fine del rating una classificazione più accurata degli interventi con orizzonte temporale a breve-medio termine ed una più semplicistica a medio-lungo termine.

La disponibilità di dati e target maggiore per il primo scenario e minore per il secondo, per il quale il margine di imprevedibilità degli sviluppi sia dei piani e programmi sia delle condizioni che

interverranno nella vita dell'edificio (es. aumento dei prezzi dell'energia, disponibilità di nuove tecnologie e prodotti), conferma l'opportunità di tale strategia.

Pertanto, si ha:

Tab. 3.113 - Classi di rating per i due scenari

Scenari	Classi di rating e livelli di sostenibilità delle alternative			
2020	A	B	C	D
	Alto	Medio	Sufficiente	Basso
2050	A		B	
	Alto		Medio-Basso	

### 3.3.14.3 Primo sistema di pesi

Il primo sistema di pesi assunto è stato acquisito dai risultati delle elaborazioni eseguite su dati raccolti nel 2011 direttamente presso oltre 50 stakeholders partecipanti al progetto "Campus sostenibile" (studi professionali, imprese di costruzione, ricercatori e staff del Politecnico) attraverso la somministrazione di un questionario ad hoc.

Agli stakeholders era stato chiesto di esprimere un giudizio di importanza, nella valutazione di sostenibilità di interventi edilizi come quelli oggetto del caso studio, su una serie dettagliata di criteri, che sono riportati nella prima colonna della tabella che segue.

Il metodo impiegato per l'assegnazione di valori numerici (pesi) per misurare la relativa importanza dei criteri era stato il confronto a coppie tra criteri della stessa categoria e dello stesso livello di una struttura gerarchica precedentemente costruita. Il risultato è stato l'attribuzione di pesi parziali (relativi all'area di sostenibilità) e globali (relativi a tutto il set di criteri).

Il nuovo sistema di pesi per l'applicazione oggetto della presente ricerca, è stato ottenuto sommando tra loro i pesi globali dei criteri corrispondenti agli indicatori (ultima colonna della tabella).

Come si osserva facilmente, il peso complessivo degli indicatori della prima area (sostenibilità ambientale) è il maggiore in assoluto. Al secondo posto si posiziona l'area sociale-prestazionale e al terzo quella economica.



Tab. 3.114 - Pesi attribuiti agli indicatori nel primo sistema di pesi

CRITERI questionario / AREA		PESO PARZIALE (%)	PESO GLOBALE (%)	INDICATORI	PESO GLOBALE (%)
Consumo di energia primaria riscaldamento	EP	42,28	23,25	EP (% rid rispetto allo Sdf)	37,85
Consumo di energia elettrica	E El	26,56	14,6		
Emissioni di CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	17,44	9,59	CO <sub>2</sub> (% rid rispetto allo Sdf)	9,59
Energia incorporata	EE	13,72	7,56	EE [MJ]	7,56
<b>Sostenibilità ambientale</b>		<b>100</b>	<b>55</b>		<b>55</b>
Comfort termico (caldo)	Ct h	22,91	5,51	Riduzione gradi ora hot rispetto allo Sdf [gradi ora hot]	5,51
Comfort termico (freddo)	Ct c	22,91	5,51	Riduzione gradi ora cool rispetto allo Sdf [gradi ora cool]	5,51
Comfort acustico	C a	24,04	5,77	Aumento del comfort acustico rispetto allo Sdf [dB]	5,77
Qualità dell'aria interna	IAQ	18,51	4,45	IAQ (riduzione PPD rispetto al Sdf) [% PPD]	4,45
Qualità dell'illuminazione	I	11,63	2,79	Qualità Illuminazione (riduzione P <sub>sup</sub> insoddisfatti) [% P <sub>sup</sub> D]	2,79
<b>Sostenibilità sociale-prestazionale</b>		<b>100</b>	<b>24,03</b>		<b>24,03</b>
Costo di costruzione	CI	33,23	6,97	CI (diff. con lo Sdf) [migliaia di Euro]	6,97
Costo dell'energia primaria	C EP	27,39	5,75	CO (diff. Con lo Sdf) [migliaia di Euro]	12,48
Costo dell'energia elettrica	C El	18,65	3,91		
Costo di manutenzione	C M	13,44	2,82		
Costo di dismissione	C D	7,29	1,53	CD (diff. Con lo Sdf) [Euro]	1,53
<b>Sostenibilità economica</b>		<b>100</b>	<b>20,98</b>		<b>20,98</b>

### 3.3.14.4 Profili

I profili (Pa,b; Pb,c; Pc,d) che dividono le classi di merito interne al sistema degli indicatori sono ottenuti collegando le soglie corrispondenti.

Tab. 3.115 - Profili per la valutazione 2020

<b>Profili</b>	<b>Classi di rating</b>
	A
Pa,b	
	B
Pb,c	
	C
Pc,d	
	D

Tab. 3.116 - Profilo per la valutazione 2050

<b>Profilo</b>	<b>Classi di rating</b>
	A
Pa,b	
	B

La tabella successiva (Tab. 3.117) riassume tutte le soglie degli indicatori, individuate nei precedenti paragrafi, con gli aggiustamenti indicati per gli indicatori di Comfort termico estivo e Comfort acustico.

Tab. 3.118 - Soglie per gli indicatori, per la costruzione dei profili

Indicatore	Scenario 2020			Scenario 2050
	Soglia 1	Soglia 2	Soglia 3	Soglia 1
EP (rid rispetto allo Sdf)	0,06	0,13	0,24	0,19
CO <sub>2</sub> (rid rispetto allo Sdf)	0,014	0,085	0,176	0,135
EE (riduzione rispetto allo Sdf)	-4.073.063	-2.715.375	-1.357.688	-2.715.375
Ct h (riduzione rispetto allo Sdf) [gradi ora]	3,59		59,52	31,55
Ct c (riduzione rispetto allo Sdf) [gradi ora]	5,89	15,82	25,76	15,82
Ca (aumento R Medio rispetto allo Sdf) [dB]	1,84	-	5,97	3,90
IAQ (riduzione PPD rispetto allo Sdf) [PPD %]	-	17,45	-	17,45
I (riduzione P <sub>sup</sub> D rispetto allo Sdf) [P <sub>sup</sub> D %]	-	10	-	10
CI (riduzione rispetto allo Sdf) [migliaia di Euro]	-636,34	-424,22	-212,11	-424,22
CO (riduzione rispetto allo Sdf) [migliaia di Euro]	-1.312,07	-505,98	300,12	-505,98
CD (riduzione rispetto allo Sdf)[Euro]	-1.418	-946	-473	-946

Per lo scenario 2020 i 3 profili Pa,b; Pb,c e Pc,d vengono pertanto a risultare come visualizzato nella figura seguente, in cui è rappresentato tutto il sistema di rating 2020.

Le tabelle successive riportano pesi, soglie e valori minimi e massimi raggiunti rispettivamente dagli indicatori, per ciascuno degli scenari.

Tab. 3.119 - Pesi, soglie e valori minimi e massimi raggiunti dagli indicatori, per lo scenario 2020

<b>Indicatore</b>	<b>min</b>	<b>Soglia 1</b>	<b>Soglia 2</b>	<b>Soglia 3</b>	<b>max</b>	<b>Peso</b>
EP (rid rispetto allo Sdf)	-0,12	0,06	0,13	0,24	0,25	37,85
CO <sub>2</sub> (rid rispetto allo Sdf)	-0,033	0,014	0,085	0,176	0,185	9,59
EE (riduzione rispetto allo Sdf)	-5.430.751	-4.073.063	-2.715.375	-1.357.688	0	7,56
Ct h (riduzione rispetto allo Sdf) [gradi ora]	-24,38	3,59		59,52	87,48	5,51
Ct c (riduzione rispetto allo Sdf) [gradi ora]	-4,04	5,89	15,82	25,76	35,69	5,51
Ca (aumento R Medio rispetto allo Sdf) [dB]	-0,23	1,84	-	5,97	8,03	5,77
IAQ (riduzione PPD rispetto allo Sdf) [PPD %]	0,00	-	17,45	-	35,00	4,45
I (riduzione PsupD rispetto allo Sdf) [PsupD %]	0,00	-	10	-	20,00	2,79
CI (riduzione rispetto allo Sdf) [migliaia di Euro]	-848,45	-636,34	-424,22	-212,11	0,00	6,97
CO (riduzione rispetto allo Sdf) [migliaia di Euro]	-2.118,16	-1.312,07	-505,98	300,12	1106,21	12,48
CD (riduzione rispetto allo Sdf)[Euro]	-1.891	-1.418	-946	-473	0	1,53

Tab. 3.120 - Pesi, soglie e valori minimi e massimi raggiunti dagli indicatori, per lo scenario 2050

<b>Indicatore</b>	<b>min</b>	<b>Soglia 1</b>	<b>max</b>	<b>Peso</b>
EP (rid rispetto allo Sdf)	-0,12	0,19	0,25	37,85
CO <sub>2</sub> (rid rispetto allo Sdf)	-0,033	0,135	0,185	9,59
EE (riduzione rispetto allo Sdf)	-5.430.751	-2.715.375	0	7,56
Ct h (riduzione rispetto allo Sdf) [gradi ora]	-24,38	31,55	87,48	5,51
Ct c (riduzione rispetto allo Sdf) [gradi ora]	-4,04	15,82	35,69	5,51
Ca (aumento R Medio rispetto allo Sdf) [dB]	-0,23	3,90	8,03	5,77
IAQ (riduzione PPD rispetto allo Sdf) [PPD %]	0,00	17,45	35,00	4,45
I (riduzione PsupD rispetto allo Sdf) [PsupD %]	0,00	10	20,00	2,79
CI (riduzione rispetto allo Sdf) [migliaia di Euro]	-848,45	-424,22	0,00	6,97
CO (riduzione rispetto allo Sdf) [migliaia di Euro]	-2.118,16	-505,98	1106,21	12,48
CD (riduzione rispetto allo Sdf)[Euro]	-1.891	-946	0	1,53

Le figure successive visualizzano invece il sistema dei rating per i rispettivi scenari 2020 e 2050.

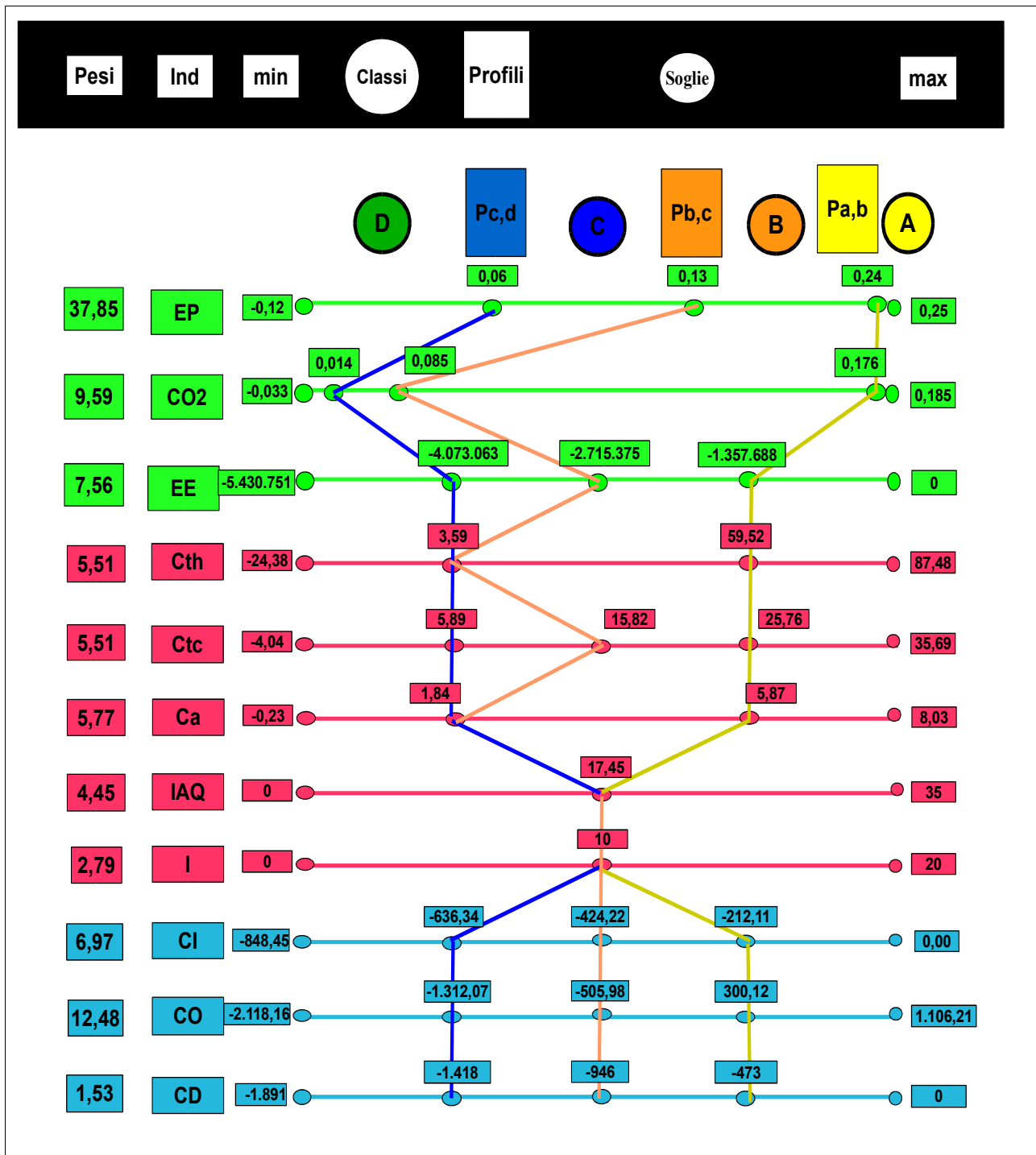


Fig. 3.86 - Rappresentazione del sistema di rating (indicatori, pesi, classi e profili) per lo scenario 2020

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

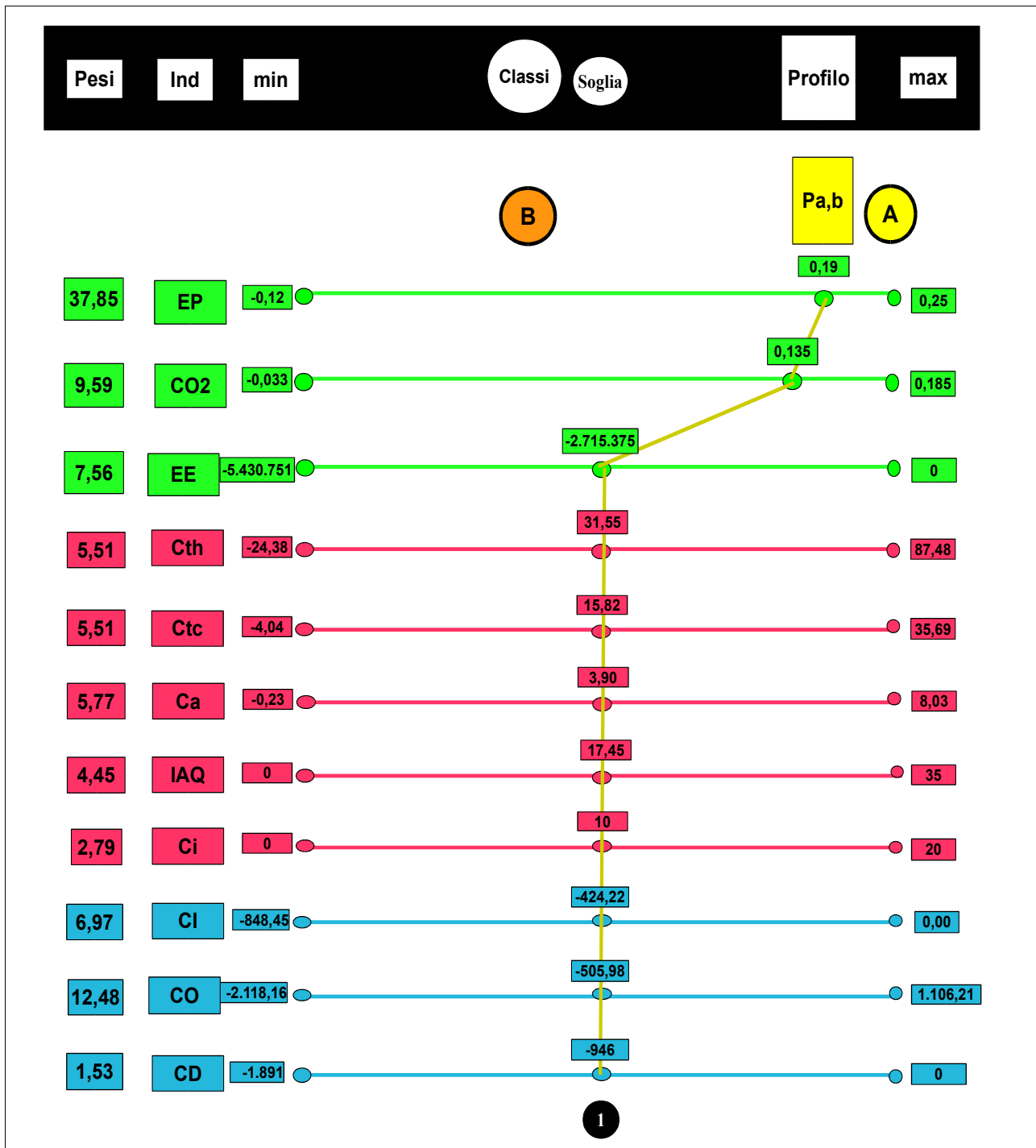


Fig. 3.87 - Rappresentazione del sistema di rating (indicatori, pesi, classi e profilo) per lo scenario 2050

### 3.3.14.5 Condizioni e veti

Dopo alcuni tentativi, è stata stabilito, come minima somma dei pesi a favore per la collocazione in una classe, il valore 50, ovvero la metà della somma dei pesi. Tale valore è stato fissato per soddisfare i seguenti criteri:

- ⤴ sufficiente per includere una buona parte degli indicatori, tradotti in peso secondo l'importanza data dagli stakeholders (pochi di importanza maggiore o molti di importanza minore)
- ⤴ non troppo alto da non poter avere alternative nelle classi più alte (A e B)

La validità della scelta è stata poi confermata dall'analisi di sensitività.

Per quanto concerne i veti, ovvero le condizioni che non possono non essere soddisfatte pena il passaggio alla verifica nella classe immediatamente successiva, i criteri adottati sono stati individuati tenendo conto di due ordini di linee guida:

- ⤴ arco temporale di proiezione della decisione da supportare (breve-medio periodo - 2020, medio-lungo periodo - 2050)
- ⤴ principi generali di sostenibilità, inclusiva di tutte e 3 le aree (ambientale, sociale, economica)
- ⤴ possibile uniformità dei livelli corrispondenti alle classi, facendo sì che soprattutto nelle classi alte non vi ricadano alternative con performance troppo basse nei criteri non favore.

Tali linee guida sono poi state dettagliate nei seguenti requisiti del set di condizioni / veti:

- ⤴ priorità della sostenibilità del territorio, attraverso la rispondenza ai requisiti territoriali attraverso gli indicatori multi-scala, con inclusione di uno dei due e livello non distante dell'altro
- ⤴ inclusione sia della sostenibilità sociale sia economica
- ⤴ priorità dei costi operativi ed iniziali per il supporto decisionale riguardante lo scenario 2020 rispetto ai costi di dismissione
- ⤴ priorità dei costi operativi e di dismissione per il supporto decisionale riguardante lo scenario 2050 rispetto ai costi iniziali.

Nel dettaglio, le condizioni e i veti devono rispettare i seguenti criteri di applicabilità, di sostenibilità e di multi-scalarità:

- ⤴ La somma minima dei pesi dei criteri a favore di ciascuna classe deve consentire una distribuzione delle alternative in tutte le 4 classi per lo scenario 2020 e le 2 classi per lo scenario 2050.
- ⤴ Nella coalizione degli indicatori a favore di ciascuna classe deve essere compreso almeno 1 indicatore di ognuna delle 3 aree (ambientale, sociale, economica) ed almeno 1 degli indicatori multi-scala.
- ⤴ Il valore dell'altro indicatore multi-scala non compreso nella coalizione vincente per una classe deve essere compreso nella classe immediatamente inferiore.
- ⤴ Nella coalizione degli indicatori a favore quello economico deve coincidere con CI o CO per il rating 2020, CO o CD per il rating 2050.
- ⤴ Il numero degli indicatori non a favore e che si posizionano oltre il profilo più basso non può superare il valore di 4 per le classi A e B e 5 per la classe C.



Ne sono conseguite le seguenti condizioni / veti per le classi corrispondenti:

Tab. 3.121, Tab. 3.122, Tab. 3.123 - Condizioni / veti per le classi di rating dello scenario 2020

<b>A</b>
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?
2. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> ?
3. L'altro indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> , escluso dalla coalizione vincente, supera almeno Pb,c?
4. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore dell'area di Sostenibilità Sociale?
5. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra CI e CO dell'area di Sostenibilità Economica?
6. Il gruppo degli indicatori esclusi dalla coalizione vincente include max 4 criteri oltre Pc,d?

<b>B</b>
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?
2. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> ?
3. L'altro indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> , escluso dalla coalizione vincente, supera almeno Pc,d?
4. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore dell'area di Sostenibilità Sociale?
5. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra CI e CO dell'area di Sostenibilità Economica?
6. Il gruppo degli indicatori esclusi dalla coalizione vincente include max 4 criteri oltre Pc,d?

<b>C</b>
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?
2. La coalizione vincente include entrambi gli indicatori EP e CO <sub>2</sub> ?
3. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore dell'area di Sostenibilità Sociale?
4. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra CI e CO dell'area di Sostenibilità Economica?
5. Il gruppo degli indicatori esclusi dalla coalizione vincente include max 5 criteri oltre Pc,d?

Tab. 3.124 - Condizioni / veti per le classi di rating dello scenario 2050

A
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?
2. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> ?
3. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore dell'area di Sostenibilità Sociale?
4. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra CO e CD dell'area di Sostenibilità Economica?
5. Il gruppo degli indicatori esclusi dalla coalizione vincente include max 4 criteri oltre Pa,b?

### **3.4 Applicazione del metodo al caso di studio**

---

#### **3.4.1 Applicazione della procedura di rating e risultati**

##### **3.4.1.1 Obiettivo**

Nel presente paragrafo vengono riportati i risultati del rating, sia relativamente allo scenario 2020 sia 2050.

I risultati sono stati ottenuti, come per una tipica procedura di rating, attraverso il confronto delle alternative con i profili prima e la verifica dei requisiti (condizioni / veti) per la classe poi.

##### **3.4.1.2 Procedura applicata**

Tutti i valori degli indicatori sono stati inseriti in un'unica tabella. Di seguito è riportato uno stralcio (Tab. 3.125) per il rating dello scenario 2020, di cui si descrive la procedura.

Successivamente, per ciascuna alternativa, ciascun valore di ciascun indicatore, è stato confrontato (Tab. 3.126) con il corrispondente profilo Pa,b. Sono poi stati sommati, per ogni alternativa, i pesi dei criteri i cui valori superavano la soglia 3 (corrispondente al profilo Pa,b).

Qualora la somma dei pesi superava o uguagliava il minimo (50), si è passato alla verifica delle condizioni / veti successive.

Se tutte le condizioni erano soddisfatte, l'alternativa veniva collocata in classe A.

Qualora una sola delle alternative non fosse soddisfatta, si procedeva a ricalcolare il peso, questa volta per i valori eccedenti la soglia corrispondente al profilo Pb,c.

Reiterando il confronto, questa volta con le condizioni / veti per la classe B, si procedeva a verificare se le alternative che non erano state collocate in classe A possedevano requisiti per essere collocate in classe B. E così' via, reiterando il procedimento per la classe C (e relative condizioni / veti).

Le alternative che non hanno superato la procedura per la classe C sono state, ovviamente, collocate in classe D.

Di seguito uno stralcio della matrice degli indicatori e rispettivi valori e uno stralcio della matrice costruita per confrontare valori e soglie.

Analoga procedura è stata seguita per il rating corrispondente allo scenario 2050, ovviamente considerando un'unica soglia e un unico profilo.

Tab. 3.125 - Stralcio della matrice di tutti i valori (alternative, indicatori)

Alternative	EP	CO <sub>2</sub>	EE (MJ)	Ct h (Gradi ora)	Ct c (Gradi ora)	Ca (dB)	IAQ (%)	I (%)	CI (migliaia di Euro)	CO (migliaia di Euro)	CD (Euro)
SDF	A.0	0,00	0,000	0	0,00	0,00	0	0	0,00	0,00	0
CVO.CP	A.01	0,02	-0,033	-1.827.728	-5,61	10,16	0	0	-232,46	64,49	-809
CVO.CP	A.02	0,02	0,012	-3.770.768	-5,61	10,16	0	0	-227,32	57,74	-809
CVO.CP	A.03	0,02	-0,030	-1.353.931	-5,61	10,16	0	0	-186,84	143,39	-809
CVO.CP	A.04	0,02	-0,031	-3.268.266	-5,61	10,16	0	0	-479,21	-314,15	-809
CVO.INT	A.05	0,01	0,009	-1.092.884	-24,38	35,69	0	0	-212,65	64,39	0
CVO.INT	A.06	0,02	0,011	-197.547	-24,38	35,69	0	0	-155,69	75,40	0
FIBR	A.07	0,01	0,004	-27.782	0,00	0,00	0	0	-5,34	25,52	-13
FIBR	A.08	0,01	0,004	-18.996	0,00	0,00	0	0	-4,50	22,49	-13
SER	A.09	0,23	0,169	-1.729.266	-21,45	35,12	5,88	0	-499,40	677,88	-1152
SER	A.10	0,23	0,173	-1.600.934	-14,08	27,25	5,88	0	-691,86	567,40	-1152
SER	A.11	0,24	0,181	-1.926.986	-6,64	19,30	5,88	0	-570,10	911,03	-1726
SER	A.12	0,24	0,180	-3.173.004	-13,99	27,17	5,88	0	-593,91	864,84	-1726
SER	A.13	0,23	0,173	-2.294.035	-21,35	35,04	8,03	0	-560,53	705,17	-1152
SER	A.14	0,24	0,181	-2.165.703	-6,72	19,38	8,03	0	-765,21	621,98	-1152

Tab. 3.126 - Stralcio della matrice di confronto tra i valori assunti dalle alternative per ciascun indicatore, le soglie e i relativi profili, per lo scenario 2020

Profili			Pa,b	Pb,c	Pc,d			Pa,b	Pb,c	Pc,d	
Alternative	EP	≥S3	≥S2	≥S1	<S1	CO <sub>2</sub>	≥S3	≥S2	≥S1	<S1	
		0,24	0,13	0,06	0,06		0,18	0,09	0,014	0,014	
SDF	A0	0,00			X	0,000				X	
CVO.CP	A.01	0,02			X	-0,033				X	
CVO.CP	A.02	0,02			X	0,012				X	
CVO.CP	A.03	0,02			X	-0,030				X	
CVO.CP	A.04	0,02			X	-0,031				X	
CVO.INT	A.05	0,01			X	0,009				X	
CVO.INT	A.06	0,02			X	0,011				X	
FIBR	A.07	0,01			X	0,004				X	
FIBR	A.08	0,01			X	0,004				X	
SER	A.09	0,23		X		0,169		X			
SER	A.10	0,23		X		0,173		X			
SER	A.11	0,24	X			0,181	X				
SER	A.12	0,24	X			0,180	X				
SER	A.13	0,23		X		0,173		X			
SER	A.14	0,24	X			0,181	X				

### 3.4.1.3 Risultati e discussione

Al termine della procedura di valutazione sono state stilate le classifiche delle alternative, che si riportano di seguito.

Tab. 3.127 - Classifica delle alternative per lo scenario 2020 (1/2)

Alternative progettuali		Classe
Categoria	Intervento	
SDF	A0=SDF	<b>D</b>
CVO.CP	A.01	<b>D</b>
CVO.CP	A.02	<b>D</b>
CVO.CP	A.03	<b>D</b>
CVO.CP	A.04	<b>D</b>
CVO.INT	A.05	<b>D</b>
CVO.INT	A.06	<b>D</b>
FIBR	A.07	<b>D</b>
FIBR	A.08	<b>D</b>
SER	A.09	<b>B</b>
SER	A.10	<b>B</b>
SER	A.11	<b>A</b>

Tab. 3.127 - Classifica delle alternative per lo scenario 2020 (2/2)

Alternative progettuali		Classe
Categoria	Intervento	
SER	A.12	<b>A</b>
SER	A.13	<b>B</b>
SER	A.14	<b>A</b>
SER	A.15	<b>A</b>
SER	A.16	<b>C</b>
SER	A.17	<b>B</b>
SER	A.18	<b>B</b>
SER	A.19	<b>C</b>
SER	A.20	<b>D</b>
SER	A.21	<b>B</b>
SER	A.22	<b>C</b>
SER	A.23	<b>D</b>
SER	A.24	<b>D</b>
SER	A.25	<b>B</b>
SER	A.26	<b>B</b>
SER	A.27	<b>A</b>
SER	A.28	<b>B</b>
SER	A.29	<b>B</b>
SER	A.30	<b>B</b>
SER	A.31	<b>A</b>
SER	A.32	<b>C</b>
VCEM	A.33	<b>D</b>
VCEM	A.34	<b>D</b>
VCEM	A.35	<b>D</b>
VCEM	A.36	<b>D</b>
COP	A.37	<b>D</b>
COP	A.38	<b>D</b>
ILL	A.39	<b>D</b>
ILL	A.40	<b>C</b>
RISC	A.41	<b>C</b>
TA	A.42	<b>D</b>
TA	A.43	<b>D</b>

Tab. 3.128 - Raggruppamento delle alternative (2020) in classi omogenee (1/2)

Quantità'	Classe	Alternative progettuali	
		Categoria	Intervento
6	<b>A</b>	SER	A.11
		SER	A.12
		SER	A.14
		SER	A.15
		SER	A.27
		SER	A.31
11	<b>B</b>	SER	A.09
		SER	A.10
		SER	A.13
		SER	A.17
		SER	A.18
		SER	A.21
		SER	A.25
		SER	A.26
		SER	A.28
		SER	A.29
		SER	A.30
6	<b>C</b>	SER	A.16
		SER	A.19
		SER	A.22
		SER	A.32
		ILL	A.40
		RISC	A.41

Tab. 3.128 - Raggruppamento delle alternative (2020) in classi omogenee (2/2)

Quantità'	Classe	Alternative progettuali	
		Categoria	Intervento
21	<b>D</b>	SDF	A0=SDF
		CVO.CP	A.01
		CVO.CP	A.02
		CVO.CP	A.03
		CVO.CP	A.04
		CVO.INT	A.05
		CVO.INT	A.06
		FIBR	A.07
		FIBR	A.08
		SER	A.20
		SER	A.23
		SER	A.24
		VCEM	A.33
		VCEM	A.34
		VCEM	A.35
		VCEM	A.36
		COP	A.37
		COP	A.38
		ILL	A.39
		TA	A.42
		TA	A.43



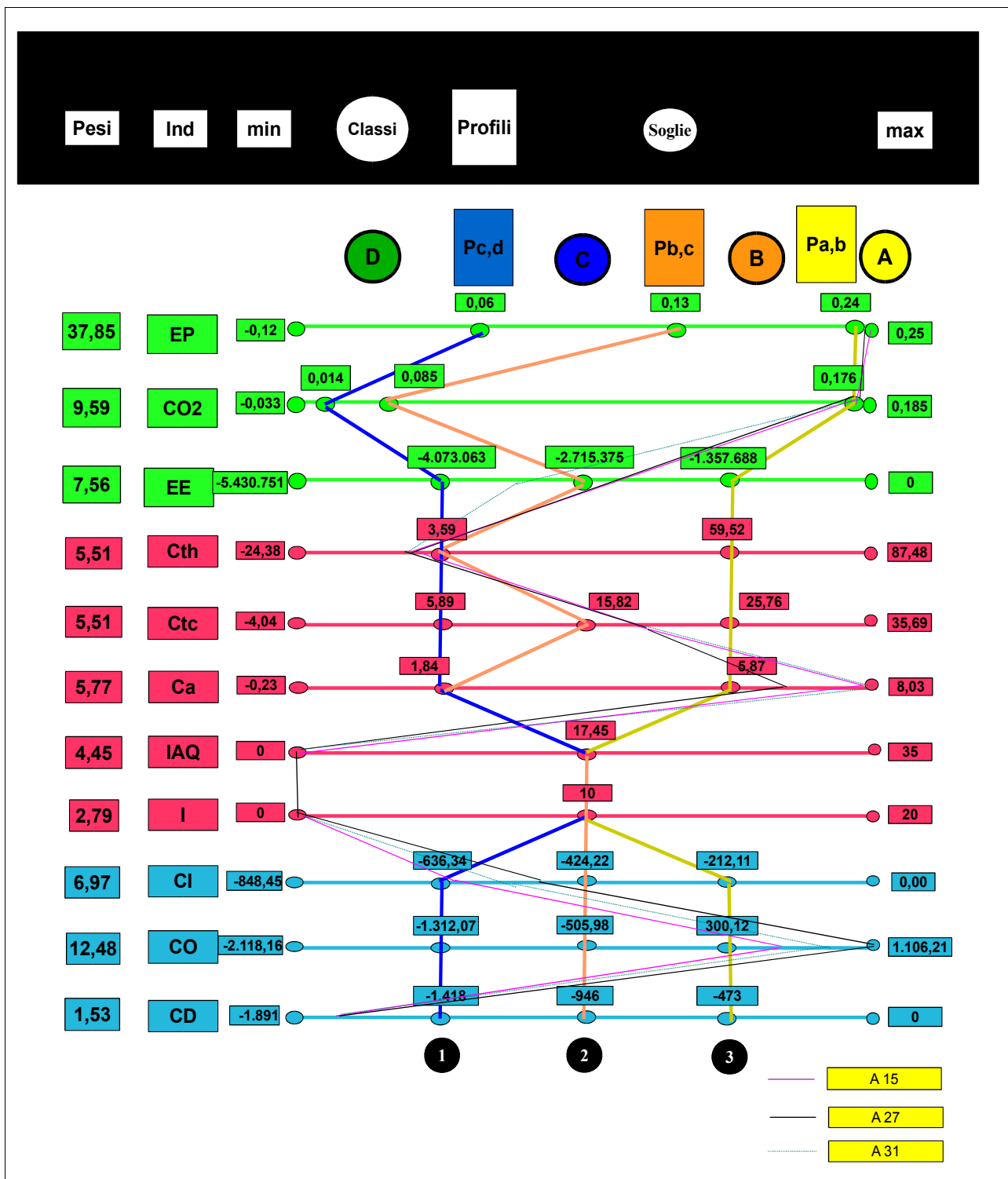


Fig. 3.88 - Visualizzazione di alcune alternative che ricadono in classe A per lo scenario 2020 (A.15, A.27, A.31)

Dalla visualizzazione (Fig. 3.88) di alcune delle alternative migliori (classe A) si evidenziano subito le classi di performance ottenute dagli indicatori. Per quanto per alcuni indicatori queste opzioni si attestano nella classe più svantaggiata (Cth, IAQ, I, CD) e per altri in classi intermedie (CI, Ctc,

EE), senza dubbio negli indicatori multi-scala (EP, CO<sub>2</sub>) si posizionano nella fascia migliore, raggiungendo i target di riduzione più elevati fissati dai piani e programmi per la sostenibilità territoriale.

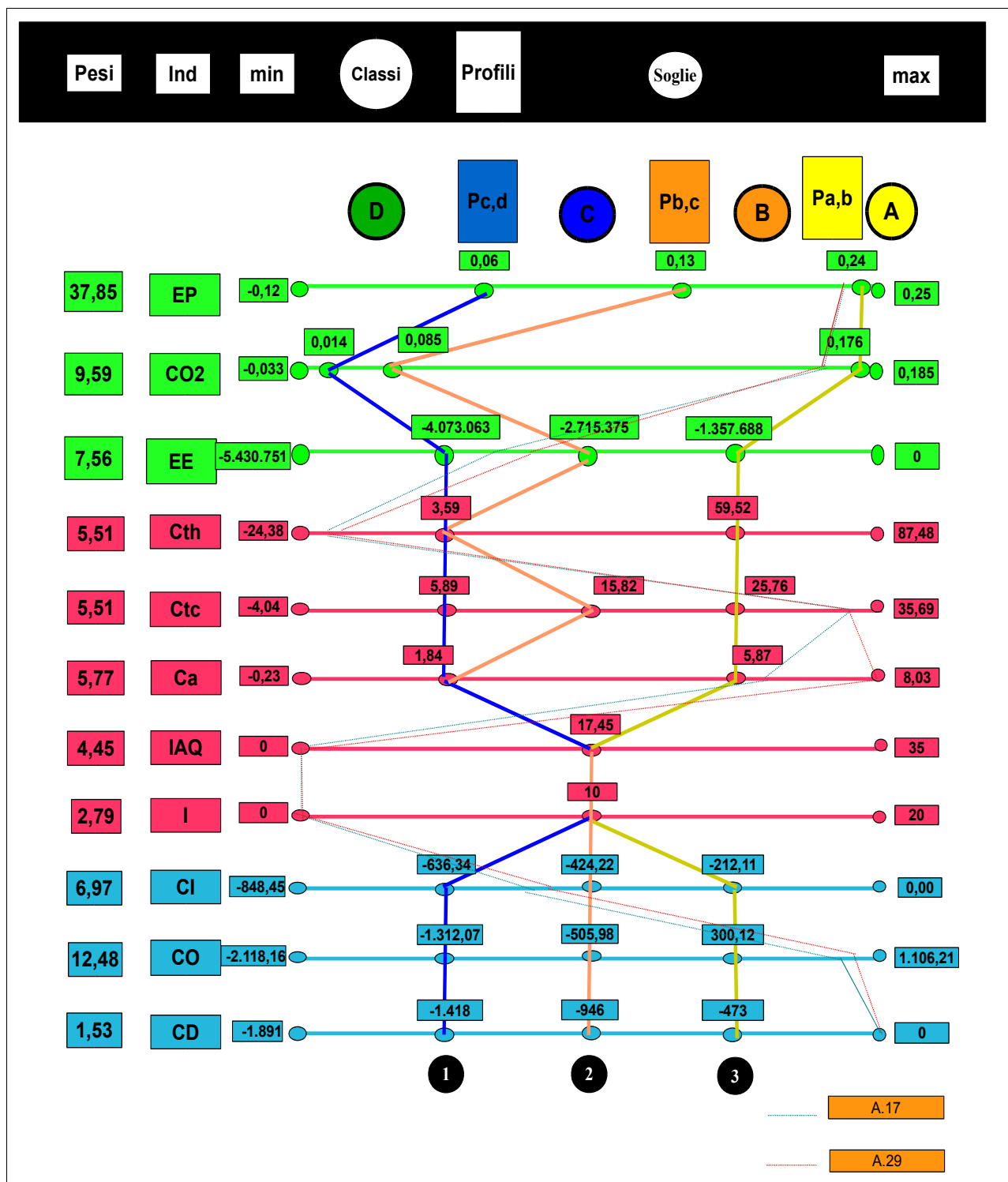


Fig. 3.89 - Visualizzazione di alcune alternative che ricadono in classe B per lo scenario 2020 (A.17, A.29)

La rappresentazione grafica (Fig. 3.89) mette in evidenza l'appartenenza sia della performance EP sia CO<sub>2</sub> alla classe B. Gli indicatori sociali-prestazionali mostrano performance oscillanti tra gli estremi. A parte i costi di investimento, non pessimi, entrambe le alternative si posizionano in classe A per i costi operativi e di dismissione.

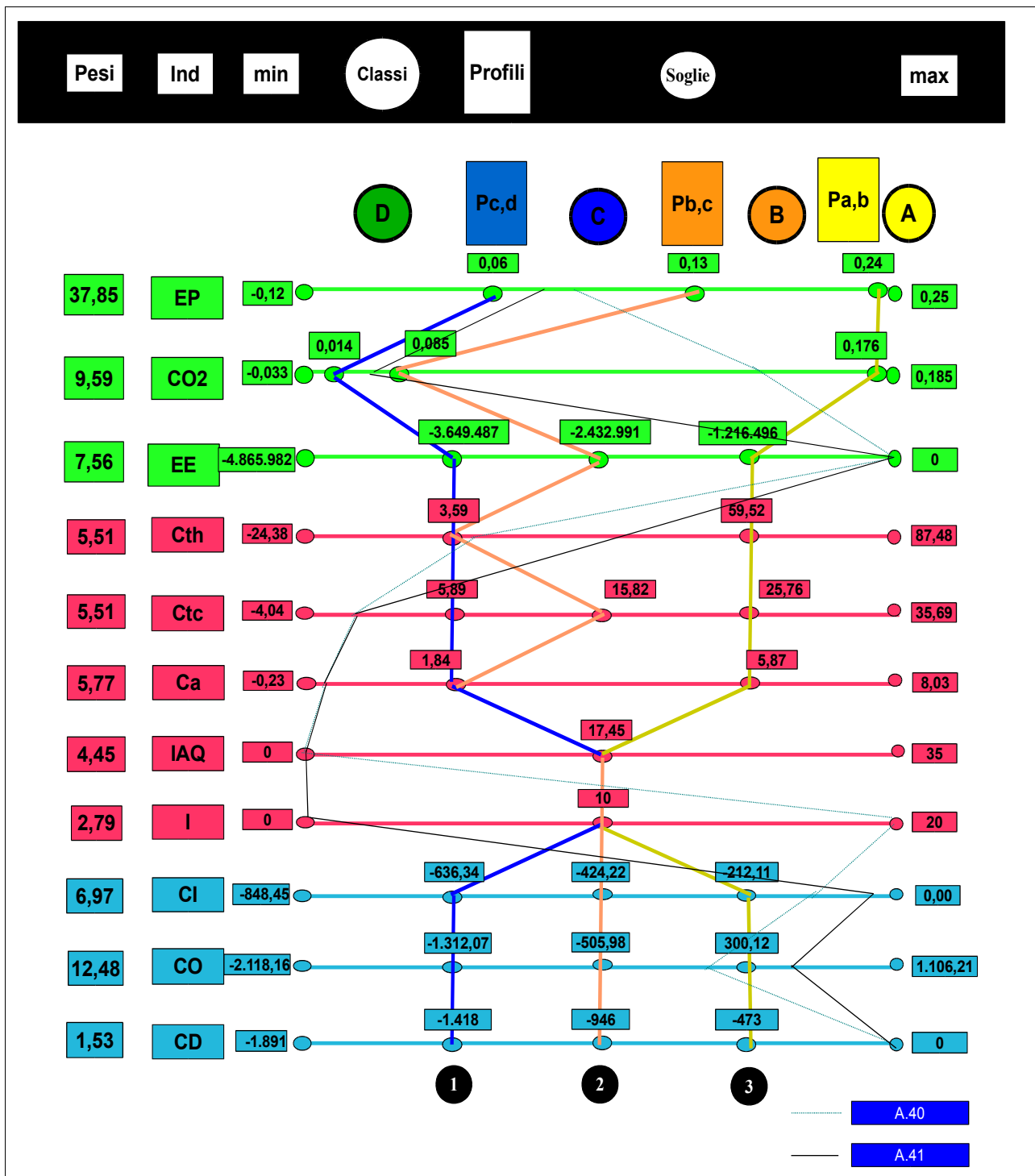


Fig. 3.90 - Visualizzazione di alcune alternative che ricadono in classe C per lo scenario 2020 (A.40, A.41)

Per entrambe le alternative l'indicatore EP si posiziona in classe C (Fig. 3.90). La collocazione di CO<sub>2</sub> è invece distante (classe B, classe C). Per quanto riguarda l'energia incorporata, entrambe non peggiorano lo stato di fatto. Le performance riguardanti il comfort sono scarse per entrambe, tranne nel caso del comfort visivo, nel quale la A.40 si colloca in classe A. In entrambi i casi sono di alto-medio livello le performance economiche. In ogni caso, per entrambe, il fattore determinante per l'assegnazione della classe C risulta il livello raggiunto dalle performance misurate con gli indicatori multi-scala.

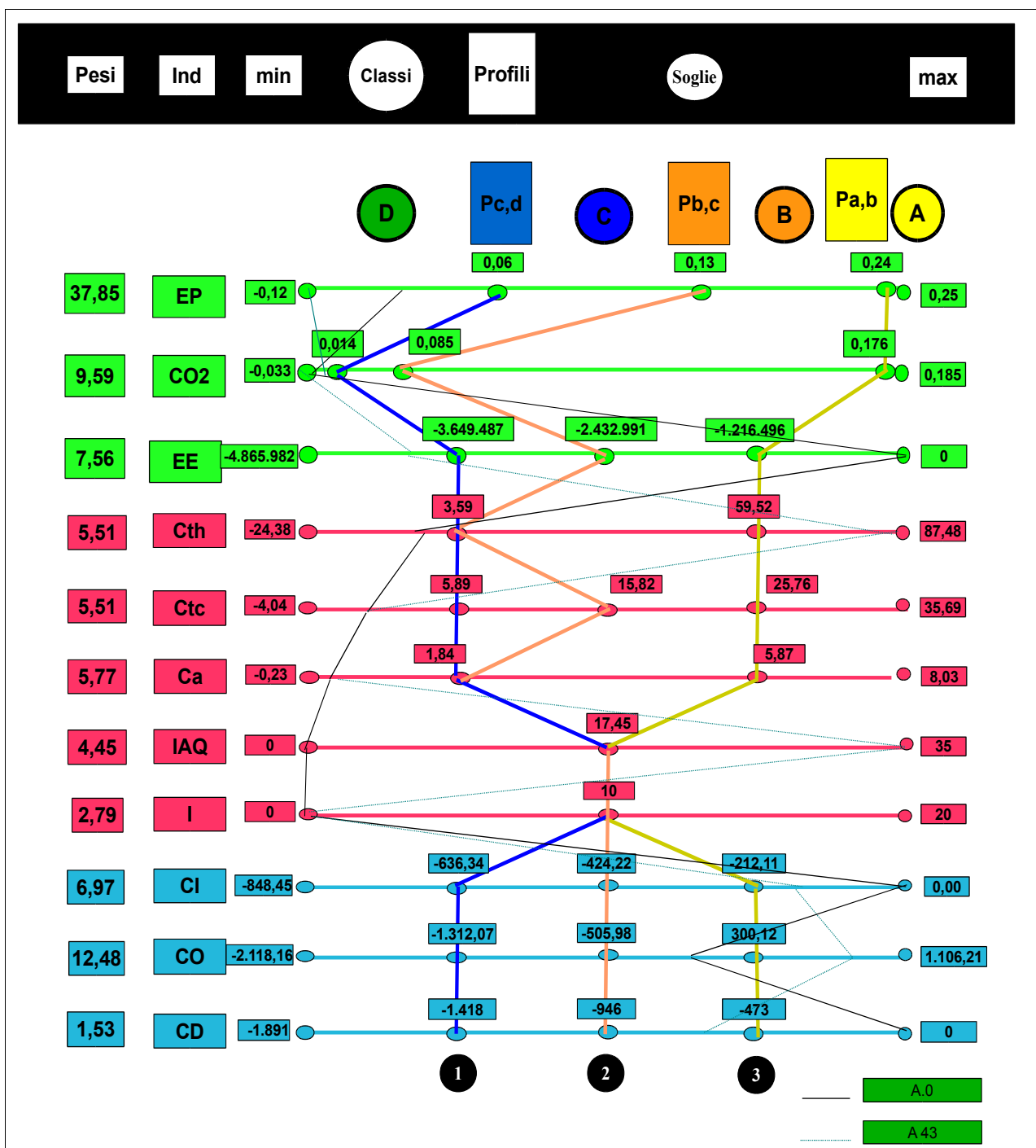


Fig. 3.91 - Visualizzazione di alcune alternative che ricadono in classe D per lo scenario 2020 (A.0, A.43)

Il grafico (Fig. 3.91) evidenzia la performance generale dello Stato di fatto (A.0). Seppure in entrambi i casi, inoltre, alcune performance risultano in classe A e B, quelle descritte dagli indicatori multi-scala e interne all'area sociale-prestazionale si collocano in classe D, con qualche eccezione. Nonostante nell'area economica entrambe si classifichino nelle prime classi, l'appartenenza delle performance degli indicatori multi-scala alla classe D è all'origine della

penalizzazione complessiva.

Tab. 3.129 - Classifica delle alternative per lo scenario 2050 (1/2)

Alternative progettuali		Classe
Categoria	Intervento	
SDF	A0=SDF	<b>B</b>
CVO.CP	A.01	<b>B</b>
CVO.CP	A.02	<b>B</b>
CVO.CP	A.03	<b>B</b>
CVO.CP	A.04	<b>B</b>
CVO.INT	A.05	<b>B</b>
CVO.INT	A.06	<b>B</b>
FIBR	A.07	<b>B</b>
FIBR	A.08	<b>B</b>
SER	A.09	<b>A</b>
SER	A.10	<b>A</b>
SER	A.11	<b>A</b>
SER	A.12	<b>B</b>
SER	A.13	<b>A</b>
SER	A.14	<b>A</b>
SER	A.15	<b>B</b>
SER	A.16	<b>B</b>
SER	A.17	<b>B</b>
SER	A.18	<b>B</b>
SER	A.19	<b>B</b>
SER	A.20	<b>B</b>
SER	A.21	<b>B</b>
SER	A.22	<b>B</b>
SER	A.23	<b>B</b>
SER	A.24	<b>B</b>
SER	A.25	<b>A</b>
SER	A.26	<b>A</b>
SER	A.27	<b>A</b>
SER	A.28	<b>B</b>
SER	A.29	<b>B</b>

Tab. 3.129 - Classifica delle alternative per lo scenario 2050 (2/2)

Alternative progettuali		Classe
Categoria	Intervento	
SER	A.30	<b>B</b>
SER	A.31	<b>B</b>
SER	A.32	<b>B</b>
VCEM	A.33	<b>B</b>
VCEM	A.34	<b>B</b>
VCEM	A.35	<b>B</b>
VCEM	A.36	<b>B</b>
COP	A.37	<b>B</b>
COP	A.38	<b>B</b>
ILL	A.39	<b>B</b>
ILL	A.40	<b>B</b>
RISC	A.41	<b>B</b>
TA	A.42	<b>B</b>
TA	A.43	<b>B</b>

Tab. 3.130 - Raggruppamento delle alternative (2050) in classi omogenee (1/2)

Quantità'	Classe	Alternative progettuali	
		Categoria	Intervento
8	<b>A</b>	SER	A.09
		SER	A.10
		SER	A.11
		SER	A.13
		SER	A.14
		SER	A.25
		SER	A.26
		SER	A.27
36	<b>B</b>	SDF	A0=SDF
		CVO.CP	A.01
		CVO.CP	A.02
		CVO.CP	A.03
		CVO.CP	A.04
		CVO.INT	A.05
		CVO.INT	A.06
		FIBR	A.07

Tab. 3.130 - Raggruppamento delle alternative (2050) in classi omogenee (2/2)

Quantità'	Classe	Alternative progettuali	
		Categoria	Intervento
	<b>B</b>	FIBR	A.08
		SER	A.12
		SER	A.15
		SER	A.16
		SER	A.17
		SER	A.18
		SER	A.19
		SER	A.20
		SER	A.21
		SER	A.22
		SER	A.23
		SER	A.24
		SER	A.28
		SER	A.29
		SER	A.30
		SER	A.31
		SER	A.32
		VCEM	A.33
		VCEM	A.34
		VCEM	A.35
		VCEM	A.36
		COP	A.37
		COP	A.38
		ILL	A.39
		ILL	A.40
		RISC	A.41
		TA	A.42
		TA	A.43



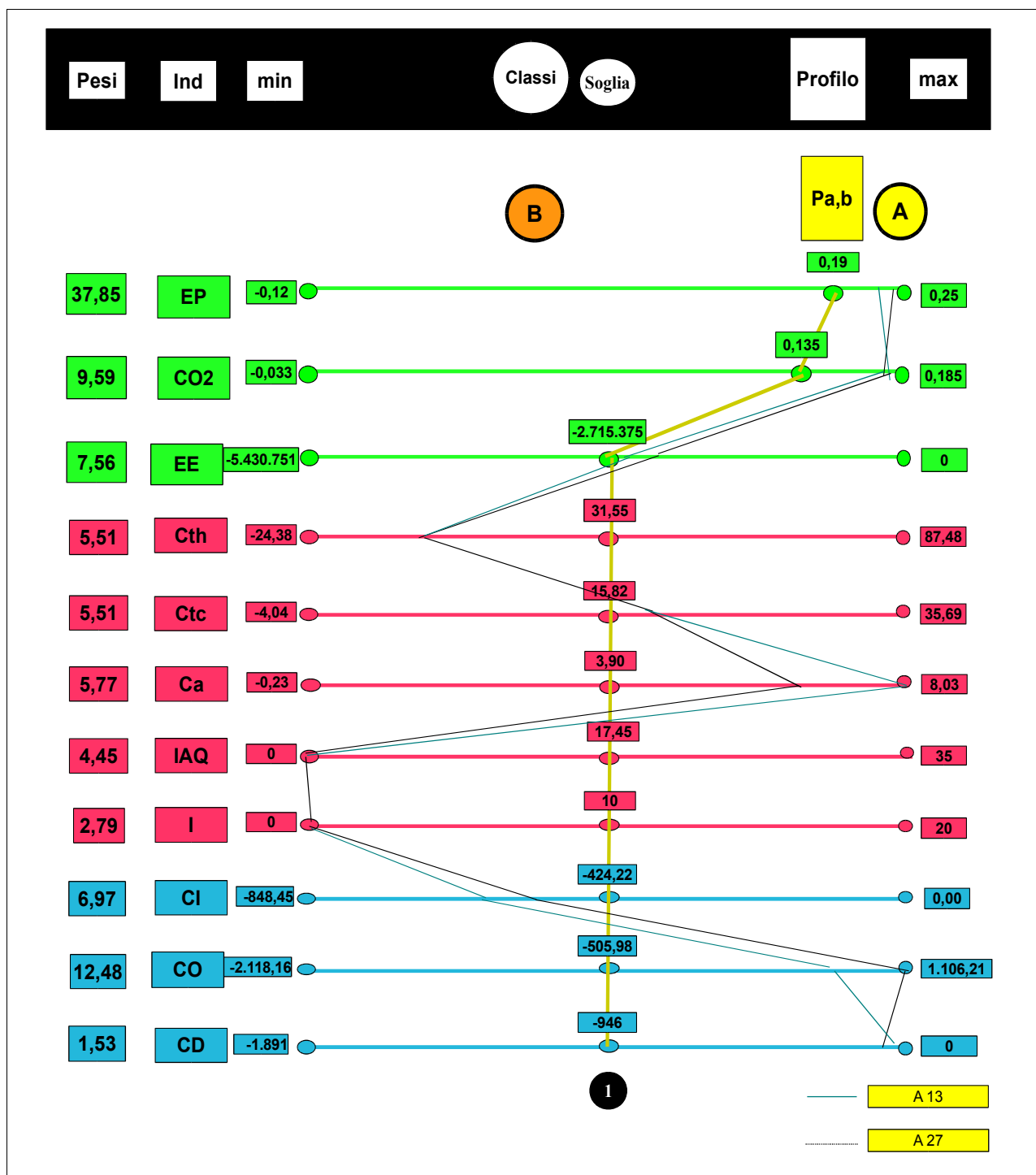


Fig. 3.92 - Visualizzazione di alcune alternative che ricadono in classe A per lo scenario 2050 (A.13, A.27)

Anche in questo scenario la visualizzazione evidenzia le ottime performance delle alternative, in particolare per gli indicatori multi-scala EP e CO<sub>2</sub>. In questo caso, inoltre, le alternative mostrano ottime performance anche per l'energia incorporata (EE), ed entrambi i costi operativi (CO) e di dismissione (CD).

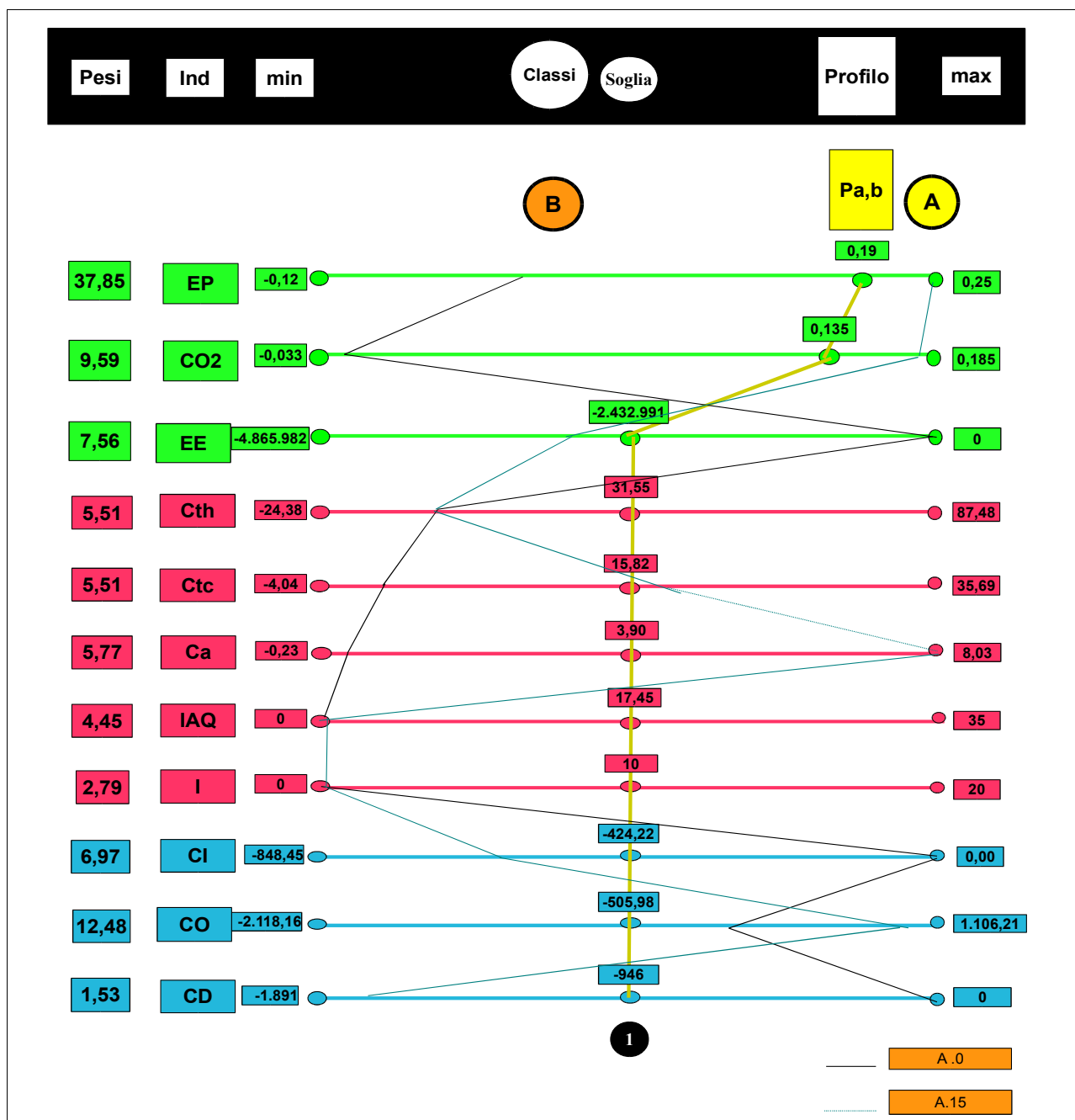


Fig. 3.93 - Visualizzazione di alcune alternative che ricadono in classe B per lo scenario 2050 (A.0, A.15)

La visualizzazione (Fig. 3.93) mette in risalto un confronto particolarmente interessante. Innanzitutto mostra l'opzione A.0 che corrisponde allo Stato di Fatto, caratterizzato dalla performance sempre uguale a zero (riduzione / differenza rispetto a se stesso). Il motivo per il quale si classifica in classe B è dovuto al fatto che sia EP che CO<sub>2</sub> si classificano in classe B, non totalizzando né il minimo dei punti dati dalla somma dei criteri a favore per la classe A, né soddisfacendo il primo requisito della check list (sia EP che CO<sub>2</sub> devono trovarsi in classe A). L'altra opzione rappresentata, invece, pur totalizzando oltre il minimo punteggio fissato per la

somma dei pesi a favore della classe A, avendo entrambi gli indicatori multi-scala in classe A (EP raggiunge il massimo) e rispondendo anche ai requisiti di avere almeno 1 indicatore in classe A sia per l'area sociale sia economica (di cui i costi operativi), non soddisfa l'ultima condizione, ovvero non posizionarsi in classe B per più di 4 indicatori. Quest'ultima condizione diventa pertanto un vero e proprio veto, per questa opzione, all'assegnazione in classe A. L'alternativa A.15 è "Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Pvc / triplo vetro / avvolgibile in pvc": una opzione che, per componenti e materiali, si mostra decisamente svantaggiosa sia per le troppe performance basse, sia nel confronto con le altre.

Tab. 3.131 - Confronto tra le classifiche 2020 e 2050 (1/2)

Alternative progettuali		Classe 2020	Classe 2050
Categoria	Intervento		
SDF	A0=SDF	<b>D</b>	<b>B</b>
CVO.CP	A.01	<b>D</b>	<b>B</b>
CVO.CP	A.02	<b>D</b>	<b>B</b>
CVO.CP	A.03	<b>D</b>	<b>B</b>
CVO.CP	A.04	<b>D</b>	<b>B</b>
CVO.INT	A.05	<b>D</b>	<b>B</b>
CVO.INT	A.06	<b>D</b>	<b>B</b>
FIBR	A.07	<b>D</b>	<b>B</b>
FIBR	A.08	<b>D</b>	<b>B</b>
SER	A.09	<b>B</b>	<b>A</b>
SER	A.10	<b>B</b>	<b>A</b>
SER	A.11	<b>A</b>	<b>A</b>
SER	A.12	<b>A</b>	<b>B</b>
SER	A.13	<b>B</b>	<b>A</b>
SER	A.14	<b>A</b>	<b>A</b>
SER	A.15	<b>A</b>	<b>B</b>
SER	A.16	<b>C</b>	<b>B</b>
SER	A.17	<b>B</b>	<b>B</b>
SER	A.18	<b>B</b>	<b>B</b>
SER	A.19	<b>C</b>	<b>B</b>
SER	A.20	<b>D</b>	<b>B</b>
SER	A.21	<b>B</b>	<b>B</b>
SER	A.22	<b>C</b>	<b>B</b>
SER	A.23	<b>D</b>	<b>B</b>
SER	A.24	<b>D</b>	<b>B</b>
SER	A.25	<b>B</b>	<b>A</b>
SER	A.26	<b>B</b>	<b>A</b>
SER	A.27	<b>A</b>	<b>A</b>
SER	A.28	<b>B</b>	<b>B</b>

Tab. 3.131 - Confronto tra le classifiche 2020 e 2050 (2/2)

Alternative progettuali		Classe 2020	Classe 2050
Categoria	Intervento		
SER	A.29	<b>B</b>	<b>B</b>
SER	A.30	<b>B</b>	<b>B</b>
SER	A.31	<b>A</b>	<b>B</b>
SER	A.32	<b>C</b>	<b>B</b>
VCEM	A.33	<b>D</b>	<b>B</b>
VCEM	A.34	<b>D</b>	<b>B</b>
VCEM	A.35	<b>D</b>	<b>B</b>
VCEM	A.36	<b>D</b>	<b>B</b>
COP	A.37	<b>D</b>	<b>B</b>
COP	A.38	<b>D</b>	<b>B</b>
ILL	A.39	<b>D</b>	<b>B</b>
ILL	A.40	<b>C</b>	<b>B</b>
RISC	A.41	<b>C</b>	<b>B</b>
TA	A.42	<b>D</b>	<b>B</b>
TA	A.43	<b>D</b>	<b>B</b>

Il confronto tra le classifiche (Tab. 3.131) evidenzia 3 alternative comuni alle rispettive classi A degli scenari 2020 e 2050, e precisamente: A.11, A.14 E A.27. Si tratta dunque di interventi che sia a breve-medio termine sia a medio-lungo termine risultano tra i più sostenibili. In particolare, soddisfano i requisiti di sostenibilità ambientale a livello multi-scala più vicini ma anche più ambiziosi come sono quelli individuati per lo scenario 2050. In altre parole, queste opzioni mostrano una certa stabilità nel tempo in termini di sostenibilità. Nello specifico, si tratta di:

Tab. 3.132 - Alternative che si classificano in classe A sia in entrambi gli scenari scenario 2020 e 2050

Categoria	Intervento	Descrizione
SER	A.11	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Pvc / doppio vetro / avvolgibile in pvc
SER	A.14	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Pvc / triplo vetro / veneziane integrate
SER	A.27	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Acciaio / doppio vetro / avvolgibile in pvc

Analizzando le soluzioni tecniche, emerge che hanno in comune delle caratteristiche tali da raggiungere un alto livello di riduzione del fabbisogno energetico e riduzione delle emissioni

rispetto allo Stato di fatto (target a breve-medio e lungo termine). Inoltre hanno delle buone prestazioni a livello di comfort più o meno per tutti gli indicatori. Dal punto di vista economico, l'investimento iniziale è ben recuperato dal risparmio dei costi lungo il ciclo di vita. I costi di dismissione, inoltre, per quanto relativamente alti nel set, sono in senso assoluto esigui, visto l'alto livello di riciclabilità della maggior parte dei materiali impiegati.

Per quanto riguarda invece le specifiche tecniche sulle alternative che si sono classificate in classe A per lo scenario 2020, entrando nel dettaglio sono le seguenti:

Tab. 3.133 - Descrizione delle alternative che ricadono in classe A nello scenario 2020

Categoria	Intervento	Descrizione
SER	A.11	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Pvc / doppio vetro / avvolgibile in pvc
SER	A.12	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Pvc / doppio vetro / avvolgibile in alluminio
SER	A.14	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Pvc / triplo vetro / veneziane integrate
SER	A.15	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Pvc / triplo vetro / avvolgibile in pvc
SER	A.27	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Acciaio / doppio vetro / avvolgibile in pvc
SER	A.31	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Acciaio / triplo vetro / avvolgibile in pvc

Tab. 3.134 - Dettaglio delle performance delle alternative che ricadono in classe A nello scenario 2020

Alternative	EP	CO <sub>2</sub>	EE [MJ]	Ct h [Gradi ora]	Ct c [Gradi ora]	Ca [dB]	IAQ [%]	I [%]	CI [migliaia di Euro]	CO [migliaia di Euro]	CD [Euro]
SER A.11	0,24	0,181	-1.926.986	-6,64	19,30	5,88	0	0	-570,10	911,03	-1.726
SER A.12	0,24	0,180	-3.173.004	-13,99	27,17	5,88	0	0	-593,91	864,84	-1.726
SER A.14	0,24	0,181	-2.165.703	-6,72	19,38	8,03	0	0	-765,21	621,99	-1.152
SER A.15	0,25	0,185	-2.491.755	-6,55	19,22	8,03	0	0	-631,22	802,40	-1.726
SER A.27	0,24	0,179	-2.395.260	-6,72	19,38	5,88	0	0	-490,17	1.106,21	-1.726
SER A.31	0,25	0,179	-2.960.029	-6,64	19,30	8,03	0	0	-551,29	950,79	-1.726

Dall'analisi delle alternative (confrontate con lo stato di fatto), emergono subito, per tutte, le elevate riduzioni di fabbisogno energetico e di emissioni di anidride carbonica equivalente. In particolare, le migliori performance in termini di EP (riduzione di 0,25 ovvero circa un quarto rispetto allo stato di fatto) vengono date, nelle alternative A.15 e A.31, dalla presenza contemporanea di triplo vetro e avvolgibile esterno. Nella A.14, pur essendovi il triplo vetro, non viene raggiunto il massimo beneficio in termini di EP per la presenza di veneziana interna in vetrocamera, che assicura al serramento delle prestazioni energetiche inferiori.

L'energia incorporata, invece, per tutte rientra nella media del set, tranne che per la seconda (A.12), in cui raggiunge un livello elevato, anche se non massimo, per via della presenza dell'alluminio (per gli avvolgibili), materiale ancora poco "ecologico" per l'elevato uso di energia richiesta nei processi industriali di trasformazione, nonostante l'elevato livello di riciclabilità. Per quanto concerne il comfort estivo, anche se queste alternative non si mostrano come le peggiori in assoluto, di nuovo la A.12 è quella meno performante rispetto alle altre, che si mantengono allo stesso livello.

Tutte invece sono ottime per il comfort invernale, dove proprio la A.12 in questo caso eccelle.

Come tutte le alternative che riguardano la sostituzione di serramenti, il beneficio rispetto allo stato di fatto è nullo sia per la qualità dell'aria interna, sia per il benessere visivo, ma di contro non vengono penalizzate nel quadro complessivo della valutazione per il peso relativamente basso dato a questi indicatori dagli stakeholders.

I costi iniziali di investimento sono più alti nella A.14, in cui oltre al triplo vetro, incide il costo della veneziana in vetrocamera.

A fronte di costi di investimento alti per le quantità di prodotti (serramenti) da acquistare e posare, si nota però che in fase operativa i costi vengono in media abbondantemente ripagati, essendo tutti i risparmi in fase d'uso maggiori dei costi in fase iniziale. E ciò principalmente per il risparmio sui costi per riscaldamento in tutto l'edificio e raffrescamento nel caso degli uffici. Fa eccezione, ancora una volta, l'opzione A.14, in cui proprio per la minore prestazione energetica dovuta alle veneziane integrate rispetto agli avvolgibili esterni, i costi per riscaldamento si mantengono elevati.

L'opzione A.27 si mostra, invece, sotto il profilo dei costi, un'ottima soluzione con un rientro sui costi operativi, rispetto allo stato di fatto, del triplo dell'investimento.

Tab. 3.135 - Descrizione delle alternative che ricadono in classe B nello scenario 2020

<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>	<b>Descrizione</b>
SER	A.09	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Pvc / doppio vetro / veneziane interne
SER	A.10	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Pvc / doppio vetro / veneziane integrate
SER	A.13	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Pvc / triplo vetro / veneziane interne
SER	A.17	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Alluminio / doppio vetro / veneziane interne
SER	A.18	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Alluminio / doppio vetro / veneziane integrate
SER	A.21	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Alluminio / triplo vetro / veneziane interne
SER	A.25	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Acciaio / doppio vetro / veneziane interne
SER	A.26	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Acciaio / doppio vetro / veneziane integrate
SER	A.28	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Acciaio / doppio vetro / avvolgibile in alluminio
SER	A.29	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Acciaio / triplo vetro / veneziane interne
SER	A.30	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Acciaio / triplo vetro / veneziane integrate

Tab. 3.136 - Dettaglio delle performance delle alternative che ricadono in classe B nello scenario 2020

Alternative	EP	CO <sub>2</sub>	EE [MJ]	Ct h [Gradi ora]	Ct c [Gradi ora]	Ca [dB]	IAQ [%]	I [%]	CI [migliaia di Euro]	CO [migliaia di Euro]	CD [Euro]	
SER	A.09	0,23	0,169	-1.729.266	-21,45	35,12	5,88	0	0	-499,403	677,88	-1152
SER	A.10	0,23	0,173	-1.600.934	-14,08	27,25	5,88	0	0	-691,864	567,40	-1152
SER	A.13	0,23	0,173	-2.294.035	-21,35	35,04	8,03	0	0	-560,525	705,17	-1152
SER	A.17	0,23	0,168	-3.422.244	-21,54	35,19	5,88	0	0	-568,768	694,53	-1152
SER	A.18	0,24	0,168	-3.293.912	-6,89	19,54	5,88	0	0	-775,101	527,24	-1152
SER	A.21	0,23	0,167	-3.987.013	-21,45	35,12	8,03	0	0	-629,889	491,05	-1152
SER	A.25	0,23	0,167	-2.197.541	-21,54	35,19	5,88	0	0	-419,469	1.022,30	-1152
SER	A.26	0,23	0,167	-2.069.208	-6,89	19,54	5,88	0	0	-595,943	846,46	-1152
SER	A.28	0,23	0,169	-3.641.279	-14,08	27,25	5,88	0	0	-513,979	1.009,36	-1726
SER	A.29	0,23	0,167	-2.762.310	-21,45	35,12	8,03	0	0	-480,590	876,99	-1152
SER	A.30	0,23	0,171	-2.633.977	-14,08	27,25	8,03	0	0	-669,288	722,17	-1152

Dall'esame delle alternative che ricadono in classe B, tutte serramenti, innanzitutto si osserva una certa uniformità nelle performance degli indicatori multi-scala. Per quanto riguarda EE, invece le performance sono molto diversificate. Tra la A.10 e la A.21, addirittura è raddoppiata l'energia incorporata, e questo per una quantità maggiore di componenti del secondo serramento (triplo vetro anziché doppio) e l'impiego di materiali come l'alluminio, caratterizzato da una energia incorporata per unità di peso, elevata.

Relativamente al comfort estivo, tutte le alternative con la peggiore performance (inferiore a -21) sono quelle che prevedono come oscuranti le veneziane interne, certamente meno performanti delle altre tipologie quanto a protezione solare. D'inverno la situazione si ribalta.

Per quanto riguarda il comfort acustico, tutte le migliori alternative raggiungono il massimo valore, classificandosi per questo indicatore in classe A. Si tratta in tutti i casi di serramenti a triplo vetro.



Mentre per IAQ e I il contributo di tutte è nullo, si ha una certa variazione nei costi d'investimento. Ma le maggiori differenze si rilevano nei costi operativi, per quanto tutti i guadagni siano positivi e ricadenti in classe A. Sul fronte dei costi di dismissione, invece, tutte le opzioni ricadono in classe C tranne la A.28 che ricade addirittura classe D ed è l'unica dotata di avvolgibile.

Tab. 3.137 - Descrizione delle alternative che ricadono in classe C nello scenario 2020

Categoria	Intervento	Descrizione
SER	A.16	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Pvc / triplo vetro / avvolgibile in alluminio
SER	A.19	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Alluminio / doppio vetro / avvolgibile in pvc
SER	A.22	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Alluminio / triplo vetro / veneziane integrate
SER	A.32	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Acciaio / triplo vetro / avvolgibile in alluminio
ILL	A.40	Installazione di impianto di accensione/spegnimento/regolazione/controllo dell'illuminazione
RISC	A.41	Installazione valvole termostatiche per regolazione di zona del riscaldamento

Tab. 3.138 - Dettaglio delle performance delle alternative che ricadono in classe C nello scenario 2020

Alternative	EP	CO <sub>2</sub>	EE [MJ]	Ct h [Gradi ora]	Ct c [Gradi ora]	Ca [dB]	IAQ [%]	I [%]	CI [migliaia di Euro]	CO [migliaia di Euro]	CD [Euro]	
SER	A.16	0,24	0,180	-3.737.773	-13,90	27,09	8,03	0	0	-655,03	754,35	-1726
SER	A.19	0,24	0,180	-3.619.964	-6,72	19,38	5,88	0	0	-639,46	752,35	-1726
SER	A.22	0,23	0,172	-3.858.681	-14,08	27,25	8,03	0	0	-848,45	336,69	-1152
SER	A.32	0,24	0,177	-4.206.048	-13,99	27,17	8,03	0	0	-575,10	933,10	-1726
ILL	A.40	0,10	0,134	0	0	0	0	0	20	-101,24	506,06	0
RISC	A.41	0,08	0,068	0	0	0	0	0	0	-20,09	429,29	0

Le alternative che prevedono la sostituzione dei serramenti comprendono tutte componenti in alluminio, e ciò contribuisce a determinare gli alti livelli di energia incorporata. Nel caso delle alternative A.22 e A.23 all'alto valore è fornito anche un contributo dovuto alla presenza del triplo vetro. Per l'alternativa A.32 l'energia incorporata è molto vicina alla massima tra le alternative. Viceversa, per questo tipo di indicatore, le alternative A.40 e A.41 non risultano peggiorative rispetto allo Stato di fatto, per l'esiguo apporto di materiali e componenti.

Mentre tutte le alternative appartenenti alla classe C risultano inoltre non peggiorative rispetto alla qualità dell'aria interna, vi è disparità di performance relativamente al comfort termico e acustico, e ciò perché la A.40 e la A.41 non contribuiscono né ad abbattere né ad aumentare i carichi termici dell'esistente. In riferimento al comfort visivo, l'unica alternativa migliorativa è la A.40.

I costi operativi e i costi di investimento sono tutti migliorativi rispetto all'esistente, con ottime performance, a differenza di quelli di dismissione. I motivi per i quali le alternative vengono escluse dalle classi A e B sono diversi. Per le prime due sono troppi gli indicatori per i quali conseguono una bassa performance, dunque non vi è uniformità nel livello di sostenibilità raggiunto per i vari criteri. Nel caso della A.32, risulta bassa la somma dei criteri a favore delle prime due classi, pertanto raggiungono un livello basso di sostenibilità per la maggior parte dei criteri, in peso. Le ultime due, infine, rivelano un basso livello proprio negli indicatori multi-scala, non riuscendo a conseguire obiettivi significativi né di riduzione del fabbisogno energetico né di anidride carbonica equivalente.

Tab. 3.139 - Descrizione delle alternative che ricadono in classe D nello scenario 2020

<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>	<b>Descrizione</b>
SDF	A0=SDF	
CVO.CP	A.01	Chiusura verticale opaca: isolamento dall'interno con lana di vetro
CVO.CP	A.02	Chiusura verticale opaca: isolamento dall'interno con EPS
CVO.CP	A.03	Chiusura verticale opaca: isolamento dall'interno con lana di roccia
CVO.CP	A.04	Chiusura verticale opaca: isolamento dall'interno con vetro cellulare
CVO.INT	A.05	Chiusura verticale opaca: isolamento dell'intercapedine con perle di EPS
CVO.INT	A.06	Chiusura verticale opaca: isolamento dall'interno con fibra di cellulosa
FIBR	A.07	Sostituzione del pannello di fibrocemento con pannello coibentato con lana di vetro
FIBR	A.08	Sostituzione del pannello di fibrocemento con pannello coibentato con lana di roccia
SER	A.20	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Alluminio / doppio vetro / avvolgibile in alluminio
SER	A.23	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Alluminio / triplo vetro / avvolgibile in pvc
SER	A.24	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Alluminio / triplo vetro / avvolgibile in alluminio
VCEM	A.33	Sostituzione parziale chiusure in vetrocemento con blocchetti normali
VCEM	A.34	Sostituzione totale chiusure in vetrocemento con blocchetti normali
VCEM	A.35	Sostituzione totale chiusure in vetrocemento con blocchetti basso emissivi
VCEM	A.36	Sostituzione totale chiusure in vetrocemento con pannelli Tim
COP	A.37	Copertura: completo rifacimento con coibentazione in EPS
COP	A.38	Copertura: coibentazione interna con lana di roccia
ILL	A.39	Installazione di impianto di accensione/spegnimento dell'illuminazione
TA	A.42	Installazione di impianto di trattamento aria con ventilazione meccanizzata
TA	A.43	Installazione di impianto di trattamento aria con climatizzazione

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Tab. 3.140 - Dettaglio delle performance delle alternative che ricadono in classe D nello scenario 2020 (1/2)

Alternative	EP	CO <sub>2</sub>	EE [MJ]	Ct h [Gradi ora]	Ct c [Gradi ora]	Ca [dB]	IAQ [%]	I [%]	CI [migliaia di Euro]	CO [migliaia di Euro]	CD [Euro]	
SDF	SDF	0,00	0,000	0	0	0	0	0	0	0,000	0	
CVO.CP	A.01	0,02	-0,033	-1.827.728	-5,60	10,15	0	0	0	-232,46	64,48	-809
CVO.CP	A.02	0,02	0,012	-3.770.768	-5,60	10,15	0	0	0	-227,32	57,74	-809
CVO.CP	A.03	0,02	-0,030	-1.353.931	-5,60	10,15	0	0	0	-186,84	143,39	-809
CVO.CP	A.04	0,02	-0,031	-3.268.266	-5,60	10,15	0	0	0	-479,21	-314,15	-809
CVO.INT	A.05	0,01	0,009	-1.092.884	-24,37	35,69	0	0	0	-212,65	64,39	0
CVO.INT	A.06	0,02	0,011	-197.547	-24,37	35,69	0	0	0	-155,69	75,40	0
FIBR	A.07	0,01	0,004	-27.782	0	0	0	0	0	-5,34	25,52	-13
FIBR	A.08	0,01	0,004	-18.996	0	0	0	0	0	-4,50	22,48	-13
SER	A.20	0,23	0,170	-4.865.982	-14,08	27,25	5,88	0	0	-663,28	782,59	-1726
SER	A.23	0,24	0,179	-4.184.733	-6,64	19,30	8,03	0	0	-700,58	571,47	-1726
SER	A.24	0,24	0,178	-5.430.751	-13,99	27,17	8,03	0	0	-724,40	539,95	-1726
VCEM	A.33	0,00	0,001	-62.135	0	0	0	0	0	-10,40	-0,01	-52
VCEM	A.34	0,00	0,001	-62.135	0	0	0	0	0	-21,73	-0,01	-52
VCEM	A.35	0,00	0,002	-62.135	-0,49	-2,02	0	0	0	-28,01	-2.118,16	-52
VCEM	A.36	0,00	0,003	-94.749	-0,97	-4,04	-0,23	0	0	-31,46	-0,24	-63

Tab. 3.140 - Dettaglio delle performance delle alternative che ricadono in classe D nello scenario 2020 (2/2)

Alternative	EP	CO <sub>2</sub>	EE [MJ]	Ct h [Gradi ora]	Ct c [Gradi ora]	Ca [dB]	IAQ [%]	I [%]	CI [migliaia di Euro]	CO [migliaia di Euro]	CD [Euro]	
VCEM	A.36	0,00	0,003	-94.749	-0,97	-4,04	-0,23	0	0	-31,46	-0,24	-63
COP	A.37	0,00	-0,006	-2.298.174	0	0	0	0	0	-103,96	-16,13	-1891
COP	A.38	0,00	0,000	-213.598	0	0	0	0	0	-20,58	-44,64	-629
ILL	A.39	0,09	0,122	0	0	0	0	0	0	-41,96	417,41	0
TA	A.42	0,03	0,010	-546.054	47,09	0	0	34,9	0	-57,10	-383,16	-357
TA	A.43	0,12	-0,005	-546.054	87,48	0	0	34,9	0	-155,09	-739,90	-535

La classe D è la più numerosa e comprende alternative appartenenti a quasi tutte le categorie di intervento, compresa l'alternativa zero, ovvero lo Stato di fatto.

Tra tutte, le uniche a raggiungere alte prestazioni negli indicatori multi-scala sono quelle corrispondenti agli interventi di sostituzione dei serramenti. Queste però conseguono punteggi molto bassi con altri indicatori, a partire dall'energia incorporata.

Tra queste, la A.24 risulta essere la meno performante secondo tale indicatore. Si tratta infatti di una sostituzione con componenti in buona parte in alluminio (telaio serramenti e avvolgibili), con l'aggiunta del triplo vetro.

Tranne i serramenti, tutte le altre alternative hanno in comune bassissime performance relativamente alla riduzione della EP e della CO<sub>2</sub> e questo è il motivo principale che le penalizza. I serramenti, invece, pur posizionandosi in classe elevata per la riduzione della EP e della CO<sub>2</sub> ed avendo almeno 1 criterio dell'area sociale ed uno di quella economica (tra CO e CI), presentano più di 5 criteri a sfavore della classe C, tra cui l'energia incorporata, che è molto alta.

Dunque, le soluzioni tecniche rappresentate da queste alternative non risultano sostenibili nel rispetto della condizione di minima sufficienza in circa la metà dei criteri.

### 3.4.2 Analisi di sensitività, risultati e conclusioni

#### 3.4.2.1 Obiettivo

Nel presente paragrafo vengono riportati i risultati dell'analisi di sensitività, sia relativamente allo scenario 2020 sia 2050.

L'analisi consiste nell'implementazione della procedura di rating:

- ^ al variare del valore minimo della somma dei criteri a favore per ciascuna classe (da 50 a 55, 60, 65, 70, 75, 80)
- ^ al variare (eliminazione progressiva) delle condizioni / veti (check list).

#### 2. Variazione del minimo per la somma dei criteri a favore per il rating dello scenario 2020

Per quanto riguarda la valutazione per lo scenario 2020, per una soglia di 55 i risultati restano invariati, ovvero le alternative si posizionano nelle stesse classi di merito della soglia 50.

Ponendo invece 60 le alternative A.27 e A.31 passano in classe B.

La classifica relativa a 60 è confermata per 65.

Per valore 70 le alternative A.11, A.12, A.14 e A.15 retrocedono in classe B.

Per valore 75 le alternative A.12, A.17, A.18, A.21, A.28, A.29, A.30 e A.31 retrocedono in classe C.

Per valore 80 A.09, A.10, A.11, A.13, A.14, A.15 retrocedono in classe C, mentre A.16, A.30 e A.32 retrocedono in classe D.

La tabella che segue riporta tutti i risultati relativi al rating 2020.

Tab. 3.141 - Classifica delle alternative per lo scenario 2020 per valori (somma di criteri a favore) oltre 50 e fino a 80 (1/2)

Alternative progettuali		Classe 50	Classe 55	Classe 60	Classe 65	Classe 70	Classe 75	Classe 80
Categoria	Intervento							
SDF	A0=SDF	D	D	D	D	D	D	D
CVO.CP	A.01	D	D	D	D	D	D	D
CVO.CP	A.02	D	D	D	D	D	D	D
CVO.CP	A.03	D	D	D	D	D	D	D
CVO.CP	A.04	D	D	D	D	D	D	D
CVO.INT	A.05	D	D	D	D	D	D	D
CVO.INT	A.06	D	D	D	D	D	D	D
FIBR	A.07	D	D	D	D	D	D	D
FIBR	A.08	D	D	D	D	D	D	D
SER	A.09	B	B	B	B	B	B	C
SER	A.10	B	B	B	B	B	B	C
SER	A.11	A	A	A	A	B	B	C

Tab. 3.142 - Classifica delle alternative per lo scenario 2020 per valori (somma di criteri a favore) oltre 50 e fino a 80 (2/2)

Alternative progettuali		Classe 50	Classe 55	Classe 60	Classe 65	Classe 70	Classe 75	Classe 80
Categoria	Intervento							
SER	A.12	A	A	A	A	B	C	C
SER	A.13	B	B	B	B	B	B	C
SER	A.14	A	A	A	A	B	B	C
SER	A.15	A	A	A	A	B	B	C
SER	A.16	C	C	C	C	C	C	D
SER	A.17	B	B	B	B	B	C	C
SER	A.18	B	B	B	B	B	C	C
SER	A.19	C	C	C	C	C	C	C
SER	A.20	D	D	D	D	D	D	D
SER	A.21	B	B	B	B	B	C	C
SER	A.22	C	C	C	C	C	C	C
SER	A.23	D	D	D	D	D	D	D
SER	A.24	D	D	D	D	D	D	D
SER	A.25	B	B	B	B	B	B	B
SER	A.26	B	B	B	B	B	B	B
SER	A.27	A	A	B	B	B	B	B
SER	A.28	B	B	B	B	B	C	C
SER	A.29	B	B	B	B	B	C	C
SER	A.30	B	B	B	B	B	C	D
SER	A.31	A	A	B	B	B	C	C
SER	A.32	C	C	C	C	C	C	D
VCEM	A.33	D	D	D	D	D	D	D
VCEM	A.34	D	D	D	D	D	D	D
VCEM	A.35	D	D	D	D	D	D	D
VCEM	A.36	D	D	D	D	D	D	D
COP	A.37	D	D	D	D	D	D	D
COP	A.38	D	D	D	D	D	D	D
ILL	A.39	D	D	D	D	D	D	D
ILL	A.40	C	C	C	C	C	C	C
RISC	A.41	C	C	C	C	C	C	C
TA	A.42	D	D	D	D	D	D	D
TA	A.43	D	D	D	D	D	D	D

La tabella che segue riassume invece il numero di alternative che ricadono in ciascuna classe, per ciascuna soglia minima.

Tab. 3.143 - Numero di alternative per classe e soglia minima dei criteri a favore (scenario 2020)

<b>Classi / Soglia</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>60</b>	<b>65</b>	<b>70</b>	<b>75</b>	<b>80</b>
<b>A</b>	6	6	4	4	0	0	0
<b>B</b>	11	11	13	13	17	9	3
<b>C</b>	6	6	6	6	6	14	17
<b>D</b>	21	21	21	21	21	21	24

Dall'osservazione della tabella si evince subito che a partire dalla soglia 70 la classe A non esiste più e le migliori alternative (A e B) vengono appiattite tutte in B. Fino a 65 si riesce inoltre ad avere una suddivisione che mette in evidenza un buon numero di alternative migliori (A e B), al contempo raccogliendo in D le alternative con sostenibilità scarsa, che insieme alle C ammontano a 27, pari a circa il 60% del set, a fronte di un 40% di alternative medio-alte.

Per valori 50 e 55 si ha un rapporto tra le alternative con ottimo livello di sostenibilità (A) e buono (B) pari a circa 1/2, che diventa 1/3 circa per le soglie 60 e 65.

Si può dunque concludere, per quanto riguarda lo scenario 2020, che dalla presente analisi di sensitività emergono 2 fasce di soglie minime rispondenti allo scopo del metodo: 50-55 e 60-65. Al di sotto il metodo non soddisferebbe il concetto di sostenibilità e al di sopra non si avrebbe conoscenza, né tanto meno si potrebbero selezionare, le alternative che raggiungono, in particolare, i target più elevati di sostenibilità territoriale, che costituisce lo scopo principale del metodo in oggetto.



### 3.4.2.3 Variazione del minimo per la somma dei criteri a favore per il rating dello scenario 2050

Per una soglia pari a 55, 60, 65, 70 e 75 non si verifica alcuno spostamento delle alternative nelle classi di merito. Invece per 80 tutte e 8 le alternative che si erano classificate in A retrocedono in classe B.

Tab. 3.144 - Classifica delle alternative per lo scenario 2050 per valori (somma di criteri a favore) oltre 50 e fino a 80 (1/2)

Alternative progettuali		Classe 50	Classe 55	Classe 60	Classe 65	Classe 70	Classe 75	Classe 80
Categoria	Intervento							
SDF	A0=SDF	B	B	B	B	B	B	B
CVO.CP	A.01	B	B	B	B	B	B	B
CVO.CP	A.02	B	B	B	B	B	B	B
CVO.CP	A.03	B	B	B	B	B	B	B
CVO.CP	A.04	B	B	B	B	B	B	B
CVO.INT	A.05	B	B	B	B	B	B	B
CVO.INT	A.06	B	B	B	B	B	B	B
FIBR	A.07	B	B	B	B	B	B	B
FIBR	A.08	B	B	B	B	B	B	B
SER	A.09	A	A	A	A	A	A	B
SER	A.10	A	A	A	A	A	A	B

Tab. 3.144 - Classifica delle alternative per lo scenario 2050 per valori (somma di criteri a favore) oltre 50 e fino a 80 (2/2)

Alternative progettuali		Classe 50	Classe 55	Classe 60	Classe 65	Classe 70	Classe 75	Classe 80
Categoria	Intervento							
SER	A.11	A	A	A	A	A	A	B
SER	A.12	B	B	B	B	B	B	B
SER	A.13	A	A	A	A	A	A	B
SER	A.14	A	A	A	A	A	A	B
SER	A.15	B	B	B	B	B	B	B
SER	A.16	B	B	B	B	B	B	B
SER	A.17	B	B	B	B	B	B	B
SER	A.18	B	B	B	B	B	B	B
SER	A.19	B	B	B	B	B	B	B
SER	A.20	B	B	B	B	B	B	B
SER	A.21	B	B	B	B	B	B	B
SER	A.22	B	B	B	B	B	B	B
SER	A.23	B	B	B	B	B	B	B
SER	A.24	B	B	B	B	B	B	B
SER	A.25	A	A	A	A	A	A	B
SER	A.26	A	A	A	A	A	A	B
SER	A.27	A	A	A	A	A	A	B
SER	A.28	B	B	B	B	B	B	B
SER	A.29	B	B	B	B	B	B	B
SER	A.30	B	B	B	B	B	B	B
SER	A.31	B	B	B	B	B	B	B
SER	A.32	B	B	B	B	B	B	B
VCEM	A.33	B	B	B	B	B	B	B
VCEM	A.34	B	B	B	B	B	B	B
VCEM	A.35	B	B	B	B	B	B	B
VCEM	A.36	B	B	B	B	B	B	B
COP	A.37	B	B	B	B	B	B	B
COP	A.38	B	B	B	B	B	B	B
ILL	A.39	B	B	B	B	B	B	B
ILL	A.40	B	B	B	B	B	B	B
RISC	A.41	B	B	B	B	B	B	B
TA	A.42	B	B	B	B	B	B	B
TA	A.43	B	B	B	B	B	B	B

La tabella che segue riassume invece il numero di alternative che ricadono in ciascuna classe, per ciascuna soglia minima.

Tab. 3.145 - Numero di alternative per classe e soglia minima dei criteri a favore (scenario 2050)

<b>Classi / Soglia</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>60</b>	<b>65</b>	<b>70</b>	<b>75</b>	<b>80</b>
<b>A</b>	8	8	8	8	8	8	0
<b>B</b>	36	36	36	36	36	36	44

La tabella mostra la stabilità della distribuzione delle alternative nelle classi, fino ad una soglia pari a 75. Oltre, ovvero per una soglia pari ad 80, tutte le alternative ricadono in classe B e dunque non è più possibile individuare le migliori alternative.

#### 3.4.2.4 Conclusioni sulla soglia minima

Dai risultati dell'analisi di sensitività sulla soglia minima si può comporre la seguente tabella riepilogativa:

Tab. 3.146 - Validità del metodo in funzione del valore di soglia minima

<b>Scenari / Classi</b>	<b>50</b>	<b>55</b>	<b>60</b>	<b>65</b>	<b>70</b>	<b>75</b>	<b>80</b>
<b>2020</b>	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO
<b>2050</b>	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO

Pertanto, l'intervallo di validità del metodo è tra 50 e 65.

#### 3.4.2.5 Analisi di sensitività sulle condizioni / veti (check list) per lo scenario 2020

La tabella che segue riporta la procedura seguita per l'analisi nello scenario 2020.

Tab. 3.147 - Procedura seguita per l'analisi di sensitività della check list, per lo scenario 2020

<b>ANALISI 1</b>	<b>ANALISI 2</b>	<b>ANALISI 3</b>	<b>ANALISI 4</b>	<b>ANALISI 5</b>
				ELIMINAZIONE VETO 2
			ELIMINAZIONE VETO 3	ELIMINAZIONE VETO 3
		ELIMINAZIONE VETO 4	ELIMINAZIONE VETO 4	ELIMINAZIONE VETO 4
	ELIMINAZIONE VETO 5	ELIMINAZIONE VETO 5	ELIMINAZIONE VETO 5	ELIMINAZIONE VETO 5
ELIMINAZIONE VETO 6	ELIMINAZIONE VETO 6	ELIMINAZIONE VETO 6	ELIMINAZIONE VETO 6	ELIMINAZIONE VETO 6

La prima analisi per lo scenario 2020 viene svolta eliminando nella procedura di rating con la soglia 50, da tutte le check list delle classi, l'ultima condizione / veto.

Per quanto riguarda la Analisi 1, eliminando il veto 6, restano i seguenti veti:

Tab. 3.148, Tab. 3.149, Tab. 3.150 - Condizioni / veti per le classi di rating dello scenario 2020, eliminando l'ultimo veto

<b>A</b>
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?
2. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> ?
3. L'altro indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> , escluso dalla coalizione vincente, supera almeno Pb,c?
4. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore dell'area di Sostenibilità Sociale?
5. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra CI e CO dell'area di Sostenibilità Economica?

<b>B</b>
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?
2. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> ?
3. L'altro indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> , escluso dalla coalizione vincente, supera almeno Pc,d?
4. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore dell'area di Sostenibilità Sociale?
5. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra CI e CO dell'area di Sostenibilità Economica?

<b>C</b>
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?
2. La coalizione vincente include entrambi gli indicatori EP e CO <sub>2</sub> ?
3. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore dell'area di Sostenibilità Sociale?
4. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra CI e CO dell'area di Sostenibilità Economica?

Le alternative A.16, A.23 e A.32 antecedono di ben 2 o 3 classi, collocandosi in classe A.

Le alternative A.19, A.20, A.22 e A.24 antecedono invece in classe B, guadagnando 1 o 2 classi.

L'Analisi 2 viene svolta verificando le seguenti condizioni:

Tab. 3.151, Tab. 3.152, Tab. 3.153 - Condizioni / veti per le classi di rating dello scenario 2020, eliminando gli ultimi 2 veti.

<b>A</b>
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?
2. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> ?
3. L'altro indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> , escluso dalla coalizione vincente, supera almeno Pb,c?
4. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore dell'area di Sostenibilità Sociale?

<b>B</b>
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?
2. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> ?
3. L'altro indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> , escluso dalla coalizione vincente, supera almeno Pc,d?
4. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore dell'area di Sostenibilità Sociale?

<b>C</b>
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?
2. La coalizione vincente include entrambi gli indicatori EP e CO <sub>2</sub> ?
3. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore dell'area di Sostenibilità Sociale?

Eliminando i veti 5 e 6 la classifica non risulta modificata, pertanto il veto 5 è influente sui risultati per il set di alternative considerato.

L'Analisi 3 viene svolta verificando le seguenti condizioni:

Tab. 3.154, Tab. 3.155, Tab. 3.156 - Condizioni / veti per le classi di rating dello scenario 2020, eliminando gli ultimi 3 veti

<b>A</b>
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?
2. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> ?
3. L'altro indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> , escluso dalla coalizione vincente, supera almeno Pb,c?

<b>B</b>
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?
2. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> ?
3. L'altro indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> , escluso dalla coalizione vincente, supera almeno Pc,d?

<b>C</b>
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?
2. La coalizione vincente include entrambi gli indicatori EP e CO <sub>2</sub> ?

I risultati non vengono modificati neanche in questo caso, per cui il veto 4 è ininfluenza per l'applicazione al caso studio.

L'Analisi 4 viene svolta verificando le seguenti condizioni:

Tab. 3.157, Tab. 3.158, Tab. 3.159 - Condizioni / veti per le classi di rating dello scenario 2020, eliminando i veti dal 3 in poi

<b>A</b>
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?
2. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> ?

<b>B</b>
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?
2. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> ?

<b>C</b>
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?
2. La coalizione vincente include entrambi gli indicatori EP e CO <sub>2</sub> ?

I risultati non vengono modificati neanche in questo caso, per cui il veto 3 è ininfluenza per l'applicazione al caso studio.

L'Analisi 5 viene svolta verificando le seguenti condizioni:

Tab. 3.160, Tab. 3.161, Tab. 3.162 - Condizioni / veti per le classi di rating dello scenario 2020, eliminando i veti 2, 3, 4, 5 e 6

<b>A</b>
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?

<b>B</b>
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?

<b>C</b>
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?

La A.19 passa in classe A, guadagnando 1 classe e la A.39 antecede alla C.

La seguente tabella riporta i risultati di tutte le analisi sui veti, confrontandoli con i risultati dell'applicazione della check list completa.

Tab. 3.163 - Classifica delle alternative per lo scenario 2020, per soglia di criteri a favore pari a 50 e diversa check list (1/2)

Alternative progettuali		Classe 50	Analisi 1 Elim. veto 6	Analisi 2 Elim. veti 5-6	Analisi 3 Elim. veti 4-5-6	Analisi 4 Elim. veti 3-4-5-6	Analisi 5 Elim. veti 2-3-4-5-6
Categoria	Intervento						
SDF	A0=SDF	D	D	D	D	D	D
CVO.CP	A.01	D	D	D	D	D	D
CVO.CP	A.02	D	D	D	D	D	D
CVO.CP	A.03	D	D	D	D	D	D
CVO.CP	A.04	D	D	D	D	D	D
CVO.INT	A.05	D	D	D	D	D	D
CVO.INT	A.06	D	D	D	D	D	D
FIBR	A.07	D	D	D	D	D	D
FIBR	A.08	D	D	D	D	D	D
SER	A.09	B	B	B	B	B	B
SER	A.10	B	B	B	B	B	B
SER	A.11	A	A	A	A	A	A



"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni  
per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Tab. 3.163 - Classifica delle alternative per lo scenario 2020, per soglia di criteri a favore pari a 50 e diversa check list (1/2)

Alternative progettuali		Classe 50	Analisi 1 Elim. veto 6	Analisi 2 Elim. veti 5-6	Analisi 3 Elim. veti 4-5-6	Analisi 4 Elim. veti 3-4-5-6	Analisi 5 Elim. veti 2- 3-4-5-6
Categoria	Intervento						
SER	A.12	A	A	A	A	A	A
SER	A.13	B	B	B	B	B	B
SER	A.14	A	A	A	A	A	A
SER	A.15	A	A	A	A	A	A
SER	A.16	C	A	A	A	A	A
SER	A.17	B	B	B	B	B	B
SER	A.18	B	B	B	B	B	B
SER	A.19	C	B	B	B	B	A
SER	A.20	D	B	B	B	B	B
SER	A.21	B	B	B	B	B	B
SER	A.22	C	B	B	B	B	B
SER	A.23	D	A	A	A	A	A
SER	A.24	D	B	B	B	B	B
SER	A.25	B	B	B	B	B	B
SER	A.26	B	B	B	B	B	B
SER	A.27	A	A	A	A	A	A
SER	A.28	B	B	B	B	B	B
SER	A.29	B	B	B	B	B	B
SER	A.30	B	B	B	B	B	B
SER	A.31	A	A	A	A	A	A
SER	A.32	C	A	A	A	A	A
VCEM	A.33	D	D	D	D	D	D
VCEM	A.34	D	D	D	D	D	D
VCEM	A.35	D	D	D	D	D	D
VCEM	A.36	D	D	D	D	D	D
COP	A.37	D	D	D	D	D	D
COP	A.38	D	D	D	D	D	D
ILL	A.39	D	D	D	D	D	C
ILL	A.40	C	C	C	C	C	C
RISC	A.41	C	C	C	C	C	C
TA	A.42	D	D	D	D	D	D
TA	A.43	D	D	D	D	D	D

### 3.4.2.6 Discussione sull'analisi di sensitività della check list per lo scenario 2020

La tabella che segue riporta, per ogni veto, l'influenza o meno sui risultati, mostrando come non tutte le alternative che soddisfano il requisito minimo della soglia dei pesi dei criteri a favore comprendano nei criteri a favore uno dei due indicatori multi-scala (EP, CO<sub>2</sub>).

Quando lo comprendono, l'altro indicatore si posiziona sempre non oltre la classe successiva.

Inoltre, sempre in caso di raggiungimento della soglia minima, è sempre compreso nel gruppo di indicatori a favore almeno 1 indicatore dell'area sociale-prestazionale e 1 dell'area economica. Non è sempre vero, però, che gli altri criteri (a sfavore) non si posizionino in classe troppo bassa, ovvero l'ultima (D).

Dunque, ai fini della ricerca in oggetto, il veto 2 è indispensabile per ottenere una selezione di alternative sostenibili territorialmente e questo sia per quanto riguarda la riduzione di energia sia di emissioni. La sostenibilità riferita ad uno dei due obiettivi, almeno per quanto riguarda il caso studio, si rivela collegata all'altro, con il risultato che le alternative che vengono selezionate sono sostenibili, in rapporto al territorio, sotto entrambi gli aspetti.

Le migliori alternative sotto gli aspetti del contributo territoriale, inoltre, risultano anche, almeno in parte, socialmente ed economicamente sostenibili e comunque non presentano carenze significative sotto gli altri aspetti ambientali, sociali, ed economici.

I risultati di questa analisi, dunque, validano il metodo in rapporto agli obiettivi prefissati.

Tab. 3.164 - Influenza dei veti sui risultati, per il caso studio e per lo scenario 2020

<b>Veto 2</b> Includono almeno 1 tra EP e CO <sub>2</sub> ?	<b>Veto 3</b> L'altro tra EP e CO <sub>2</sub> supera almeno / Pb,c Pc,d?	<b>Veto 4</b> Includono almeno 1 dell'area Sost. Soc.?	<b>Veto 5</b> Includono almeno 1 tra CI e CO dell'area Sost. Econ.?	<b>Veto 6</b> Includono max 4/5 criteri oltre Pc,d?
SI	NO	NO	NO	SI

### 3.4.2.7 Analisi di sensitività sulle condizioni / veti (check list) per lo scenario 2050

La tabella che segue riporta la procedura seguita per l'analisi nello scenario 2050.

Tab. 3.165 - Procedura seguita per l'analisi di sensitività della check list, per lo scenario 2050

<b>ANALISI 1</b>	<b>ANALISI 2</b>	<b>ANALISI 3</b>	<b>ANALISI 4</b>
			ELIMINAZIONE VETO 2
		ELIMINAZIONE VETO 3	ELIMINAZIONE VETO 3
	ELIMINAZIONE VETO 4	ELIMINAZIONE VETO 5	ELIMINAZIONE VETO 5
ELIMINAZIONE VETO 5	ELIMINAZIONE VETO 5	ELIMINAZIONE VETO 5	ELIMINAZIONE VETO 5

La prima analisi per lo scenario 2050 viene svolta eliminando nella procedura di rating con la soglia 50, da tutte le check list delle classi, l'ultima condizione / veto.

Per quanto riguarda la Analisi 1, eliminando il veto 5, restano i seguenti veti:

Tab. 3.166 - Condizioni / veti per le classi di rating dello scenario 2050

A
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?
2. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> ?
3. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore dell'area di Sostenibilità Sociale?
4. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra CO e CD dell'area di Sostenibilità Economica?

Eliminando il veto 5 la classifica cambia.

Le alternative A.12, A.15, A.16, A.17, A.18, A.19, A.20, A.21, A.22, A.23, A.24, A.28, A.29, A.30, A.31, A.32 antecedono alla classe A.

La seconda analisi per lo scenario 2050 viene svolta eliminando nella procedura di rating con la soglia 50, da tutte le check list delle classi, le condizioni / veti 4 e 5.

Restano pertanto i seguenti veti:

Tab. 3.167 - Condizioni / veti per le classi di rating dello scenario 2050

A
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?
2. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> ?
3. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore dell'area di Sostenibilità Sociale?

L'eliminazione dei veti non produce cambiamenti nella classifica.

La terza analisi per lo scenario 2050 viene svolta eliminando nella procedura di rating con la soglia 50, da tutte le check list delle classi, le condizioni / veti 3, 4 e 5.

Restano pertanto i seguenti veti:

Tab. 3.168 - Condizioni / veti per le classi di rating dello scenario 2050

<b>A</b>
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?
2. La coalizione vincente include almeno 1 indicatore tra EP e CO <sub>2</sub> ?

Anche l'eliminazione del veto 3 non produce cambiamenti nella classifica.

La quarta analisi per lo scenario 2050 viene svolta eliminando nella procedura di rating con la soglia 50, da tutte le check list delle classi, le condizioni / veti 2, 3, 4 e 5. Restano pertanto i seguenti veti:

Tab. 3.169 - Condizioni / veti per le classi di rating dello scenario 2050

<b>A</b>
1. La somma dei pesi della coalizione a favore raggiunge la soglia minima vincente (50)?

Anche l'eliminazione del veto 2 non produce cambiamenti nella classifica. Si può pertanto riassumere tutti i risultati nella seguente tabella.

Tab. 3.170 - Classifica delle alternative per lo scenario 2050, per soglia di criteri a favore pari a 50 e diversa check list (1/2)

Alternative progettuali		Classe 50	Analisi 1 Elim. veto 5	Analisi 2 Elim. veti 4-5	Analisi 3 Elim. veti 3-4-5	Analisi 4 Elim. veti 2-3-4-5
Categoria	Intervento					
SDF	A0=SDF	B	B	B	B	B
CVO.CP	A.01	B	B	B	B	B
CVO.CP	A.02	B	B	B	B	B
CVO.CP	A.03	B	B	B	B	B
CVO.CP	A.04	B	B	B	B	B
CVO.INT	A.05	B	B	B	B	B
CVO.INT	A.06	B	B	B	B	B
FIBR	A.07	B	B	B	B	B
FIBR	A.08	B	B	B	B	B
SER	A.09	A	A	A	A	A
SER	A.10	A	A	A	A	A

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

Tab. 3.170 - Classifica delle alternative per lo scenario 2050, per soglia di criteri a favore pari a 50 e diversa check list (2/2)

Alternative progettuali		Classe 50	Analisi 1 Elim. veto 5	Analisi 2 Elim. veti 4-5	Analisi 3 Elim. veti 3-4-5	Analisi 4 Elim. veti 2-3-4-5
Categoria	Intervento					
SER	A.11	A	A	A	A	A
SER	A.12	B	A	A	A	A
SER	A.13	A	A	A	A	A
SER	A.14	A	A	A	A	A
SER	A.15	B	B	B	B	B
SER	A.16	B	A	A	A	A
SER	A.17	B	A	A	A	A
SER	A.18	B	A	A	A	A
SER	A.19	B	A	A	A	A
SER	A.20	B	A	A	A	A
SER	A.21	B	A	A	A	A
SER	A.22	B	A	A	A	A
SER	A.23	B	A	A	A	A
SER	A.24	B	A	A	A	A
SER	A.25	A	A	A	A	A
SER	A.26	A	A	A	A	A
SER	A.27	A	A	A	A	A
SER	A.28	B	A	A	A	A
SER	A.29	B	A	A	A	A
SER	A.30	B	A	A	A	A
SER	A.31	B	A	A	A	A
SER	A.32	B	A	A	A	A
VCEM	A.33	B	B	B	B	B
VCEM	A.34	B	B	B	B	B
VCEM	A.35	B	B	B	B	B
VCEM	A.36	B	B	B	B	B
COP	A.37	B	B	B	B	B
COP	A.38	B	B	B	B	B
ILL	A.39	B	B	B	B	B
ILL	A.40	B	B	B	B	B
RISC	A.41	B	B	B	B	B
TA	A.42	B	B	B	B	B
TA	A.43	B	B	B	B	B

### 3.4.2.8 Discussione sull'analisi di sensitività della check list per lo scenario 2050

La tabella che segue riassume i risultati finali circa l'influenza o meno dei veti sulla classificazione delle alternative.

Ciò che emerge innanzitutto è che il discrimine principale tra le alternative è dato dalle differenze del livello di sostenibilità (rapportata allo stato di fatto) tra i valori raggiunti per diversi indicatori. In altre parole, mentre alcune alternative (quelle che si classificano alla fine in A) oltre a raggiungere un ottimo livello di riduzione dei consumi energetici e della emissione di anidride carbonica, risultano altrettanto valide anche per la maggior parte degli altri indicatori, ve ne sono altre (quelle che vanno in B) che non raggiungono lo stesso livello, non avendo una elevata sostenibilità, per così dire distribuita. Ciò conferma la necessità di inserire nella check list una condizione come la 5.

Per quanto riguarda gli altri veti, si può concludere che a livelli molto elevati richiesti alle alternative, sia in rapporto ai target internazionali fissati a lungo periodo, sia al set, già formato da interventi di qualità alta, ad elevate performance energetiche ragionevolmente corrispondono alte performance sul risparmio di CO<sub>2</sub>, nonché almeno buone performance sociali-prestazionali e medio-alte prestazioni economiche.

Viceversa, non sempre ottime alternative, molto migliorative rispetto allo stato di fatto sia dal punto di vista energetico sia delle emissioni, sono ottime anche nella maggior parte delle altre performance richieste.

Tab. 3.171 - Influenza dei veti sui risultati, per il caso studio e per lo scenario 2050

<b>Veto 2</b> Includono sia EP che CO <sub>2</sub> ?	<b>Veto 3</b> Includono almeno 1 dell'area Sost. Soc.?	<b>Veto 4</b> Includono almeno 1 tra CO e CD dell'area Sost. Econ.?	<b>Veto 5</b> Includono max 4 criteri oltre Pa,b?
NO	NO	NO	SI

### 3.4.2.9 Conclusioni sull'analisi di sensitività

Dall'osservazione delle tabelle riassuntive dei risultati delle due analisi di sensitività, svolte sugli scenari 2020 e 2050 e dalle considerazioni espresse sui risultati, si possono trarre le sotto riportate conclusioni di ordine specifico (sul metodo) e generale.

Conclusioni specifiche (sul metodo):

- ⤴ La suddivisione della classifica in 4 classi di diverso livello (A, B, C, D) è appropriata, in quanto consente, per i vincoli dati e la gerarchia delle preferenze date dagli stakeholders, di selezionare, in un set di alternative dato, 4 gruppi di diverso livello di sostenibilità, da impiegare a supporto di un processo decisionale.
- ⤴ L'intervallo tra 50 e 65 per la soglia minima dei criteri a favore di ciascuna classe è valido in

relazione al numero delle classi scelto.

- ⤴ Le condizioni / veti fissate per entrambi gli scenari sono appropriate e necessarie allo scopo del metodo.
- ⤴ Il metodo è efficace per valutare e selezionare un set di alternative in base alle relazioni conseguenti tra l'edificio con il contesto. Queste relazioni, per poter essere integrate nei processi gestionali, sono tradotte in obiettivi collegati ai target di sostenibilità fissati alle scale territoriali, nella prospettiva di miglioramento ambientale generale dell'ambiente costruito che va dal breve-medio al lungo periodo.
- ⤴ Il metodo consente l'ottimizzazione delle scelte tecnico-progettuali in base al sistema di benchmarking così costruito.
- ⤴ Solitamente, al livello di performance ambientale/multi-scala di un intervento corrisponde anche se talvolta molto parzialmente lo stesso livello di sostenibilità nell'area sociale ed economica e questo per l'immancabile rapporto di interdipendenza tra indicatori di sostenibilità e di causa effetto delle azioni sullo stesso edificio.
- ⤴ D'altro canto, in una valutazione occorre evitare che siano molti gli altri aspetti-indicatori che non si posizionano allo stesso livello. Introdurre un veto in questa direzione consente di affinare i risultati per ogni classe.

#### Conclusioni generali:

- ⤴ Collegare e confrontare le performance degli interventi edilizi a riferimenti esterni, a medio e lungo termine, fissati in una prospettiva di miglioramento efficace, generalizzato e unificato (per ambiti territoriali) consente di valutare in maniera finalizzata e coerente delle ipotesi di modificazione dell'esistente. Ciò soprattutto se la valutazione confronta le performance tutte in rapporto a quelle dell'edificio allo stato di fatto.
- ⤴ Poter estrarre dal set di possibili alternative quelle che meglio contribuiscono al raggiungimento degli obiettivi generali del contesto consente di gestire i processi decisionali avendo consapevolezza del loro valore "ambientale e territoriale", per individuare priorità e modalità.
- ⤴ Per set di ipotesi di intervento di livello alto, pre-selezionate dal punto di vista tecnico e tecnologico, soprattutto nei limiti imposti dai processi edilizi su edifici esistenti, si può pensare di metterle in competizione tra loro per tutte le altre prestazioni (ambientali, sociali ed economiche) non collegabili agli obiettivi esterni pre-fissati da autorità e contesti ufficiali.
- ⤴ Quando si richiedono alte performance di riduzione dei consumi energetici e di produzione di emissioni di gas serra, si nota che le soluzioni tecniche che soddisfano uno dei due criteri tendono a coincidere con le altre e questo per la produzione di emissioni connessa con la produzione di energia.
- ⤴ Viceversa, per gli altri aspetti/indicatori di sostenibilità, corrisponde ad un modello ideale l'edificio in cui tutte le performance siano allo stesso livello di sostenibilità. Nella costruzione di un sistema rating, occorrerà dunque "filtrare" quelle che per la maggior parte ricoprono uno stesso livello per tutte e tre le aree della sostenibilità.

### **3.4.3 Secondo sistema di pesi e risultati**

#### **3.4.3.1 Obiettivo**

Nel presente paragrafo viene implementata la procedura di rating, per entrambi gli scenari, adottando una nuova matrice di pesi. Ciò nasce dall'intenzione di verificare come le alternative si classificano in presenza di un sistema di pesi non indicato dagli stakeholders, ma più "neutro" rispetto a singoli o gruppi di preferenza, che avevano assegnato un peso globale ai criteri dell'area di sostenibilità ambientale proporzionalmente più elevato rispetto alle altre aree.

Nel rispetto del principio di sostenibilità basato sui 3 pilastri (ambientale, sociale, economico), il nuovo sistema di pesi divide la somma (100) in 3 parti uguali (33,33) e riproporziona i pesi parziali secondo la gerarchia interna data dagli stakeholders.

#### **3.4.3.2 Risultati del rating con la nuova matrice dei pesi**

Applicando la procedura di rating, ovvero sostituendo i pesi precedenti con i nuovi e verificando se la somma dei pesi dei criteri a favore raggiunge la soglia minima di 50, per entrambi gli scenari, le classifiche non risultano modificate.

Nel nuovo rating, tutte le alternative che raggiungevano la soglia minima si confermano.

Alcune che prima non raggiungevano la soglia minima, la raggiungono con il nuovo sistema di pesi. Sono, per lo scenario 2020, per la classe C, A.0, A.7, A.8, A.33, A.34, A.37, A.38, A.42 e A.43. Per lo scenario 2050, invece, sono A.05, A.06 e A.42. Ma tutte non superano la prima condizione, ovvero né EP né CO<sub>2</sub> sono compresi tra i criteri a favore.

Ciò dimostra ancora una volta la validità della condizione suddetta, indispensabile requisito per il raggiungimento degli obiettivi del metodo.

Di seguito è riportata la tabella, con il confronto tra primo e secondo sistema di pesi.



Tab. 3.172 - Pesi attribuiti agli indicatori nel primo e nel secondo sistema di pesi

<b>INDICATORI</b>	<b>PESO GLOBALE (%)</b>	<b>PESO* GLOBALE (%)</b>
EP (rid rispetto allo Sdf) [%]	37,85	22,94
CO <sub>2</sub> (rid rispetto allo Sdf) [%]	9,59	5,81
EE (rid. rispetto allo Sdf) [MJ]	7,56	4,58
<b>Sostenibilità ambientale</b>	<b>55</b>	<b>33,33</b>
Ct h (riduzione rispetto allo Sdf) [gradi ora hot ]	5,51	7,64
Ct c (riduzione rispetto allo Sdf) [gradi ora cool ]	5,51	7,64
Ca (aumento R Medio rispetto allo Sdf) [dB]	5,77	8,00
IAQ (riduzione PPD rispetto al Sdf) [%]	4,45	6,17
I Qualità Illuminazione (riduzione Psup insoddisfatti) [%]	2,79	3,87
<b>Sostenibilità sociale-prestazionale</b>	<b>24,03</b>	<b>33,33</b>
CI (diff. con lo Sdf) [migliaia di Euro]	6,97	11,07
CO (diff. Con lo Sdf) [migliaia di Euro]	12,48	19,83
CD (diff. Con lo Sdf) [Euro]	1,53	2,43
<b>Sostenibilità economica</b>	<b>20,98</b>	<b>33,33</b>

### 3.4.4 Applicazione dei risultati agli obiettivi strategici del Campus Sostenibile

#### 3.4.4.1 Obiettivi strategici del Campus Sostenibile e alternative considerate

Il presente paragrafo ha l'obiettivo di applicare i risultati conseguiti attraverso il metodo agli obiettivi strategici del Campus sostenibile, che vengono di seguito riportati:

##### *Uso dell'energia*

Tema identificato dal progetto Città Studi Campus sostenibile: Energy

ISCN Priority topic: Resource use / Energy consumption

Topic: Use of energy

##### *Emissioni*

Tema identificato dal progetto Città Studi Campus sostenibile: Environment

ISCN Priority topic: Institution-wide carbon targets and related achievements

Topic: Carbon emissions (organization-wide)

In sostanza, si vogliono quantificare le ricadute positive sul campus dei migliori interventi sull'edificio individuati attraverso la procedura di rating, in termini di risparmio energetico e di riduzione delle emissioni. Si vuole anche stimare quali risorse economiche si debbano investire e quali risparmi complessivi e parziali si ottengano dal miglioramento delle prestazioni complessive del patrimonio immobiliare e della qualità della vita nel quartiere generati dagli interventi suddetti. Cio' in applicazione del modello di approccio integrato a supporto delle decisioni sviluppato nel paragrafo 3.1.3 e dei principi comuni ai progetti aderenti alla rete di campus universitari internazionale ISCN, riportati nel paragrafo 3.3.3:

- ▲ Principio 1: "To demonstrate respect for nature and society, sustainability considerations should be an integral part of planning, construction, renovation, and operation of buildings on campus"
- ▲ Principio 2: "To ensure long-term sustainable campus development, campus-wide master planning and target-setting should include environmental and social goals"
- ▲ Principio 3: "To align the organization's core mission with sustainable development, facilities, research, and education should be linked to create a "living laboratory" for sustainability".

In particolare, vengono prese in considerazione le alternative che si classificano in classe A in entrambi gli scenari (2020 e 2050), ovvero quelle che, a seguito dell'applicazione del metodo, risultano essere le migliori in base agli obiettivi:

Tab. 3.173 - Alternative che si classificano in classe A in entrambi gli scenari (2020 e 2050)

<b>Categoria</b>	<b>Intervento</b>	<b>Descrizione</b>
SER	A.11	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Pvc / doppio vetro / avvolgibile in pvc
SER	A.14	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Pvc / triplo vetro / veneziane integrate
SER	A.27	Sostituzione serramenti e oscuranti con serramenti in Acciaio / doppio vetro / avvolgibile in pvc

### 3.4.4.2 Effetti dall'edificio al contesto degli interventi edilizi più sostenibili da un punto di vista multi-scala

Di seguito sono riportati i rispettivi valori degli indicatori:

Tab. 3.174 - Valori degli indicatori per le alternative che si classificano in classe A in entrambi gli scenari (2020 e 2050), in riferimento allo Stato di fatto

Alternative	EP	CO <sub>2</sub>	EE (MJ)	Ct h (Gradi ora)	Ct e (Gradi ora)	Ca (dB)	IAQ (%)	I (%)	CI (migliaia di Euro)	CO (migliaia di Euro)	CD (Euro)	
SER	A.11	0,24	0,181	-1.926.986	-6,64	19,30	5,88	0	0	-570,10	911,03	-1.726
SER	A.14	0,24	0,181	-2.165.703	-6,72	19,38	8,03	0	0	-765,21	621,99	-1.152
SER	A.27	0,24	0,179	-2.395.260	-6,72	19,38	5,88	0	0	-490,17	1.106,21	-1.726

Vengono anche riportati i valori calcolati per i parametri riferiti agli usi energetici e alle emissioni di anidride carbonica associate alle fasi di produzione, uso e dismissione e quelli relativi alle voci economiche, così da inserire l'intervento scelto dal decisore nei piani e documenti programmatici ed economici elaborati ed aggiornati periodicamente dal management del Politecnico e stanziare le cifre necessarie per la realizzazione e gestione.

Nella prima tabella sia l'energia primaria annuale sia i consumi elettrici sono stimati per unità di superficie (dati Maltese S., 2012) e le emissioni sono considerate lungo il ciclo di vita (60 anni), mentre nella seconda tutti i consumi energetici sono stimati per l'intero edificio e le emissioni sono parametrizzate su base annuale, per il confronto con i dati del Campus. In entrambi i casi, rispetto ai dati utilizzati per la procedura di rating, non vengono considerati gli apporti delle emissioni per le fasi di produzione e dismissione, ma solo per la fase d'uso, per disporre di dati omogenei a quelli del campus.

Tab. 3.175 - Valori calcolati per i parametri riferiti agli usi energetici e alle emissioni di anidride carbonica associate alle fasi di produzione, uso e dismissione e quelli relativi alle voci economiche (sia l'energia primaria annuale sia i consumi elettrici sono stimati per unità di superficie e le emissioni sono considerate lungo il ciclo di vita pari a 60 anni) (dati Maltese S., 2012)

Alternative		EPh + EP <sub>c</sub> [kWh/m <sup>2</sup> a]	E EI [kWh/m <sup>2</sup> a]	EPh+EP <sub>c</sub> CO <sub>2</sub> [t]	E EI CO <sub>2</sub> [t]	Totale (fase d 'uso) CO <sub>2</sub> [t]	CI [Euro]	CO [Euro]	CD [Euro]	Totale LCC [Euro]
SER	A.11	100	64	7.945	23.165	31.110	570.099	7.779.703	1.726	8.351.528
SER	A.14	100	64	7.945	23.165	31.110	765.210	8.068.754	1.152	8.835.116
SER	A.27	100	64	7.945	23.165	31.110	490.165	7.584.523	1.726	8.076.414

Tab. 3.176 - Valori dei parametri riferiti agli usi energetici (unitari) e alle emissioni di anidride carbonica associate alle fasi di produzione, uso e dismissione e quelli relativi alle voci economiche, per le alternative che si classificano in classe A in entrambi gli scenari (2020 e 2050)

Alternative		EPh + EP <sub>c</sub> [kWh a]	E EI [kWh a]	EPh+EP <sub>c</sub> CO <sub>2</sub> [ta]	E EI CO <sub>2</sub> [ta]	Totale fase d'uso CO <sub>2</sub> [ta]	CI [Euro]	CO [Euro]	CD [Euro]	Totale LCC [Euro]
SER	A.11	1.348.200	862.848	132	386	518	570.099	7.779.703	1.726	8.351.528
SER	A.14	1.348.200	862.848	132	386	518	765.210	8.068.754	1.152	8.835.116
SER	A.27	1.348.200	862.848	132	386	518	490.165	7.584.523	1.726	8.076.414

Si considerino ora i valori allo Stato di fatto, per l'edificio e il Campus.

Tab. 3.177 - Consumi energetici per Edificio e Campus

Consumi energetici	Ed. Nave Sdf			Campus Città Studi		
	kWh/m <sup>2</sup> a	m <sup>2</sup>	kWh a	kWh/m <sup>2</sup> a	m <sup>2</sup>	kWh a
Termici	178	13.482	2.399.796	96	185.990	17.855.040
Elettrici	142	13.482	1.914.444	235	185.990	43.707.650
Totale Termici + Elettrici	320	13.482	4.314.240	331	185.990	61.562.690

Tab. 3.178 - Emissioni di anidride carbonica associate agli usi energetici finali per Edificio e Campus

Usi finali	Ed. Nave Sdf (CO <sub>2</sub> eq)			Campus Città Studi		
	t/m <sup>2</sup> a	m <sup>2</sup>	ta	t/m <sup>2</sup> a	m <sup>2</sup>	ta
Termici	0,02	13.482	245	0,02	185.990	3.211
Elettrici	0,03	13.482	389	0,05	185.990	10.115
Totale Termici + Elettrici	0,05	13.482	634	0,07	185.990	13.326

Le emissioni annuali per l'edificio associate alla fase d'uso, dunque agli usi energetici, sono calcolate a partire dal dato totale lungo il ciclo di vita (38.041 t), considerato pari a 60 anni, dato dalla somma delle emissioni associate al riscaldamento (14.729 t), delle emissioni associate al raffrescamento (147 t) e agli usi elettrici (23.165 t) (dati Maltese S., 2012).

In tal modo si possono calcolare le incidenze sul Campus degli interventi suddetti eseguiti sull'edificio Nave, confrontando i valori prima (Stato di fatto) e a valle degli interventi A.11, A.14, A.27.

Tab. 3.179 - Incidenza degli interventi A.11, A.14 e A.27 sul Campus, relativamente alla riduzione del fabbisogno di energia primaria in fase d'uso (riduzione rispetto allo Stato di fatto)

EP	Ed. Nave Sdf	Ed. Nave post interventi A.11, A.14, A.27	Riduzione su Ed. Nave post interventi A.11, A.14, A.27	Riduzione su Ed. Nave post interventi A.11, A.14, A.27	Campus Città Studi Sdf	Campus Città Studi post interventi A.11, A.14, A.27	Riduzione su Città Studi post interventi A.11, A.14, A.27
	kWh a	kWh a	kWh a	%	kWh a	kWh a	%
Totale riscaldamento /raffr. +elettricità	4.314.240	3.278.822	1.035.418	24	61.562.690	60.527.272	2

Tab. 3.180 - Incidenza degli interventi A.11, A.14 e A.27 sul Campus, relativamente alla riduzione delle emissioni di anidride carbonica associate agli usi energetici in fase d'uso (riduzione rispetto allo Stato di fatto)

Emissioni - CO <sub>2</sub> eq.	Ed. Nave Sdf	Ed. Nave post interventi A.11, A.14, A.27	Riduzione su Ed. Nave post interventi A.11, A.14, A.27	Riduzione su Ed. Nave post interventi A.11, A.14, A.27	Campus Città Studi Sdf	Campus Città Studi post interventi A.11, A.14, A.27	Riduzione su Città Studi post interventi A.11, A.14, A.27
	t a	t a	t a	%	t a	t a	%
Totale riscaldamento /raffr. +elettricità	634	518	116	18	13.326	13.210	1

Dunque, tutte e 3 le migliori alternative comportano una riduzione dei consumi energetici del Campus pari al 2% e una riduzione delle corrispondenti emissioni pari al 1%.

Con riferimento particolare ai consumi energetici, per poter comprendere l'incidenza a livello di contesto degli interventi, si richiamano i target fissati per le scale del territorio del Campus (paragrafo 3.3.8), dall'area metropolitana al contesto europeo. Si evidenzia in questo modo che la riduzione del 2% dei consumi supera il target fissato per l'area metropolitana di Milano per il 2015. Pertanto, con il solo intervento sull'edificio Nave il Politecnico di Milano raggiunge e supera il minimo obiettivo di riduzione dei consumi fissato per l'area metropolitana di Milano.

Tab. 3.181 - Obiettivi di riduzione dei consumi energetici fissati alle diverse scale del contesto del Campus

SCALA	RID. % SDF	ANNO	OBIETTIVO
Area metropolitana di Milano	-1	2015	ANNO
Città di Milano	-6	2020	ANNO
Lombardia	-10	2020	PERIODO
Lombardia	-13	2020	PERIODO
Città di Milano	-19	2020	PERIODO
Italia	-24	2020	PERIODO
Europa EU-27	-26	2020	PERIODO
Europa EU-27	-30	2020	PERIODO
Europa EU-27	-33	2020	PERIODO
Europa EU-27	-33	2020	PERIODO

In riferimento alle emissioni di CO<sub>2</sub>, invece, si richiamano nella tabella che segue gli obiettivi alle scale del contesto del Campus (paragrafo 3.3.9).

Dal confronto tra il valore della riduzione conseguita attraverso gli interventi considerati (1%) e i target, emerge che anche per le emissioni di anidride carbonica, in riferimento alla fase d'uso dell'edificio, viene raggiunto e superato l'obiettivo fissato per gli edifici civili dell'area metropolitana.

Tab. 3.182 - Target per le Emissioni dirette / indirette per il Settore civile

Scala territoriale	Target di riduzione per il Settore Civile (%)
Area Metr MI	0,04
EU 27	8,5
EU Ocse	13,5
EU Ocse	35
EU 27 min *	37
EU 27 max *	53
EU 27 min **	88
EU 27 max **	91

### 3.4.4.3 Costi associati ai benefici sul contesto

Nella tabella successiva vengono evidenziati i costi per il raggiungimento delle riduzioni degli impatti lungo il ciclo di vita, rispettivamente per le 3 alternative, e confrontati con quelli dell'edificio allo Stato di fatto. Lo schema supporta il decisore nella scelta finale dell'alternativa in base alla disponibilità di risorse finanziarie all'attualità (investimento iniziale), durante il ciclo di vita stimato in 60 anni (fase d'uso) e per la dismissione.

Tab. 3.183 - Riduzione dei consumi energetici e delle relative emissioni e costi lungo il ciclo di vita per le alternative A.11, A.14 e A.27 e confronto con lo Stato di fatto

Alternative	Riduzione EP fase d'uso nel Campus post interventi A.11, A.14, A.27	Riduzione CO <sub>2</sub> fase d'uso nel Campus post interventi A.11, A.14, A.27	CI	CO totali	CO energetici	CD	Totale LCC
	%	%	Euro	Euro	Euro	Euro	Euro
SDF A.0	0	0	0	8.690.734	5.688.052	0	8.690.734
SER A.11	2	1	570.099	7.779.703	4.452.925	1.726	8.351.528
SER A.14	2	1	765.210	8.068.754	4.600.680	1.152	8.835.116
SER A.27	2	1	490.165	7.584.523	4.452.925	1.726	8.076.414

Come si può facilmente notare, non solo tutte e 3 le alternative risultano vantaggiose economicamente rispetto allo Stato di fatto durante tutto il ciclo di vita (LCC), nonostante l'investimento iniziale e in fase di dismissione, ma risultano vantaggiose anche durante la fase operativa. Ciò significa che, oltre ai minori consumi energetici e alle minori emissioni associate, le 3 tipologie di intervento sono vantaggiose anche in fase d'uso, non solo per i minori consumi energetici ma anche al lordo dei costi di manutenzione.

#### **3.4.4.3 Conclusioni sull'applicazione del metodo con riferimento agli effetti sul contesto e al supporto alla programmazione della gestione immobiliare**

*Le considerazioni su esposte avvalorano la validità del metodo, mettendone in risalto le ricadute strategiche sulle decisioni che riguardano il Campus sia inteso come intero patrimonio immobiliare sia porzione del territorio inserito in un contesto più ampio.*

Inoltre, i risultati dell'applicazione del metodo dall'edificio al Campus e alle scale maggiori del territorio confermano le stesse ipotesi iniziali sull'esistenza di relazioni tra la scala dell'edificio ed il contesto, descritte da indicatori di prestazioni ed impatto, tra cui quelli legati all'uso dell'energia e alla produzione di emissioni di anidride carbonica equivalente. In particolare, operando sull'edificio ottimizzandone il livello di sostenibilità e' possibile migliorare la qualità dell'ambiente a diverse scale del territorio, migliorandone le prestazioni e mitigando gli effetti negativi dei processi antropici. Il miglioramento della qualità dell'ambiente e della vita nel quartiere e nella città e' peraltro uno degli scopi dichiarati dal progetto Città Studi Campus Sostenibile, così' come lo e' l'innalzamento del livello di sostenibilità della città anche attraverso le azioni di miglioramento attuate sul Campus. Inoltre, mitigando gli impatti dell'edificio sul Campus, descritti dagli indicatori multi-scala considerati, migliorano le prestazioni del Campus all'interno del proprio contesto territoriale, riducendosi gli impatti delle scale maggiori, più sensibilmente quella urbana e metropolitana.

L'applicazione del metodo in relazione ai benefici sul contesto, per le ricadute sui costi lungo il ciclo di vita, consente inoltre al decisore di scegliere l'alternativa da realizzare e di programmare gli investimenti e stanziamenti, in particolare relativamente all'uso dell'energia, in maniera trasparente e finalizzata agli obiettivi sia del Campus Sostenibile sia del contesto territoriale.



## 3.5 Conclusioni sulla metodologia

---

### 3.5.1 Conclusioni sul metodo

Dall'osservazione delle tabelle riassuntive dei risultati delle due analisi di sensitività, svolte sugli scenari 2020 e 2050 e dalle considerazioni espresse sui risultati, si possono trarre le sotto riportate conclusioni di ordine specifico (sul metodo) e, successivamente, più generale sulla metodologia.

Conclusioni specifiche (sul metodo):

- ⤴ La suddivisione della classifica in 4 classi di diverso livello (A, B, C, D) è appropriata, in quanto consente, per i vincoli dati e la gerarchia delle preferenze date dagli stakeholders, di selezionare, in un set di alternative dato, 4 gruppi di diverso livello di sostenibilità, da impiegare a supporto di un processo decisionale.
- ⤴ L'intervallo tra 50 e 65 per la soglia minima dei criteri a favore di ciascuna classe è valido in relazione al numero delle classi scelto.
- ⤴ Le condizioni / veti fissate per entrambi gli scenari sono appropriate e necessarie allo scopo del metodo.
- ⤴ Il metodo è efficace per valutare e selezionare un set di alternative in base alle relazioni conseguenti tra l'edificio con il contesto. Queste relazioni, per poter essere integrate nei processi gestionali, sono tradotte in obiettivi collegati ai target di sostenibilità fissati alle scale territoriali, nella prospettiva di miglioramento ambientale generale dell'ambiente costruito che va dal breve-medio al lungo periodo.
- ⤴ Il metodo consente l'ottimizzazione delle scelte tecnico-progettuali in base al sistema di benchmarking così costruito.
- ⤴ Solitamente, al livello di performance ambientale/multi-scala di un intervento corrisponde anche se talvolta molto parzialmente lo stesso livello di sostenibilità nell'area sociale ed economica e questo per l'immancabile rapporto di interdipendenza tra indicatori di sostenibilità e di causa effetto delle azioni sullo stesso edificio.
- ⤴ D'altro canto, in una valutazione occorre evitare che siano molti gli altri aspetti-indicatori che non si posizionano allo stesso livello. Introdurre un veto in questa direzione consente di affinare i risultati per ogni classe.
- ⤴ L'applicazione del metodo in base agli obiettivi strategici del Campus sostenibile, infine, consente di individuare le ricadute strategiche delle alternative sulle decisioni che riguardano il Campus, sia inteso come intero patrimonio immobiliare sia porzione del territorio inserito in un contesto più ampio. Cio' sia dal punto di vista degli impatti sul Campus, sia del Campus sul contesto territoriale, mettendo anche in evidenza i costi associati ai benefici, in maniera trasparente e funzionale alla gestione programmata degli interventi edilizi e delle risorse economiche.

### 3.5.2 Conclusioni sulla metodologia

- ⤴ Collegare e confrontare le performance degli interventi edilizi a riferimenti esterni, a medio e lungo termine, fissati in una prospettiva di miglioramento efficace, generalizzato e unificato (per ambiti territoriali) consente di valutare in maniera finalizzata e coerente delle ipotesi di modificazione dell'esistente. Ciò soprattutto se la valutazione confronta le

- performance tutte in rapporto a quelle dell'edificio allo stato di fatto.
- ⋈ Poter estrarre dal set di possibili alternative quelle che meglio contribuiscono al raggiungimento degli obiettivi generali del contesto consente di gestire i processi decisionali avendo consapevolezza del loro valore "ambientale e territoriale", per individuare priorità e modalità.
  - ⋈ Per set di ipotesi di intervento di livello alto, verificate dal punto di vista tecnico e tecnologico, soprattutto nei limiti imposti dai processi edilizi su edifici esistenti, si può pensare di metterle in competizione tra loro per tutte le altre prestazioni (ambientali, sociali ed economiche) non collegabili agli obiettivi esterni pre-fissati da autorità e contesti ufficiali.
  - ⋈ Quando si richiedono alte performance di riduzione dei consumi energetici e di produzione di emissioni di gas serra, si nota che le soluzioni tecniche che soddisfano uno dei due criteri tendono a coincidere con le altre e questo per la produzione di emissioni connessa con la produzione di energia.
  - ⋈ Viceversa, per gli altri aspetti/indicatori di sostenibilità, corrisponde ad un modello ideale l'edificio in cui tutte le performance siano allo stesso livello di sostenibilità. Nella costruzione di un sistema rating, occorrerà dunque "filtrare" quelle che per la maggior parte ricoprono uno stesso livello per tutte e tre le aree della sostenibilità.

### Note del Capitolo 3

- [1] ARES Agenzia Regionale per l'Edilizia Sostenibile
- [2] Autorità per l'energia elettrica e il gas, dati 2010
- [3] Autorità per l'energia elettrica e il gas, dati 2011
- [4] BEN Bilancio Energetico Nazionale 2011, Ministero Sviluppo Economico
- [5] Città sostenibili: Milano (Siemens – Istituto Piepoli), 2010
- [6] COM(2011) 112 final “A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050”. Communication from the European Commission, Brussels, 8.3.2011
- [7] Convenzione Comune di Milano – Rti Cofely 2013-2019
- [8] Decreto Interministeriale Ministero Sviluppo Economico e Ministero Ambiente 8 marzo 2013 (Strategia Energetica Nazionale)
- [9] Directive 2006/12/EC revised by Directive 2008/98/EC
- [10] Finlombarda – Cestec (DGR VIII/5018, DGR VIII/8745)
- [11] GRTN (Gestore della Rete di Trasmissione Nazionale)
- [12] IEA – ETP 2010 su scenario BLUE Map Europa-Ocse
- [13] IEA – Tracking Clean Energy Process 2013
- [14] ISPRA – Inventario nazionale delle emissioni in atmosfera dei gas serra per l'anno 2009 (dati Terna e Unione Petrolifera)
- [15] ISTAT 2008, Dati 2007
- [16] ISTAT Indicatori ambientali urbani (2011)
- [17] ISTAT, Movimento anagrafico della popolazione residente (dati 2011)
- [18] L'Italia in cifre, ISTAT 2011
- [19] Ministero Sviluppo Economico
- [20] Pacchetto Clima Energia 2009; Commission Staff Working Document accompanying the Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions “Analysis of options to move beyond 20% greenhouse gas emission reductions and assessing the risk of carbon leakage”.
- [21] Piano d'azione del Comune di Milano per l'energia sostenibile e il clima Elaborazioni IEFE-Avanzi su dati AMAT (2009)
- [22] Piano d'azione per l'efficienza energetica della Commissione Europea del 2012 (Dati 2005)
- [23] Piano energetico della Provincia di Milano, 2004
- [24] PLS - Piano per una Lombardia Sostenibile – 2010
- [25] Piano strategico delle tecnologie per la sostenibilità energetica in Lombardia – 2009
- [26] Programma di efficienza energetica della Provincia di Milano – 2006
- [27] Provincia di Milano [www.provincia.milano.it](http://www.provincia.milano.it) (dati 2009)
- [28] Rapporto Stato Ambiente prov. Milano 2007
- [29] RETD Renewable Energy Technology Deployment ACES 2010
- [30] RSA Relazione sullo stato dell'Ambiente del Comune di Milano, 2007 (AMAT su dati 2005 Rete Gas, AEM, AMSA, ATM, Assopetroli)
- [31] SuperPerBuildings Final Report, 2012: Generation of construction and demolition waste in EU-27 / Economic assessment of the refurbishment of external walls (Petersdorff et al. 2005), “Towards low Energy buildings, Energy saving and CO<sub>2</sub> emission reduction by changing European building regulations to very low energy standards”
- [32] Terna, dati statistici 2011

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"

## CAPITOLO 4

---

### Conclusioni

---

#### 4.1 Conclusioni finali

---

Riguardo agli obiettivi generali della tesi, è stato sviluppato un metodo multi-scala applicato alle diverse fasi del processo edilizio, per l'identificazione di interventi mirati all'ottimizzazione della sostenibilità dell'edificio in relazione al suo contesto.

Lo sviluppo e l'applicazione del metodo hanno dimostrato che è possibile ottimizzare gli interventi orientati alla sostenibilità in edilizia, utilizzando un approccio multi-scala, oltre che previsionale, prestazionale e basato sul ciclo di vita. Le decisioni dei committenti e progettisti mirate a tale scopo possono avvalersi di metodi di valutazione e confronto, che considerano l'edificio non più come sistema isolato, responsabile dell'uso delle risorse e della produzione degli impatti ambientali. L'edificio è, bensì, in grado di contribuire a migliorare alcune performance del contesto, in attuazione dei target di riduzione degli impatti ambientali fissati dalle strategie a scala internazionale e locale. Il contesto comprende l'ambito urbano a scala di quartiere, di città, fino alla scala globale, e le relazioni tra essi.

E' stata inoltre verificata la fattibilità di applicazione e contributo allo sviluppo degli standard europei (CEN TC 350) ed internazionali (ISO) per la sostenibilità nei lavori di costruzione.

E' pure stata verificata la fattibilità dell'uso di un numero limitato di indicatori, selezionati in base allo scopo, per descrivere le performance dell'edificio in funzione della sostenibilità e tenerle sotto controllo durante tutte le fasi del processo edilizio.

Attraverso lo sviluppo e l'applicazione del metodo si è verificato inoltre che è possibile un'applicazione sistemica nel settore edilizio e che è possibile in tal modo contribuire all'attuazione e allo sviluppo di piani e programmi strategici di ambito locale, nazionale ed internazionale, mirati al miglioramento del livello di sostenibilità ambientale del territorio. In particolare, si fa riferimento a quanto stabilito dalle linee d'azione indicate nel Programma europeo di strategia urbana e applicate al settore edilizio.

Ciò rende possibile fornire il contributo del settore attraverso il miglioramento degli aspetti della qualità e la progressiva riduzione degli impatti ambientali dell'ambiente costruito, raggiungendo dei target temporali e quantitativi fissati.

Lo sviluppo della tesi ha consentito anche di verificare la coerenza di sistemi assessment / reporting esistenti, applicati a scala locale / nazionale con gli indicatori e gli obiettivi internazionali per la sostenibilità nelle costruzioni, in particolare contenuti negli standard EN (CEN / TC 350).

Riguardo invece agli obiettivi specifici che la tesi ha inteso perseguire, attraverso il metodo sviluppato ed applicato, si è riusciti a valutare e classificare, in una scala di merito dal livello di sostenibilità "alto" a "basso", un set di alternative.

Queste erano corrispondenti ad interventi progettuali elaborati, nel rispetto delle normative vigenti, in risposta ad esigenze di prestazione e durabilità di un edificio esistente, caratterizzato da vincoli di carattere architettonico e storico, ed inserito in un contesto urbano.

Assegnato un set di alternative progettuali su un edificio, anche caratterizzato da vincoli storici ed architettonici, è possibile classificarle in categorie di sostenibilità, attraverso una procedura di rating i cui elementi fondamentali, in particolare i profili, le condizioni e i veti, sono definiti in funzione di criteri di sostenibilità ottimizzati e di riferimenti esterni, relazionati alle scale del contesto.

L'attribuzione alle alternative d'intervento di classi di merito consente al decisore di scegliere la alternativa / le alternative, nell'ambito di una classe omogenea o diverse classi, che più rispondono a requisiti o limiti (come nel caso del budget economico disponibile) fissati dalla committenza.

Infine, è possibile supportare il decisore, in maniera trasparente e funzionale alla gestione programmata degli interventi edilizi e delle risorse economiche i costi associati ai benefici dovuti alla riduzione degli impatti sul Campus e del Campus sul contesto territoriale.

## 4.2 Raccomandazioni e limitazioni

---

La principale raccomandazione per l'utilizzatore del metodo è di studiare preventivamente le performance delle alternative, comparandole per tutti gli indicatori e individuando minimi e massimi.

Inoltre, è raccomandato avvalersi di un'analisi di sensitività per verificare le condizioni e veti ed eventualmente modificarli in base agli obiettivi specifici.

Per la massima efficacia in relazione all'attuazione degli obiettivi strategici internazionali e locali, è raccomandato di ricercare ed assumere nel sistema dei riferimenti esterni i target più appropriati alla tipologia del caso studio.

Oltre a piani d'azione di livello nazionale ed internazionale, per l'implementazione del metodo in altri casi e contesti, è necessario che siano disponibili documenti e report a scala locale, almeno regionale, per ottimizzare l'efficacia della strategia.

### 4.3 Sviluppi futuri

---

Tra gli sviluppi futuri, è l'introduzione nel panel degli indicatori, degli indicatori relativi alla produzione dei rifiuti e al riciclo nel processo edilizio. Tali indicatori, inclusi nella lista degli indicatori degli standard pubblicati dal CEN / TC 350, rivestono un'importanza sempre maggiore nello sviluppo della ricerca basata sul ciclo di vita degli edifici, anche in funzione degli obiettivi contenuti nella recente direttiva europea sui rifiuti da demolizione degli edifici.

Lo studio della letteratura, in particolare l'analisi dei contenuti dei piani e programmi strategici internazionali per la riduzione degli impatti provenienti dai vari settori produttivi, ha mostrato inoltre una serie di target a varie scale per la riduzione dei rifiuti, che potrebbero essere assunti come riferimenti per un'implementazione futura del metodo.

Per quanto concerne l'applicabilità e flessibilità del metodo, esso ha dimostrato applicabilità sugli edifici esistenti.

Un altro possibile sviluppo futuro è rappresentato dall'applicazione del metodo ad altri casi di studio di intervento sull'esistente, ad esempio gli edifici residenziali, per i quali sono risultati disponibili target dedicati e ad interventi di ristrutturazione e di nuova costruzione.

Altri possibili sviluppi potrebbero sperimentarsi nell'ambito di programmi di intervento su patrimoni immobiliari (pubblici e privati), ma anche di programmi di intervento edilizio su aree (quartieri, complessi edilizi).

La possibile applicabilità potrebbe essere ricercata in altri contesti geografici, variando o estendendo la lista degli indicatori (es. consumo di acqua), e del settore costruzioni (es. opere civili).

Tali applicazioni potrebbero contribuire allo sviluppo dei protocolli commerciali di sostenibilità, ma anche alla stesura o revisione degli stessi piani d'azione e di sviluppo urbanistico e territoriale. Un'altra ricaduta positiva, infine, si può intravedere nel contributo alla realizzazione di sinergie negli e tra enti pubblici impegnati nella gestione del territorio e dei patrimoni edilizi.

"Gestione della Sostenibilità dall'Edificio al Contesto: Metodo Multi-scala di Supporto alle Decisioni per l'Ottimizzazione della Sostenibilità in Edilizia"



## Bibliografia generale e specifica

---

---

### Bibliografia generale

---

#### Libri e altre monografie

- Antonini E., Giurdanelli V., Zanelli A. (2010), *Reversible Design: Strategies to Allow Building Deconstruction and a Second Life for Salvaged Materials*, Second International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies, Università Politecnica delle Marche, Ancona, pp. 1207-1217
- Bertoldini M., Campioli A. (a cura di) (2009), *Cultura tecnologica e ambiente*, De Agostini, Novara
- Ciribini A., Carbonari A., Daniotti B., Alaimo G., Dell'Osso G., Esposito M.A. (2012), *Il Mattone Mancante: verso l'Industria dell'Ambiente Costruito del 21° secolo* di ISTEIA The Missing Brick: Towards a 21st-century Built Environment Industry, ISBN: 8838761647, Maggioli Editore
- Daniotti B. (2012), *Durabilità e manutenzione edilizia*, Editore UTET scienze e tecniche, Torino
- Foliente G. (2006), *Performance Based Building*, R&D Roadmap, Melbourne, Australia
- Gauzin-Müller D. (2003), *Architettura sostenibile*, Edizioni Ambiente, Milano
- Ginelli E. (2010), *Caratteri e potenzialità per il costruire contemporaneo*, in: Bosio E., Sirtori W. (a cura) "Abitare. Il progetto della residenza sociale fra innovazione e tradizione", ISBN: 9788838757648, Maggioli Editore, pp. 135-147
- Grosso M. (2008), Criteri guida per l'edilizia eco-compatibile e per l'efficienza energetica degli edifici, Convegno: "Il legno per la sostenibilità ambientale", 5 settembre, Pra Catinat
- Hegger M., Fuchs M., Stark T., Zeumer M. (2008), *Energy Manual. Sustainable Architecture*, ISBN: 978-3-7643-8764-8, Edition Detail, Munich
- Iloäki A., Lützkendorf T., Trinius W. (2008) *Sustainability Assessment of Buildings in CEN/TC350 Sustainability of Construction Works*, in: Proceedings of the World Conference SB08 (ISBN 978-0-646-50372-1), Melbourne, Australia

- Kopfmüller J., Lützkendorf T. (2009), *Sustainability Assessment: Conceptual approach – methodological needs – practical implementation. The case of the building and construction sector*, in: Sustainable development in Policy Assessment. Methods, Challenges and Policy Impacts Conference, Brussels, Belgium
- Lavagna M. (2008), *Life cycle assessment in edilizia. Progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale*, ISBN: 978-88-203-4075-9, Hoepli, Milano
- Malighetti L., Iannaccone G., Ruta M., Bonacina C. F., Villa N., Bertani B., Turchini G., Pizzi E., Grecchi M. (2013), *Evaluation of options for building refurbishment: an innovative design tool supporting decision-makers in Italy*, 39th IAHS World Congress "Changing Needs, Adaptive Buildings, Smart Cities", 17 - 20 settembre, Milano, pp. 971 - 976
- Maggi P. N. (2008), *Il Processo edilizio*, Polipress, Milano
- Masera, G. (2004) *Residenze e risparmio energetico – Tecnologie applicative e linee guida progettuali per la costruzione di abitazioni sostenibili*, Il Sole 24 Ore, Milano
- Rejna M. (2002), *Metodologia applicata alla progettazione e alla programmazione della manutenzione in edilizia*, Epitesto, Milano
- Rogers R. (1997), *Cities for a small planet*, Faber and Faber, London
- Sassi P. (2008), *Strategie per l'architettura sostenibile. I fondamenti di un nuovo approccio al progetto*, Edizioni Ambiente, Milano
- Scudo G., Piardi S. (2008), *Edilizia sostenibile. 68 Progetti bioclimatici, analisi e parametri energetici*, Sistemi Editoriali, Pozzuoli (Na)
- Villa N., Bonacina C. F., Grecchi M., Iannaccone G., Malighetti L., Pizzi E., Ruta M. (2013), *Innovative design tools for sustainable refurbishment of large building complexes*, CESB13 - Central Europe towards Sustainable Building 2013, 26-28 giugno, Prague, Czech Republic, pp. 187-190

### **Articoli di rivista**

- Campioli A. (2010), *Eco-towns. Energia, ambiente e paesaggio per nuovi modelli di sviluppo urbano*, *Trasporti & Cultura*, ISSN: 1971-6524, 10(26), Venezia, pp.52-59
- Campioli A., Giurdanella V., Lavagna M. (2010), *Energia per costruire, energia per abitare*, *Costruire in laterizio*, n. 134, mar.-apr., pp. 60-65
- Grecchi M., 2011, *Sustainable approaches to refurbishment*, *ARKETIPO*, ISSN: 1828-4450), 57/2011, pp. 136-138
- Palazzo D., Masera G., Grecchi M., Malighetti L., Sesana M. (2011), *International Journal for Housing Science and its Applications*, ISSN: 0146-6518, 35/1, pp. 11-21

### **Normative e raccomandazioni**

Business Plan CEN/TC 350, 5/10/2005

CEN/TR 15615 *Explanations of the general relationships between various European standards and*

*the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) — Umbrella Document*

- CEN/TR 15941 *Sustainability of construction works — Environmental product declarations — Methodology for selection and use of generic data*, prepared by CEN/TC 350/WG3
- COM(2002) 321 26 giugno 2002 *Comunicazione della Commissione al Consiglio e al Parlamento europeo Relazione finale sul Libro Verde "Verso una strategia europea di sicurezza dell'approvvigionamento energetico"*
- COM(2006)545 19 Ottobre 2006 *Comunicazione della Commissione COM(2006)545 "Piano d'azione per l'efficienza energetica: concretizzare le potenzialità"*
- COM(2007)1 10 Gennaio 2007 *Una politica energetica per l'Europa*
- DIN 18960-2008-2 *Nutzungskosten im Hochbau*
- DIN EN 15643-4 *Sustainability of construction works - Sustainability assessment of building - Part 4: Framework for the assessment of economic performance; German version prEN 15643-4:2010*
- DIN 276:2006 *Kostenermittlung im Hochbau*
- DIN 277:2005 *Ermittlung von Grundflächen und Rauminhalten von Bauwerken oder Teilen von Bauwerken im Hochbau*
- DGNB Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen eV (Ed.), *Handbuch Neubau Büro- und Verwaltungsgebäude*, versione 2009, Stoccarda
- EC DG ENTR study *Life cycle costing as a contribution to sustainable construction: towards a common methodology*
- EN 12464-1 *Light and lighting — Lighting of work places — Part 1: Indoor work places*
- EN 13032 (all parts) *Light and lighting — Measurement and presentation of photometric data of lamps and luminaires*
- EN 13465 *Ventilation for buildings — Calculation methods for the determination of air flow rates in dwellings*
- EN 15193 *Energy performance of buildings — Energy requirements for lighting*
- EN 15217 *Energy performance of buildings — Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings*
- EN 15241 *Ventilation for buildings — Calculation methods for energy losses due to ventilation and infiltration in commercial buildings*
- EN 15242 *Ventilation for buildings — Calculation methods for the determination of air flow rates in buildings including infiltration*
- EN 15243 *Ventilation for buildings — Calculation of room temperatures and of load and energy for buildings with room conditioning systems*
- EN 15251 *Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*
- EN 15316-3 (all subparts) *Heating systems in buildings — Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies*

- EN 156031) *Energy performance of buildings — Overall energy use and definition of energy ratings*
- EN 15643-3 *Sustainability of construction works — Assessment of buildings — Part 3: Framework for the assessment of social performance*, prepared by CEN/TC 350/WG5
- EN 15643-4 *Sustainability of construction works — Assessment of buildings — Part 4: Framework for the assessment of economic performance*, prepared by CEN/TC 350/WG4
- EN 15643-2 *Sustainability of construction works — Assessment of buildings — Part 2: Framework for the assessment of environmental performance*, prepared by CEN/TC 350/TG
- EN 15978 *Sustainability of construction works — Assessment of environmental performance of buildings—Calculation methods*, prepared by CEN/TC 350/WG1
- EN 15643-1 *Sustainability of construction works — Sustainability assessment of buildings — Part 1: General framework*, prepared by CEN/TC 350/TG
- EN 15942 *Sustainability of construction works — Environmental product declarations — Communication formats — Business to Business, Sustainability of construction works — Environmental product declarations — Communication formats — Business to Consumer, planned to be prepared by CEN/TC 350/WG3*
- EN 15978 *Sustainability of construction works — Assessment of environmental performance of buildings — Calculation method*, prepared by CEN/TC 350/WG1
- EN 16309 *Sustainability of construction works — Assessment of social performance of buildings — Methods* prepared by CEN/TC 350/WG5
- EN 15804, “Sustainability of construction works — Environmental product declarations — Core rules for the product category of construction products”, prepared by CEN/TC 350/WG3
- FprEN 15978:2011. *Sostenibilità dei lavori di costruzione - Valutazione della prestazione ambientale degli edifici - Metodo di calcolo*. Comitato europeo di normalizzazione (CEN) (draft)
- prEN 16627, “Sustainability of construction works — Assessment of economic performance of buildings — Calculation methods”, prepared by CEN/TC 350/WG4
- prEN 15232 *Energy performance of buildings — Impact of Building Automation, Controls and Building Management*
- WI 003500xx, revision of EN 15643-1, “Sustainability of construction works — Sustainability assessment of construction works — Part 1: General framework”, prepared by CEN/TC 350/TG
- WI 003500xx, prEN 15643-5, “Sustainability of construction works — Assessment of civil engineering works — Part 5: Framework for the assessment of sustainability performance”, prepared by CEN/TC 350/WG6
- EN ISO 13790 *Thermal performance of buildings — Calculation of energy use for space heating and cooling (ISO 13790:2008)*
- EN ISO 13792 *Thermal performance of buildings — Calculation of internal temperatures of a room in summer without mechanical cooling — Simplified methods (ISO 13792:2005)*
- EN ISO 14044 *Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines (ISO 14044:2006)*

- ISO Guide 73 *Risk management — Vocabulary*
- ISO 6707-1:2004 *Building and civil engineering — Vocabulary — Part 1: General terms*
- ISO 6707-2:1993 *Building and civil engineering — Vocabulary — Part 2: Contract terms*
- ISO 14025 *Environmental labels and declarations — Type III environmental declarations — Principles and procedures*
- ISO 14040:2006. *Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework*. International Organization for Standardization (ISO), 2006
- ISO 14044:2006. *Environmental Management - Life Cycle Assessment - Requirements and Guidelines*. International Organization for Standardization (ISO), 2006
- ISO 15686-5:2008 *Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 5: Life-cycle costing*
- ISO/TS 15686-9 *Buildings and constructed assets — Service life planning — Provisions on reference service life data*
- ISO 15686-10 *Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 10: When to assess functional performance*
- ISO 16813 *Building environment design — Indoor environment — General principles*
- ISO 16814 *Building environment design — Indoor air quality — Methods of expressing the quality of indoor air for human occupancy*
- ISO DIS 21929-1 *Sustainability in building construction -- Sustainability indicators -- Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings*
- ISO/TS 21929-2 *Sustainability in building construction - Sustainability indicators - Part 2: Framework for the development of indicators for civil engineering works*
- ISO 21930 *Sustainability in building construction — Environmental declaration of building products*
- ISO 21931-1:2010 *Sustainability in building construction — Framework for methods of assessment of environmental performance of construction works — Part 1: Buildings*
- prEN 15804 *Sustainability of construction works — Environmental product declarations — Product category rules (draft)*
- FprEN 15643-3:2010 (E) *Sustainability of construction works. Assessment of buildings. Part 2: Framework for the assessment of environmental performance (draft)*
- UNI 8290:1981 *Metodi di classificazione e codificazione degli elementi tecnici della costruzione Parti I (classificazione) e 2 (requisiti elementi tecnici)*
- UNI 10723:1998 *Processo edilizio - Classificazione e definizione delle fasi processuali degli interventi edilizi di nuova costruzione*
- UNI 10838:1999 *Edilizia - Terminologia riferita all'utenza, alle prestazioni, al processo edilizio e alla qualità edilizia*
- UNI 11277:2008 *Sostenibilità in edilizia (Esigenze e requisiti di ecocompatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili. Uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione)* (Grosso M., 2008)

UNI EN ISO 8402 *Sistemi Qualità. Gestione per la Qualità ed assicurazione della Qualità - Termini e definizioni*

UNI EN ISO 9000 *Norme di gestione per la qualità e di assicurazione della qualità*

Decisione N. 406/2009/CE del 23 aprile 2009 *Concernente gli sforzi degli Stati membri per ridurre le emissioni dei gas a effetto serra al fine di adempiere agli impegni della Comunità in materia di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra entro il 2020*

Directive 2008/98/EC *Directive on Waste*

Directive 2009/28/EC *Directive for Promoting the Use of Energy from Renewable Sources*

Directive 2010/31/EU *of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)*

Direttiva 2002/91/CE 16 dicembre 2002 *del Parlamento europeo e del Consiglio sul rendimento energetico nell'edilizia*

Direttiva 2006/32/CE 05 Aprile 2006 *Concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazione della direttiva 93/76/CEE del Consiglio*

Guidance Paper F *(concerning the Construction Products Directive – 89/106/EEC) Durability and the Construction Products Directive*

Regulation (EU) No 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 *laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC*

Circolare Ministero dello Sviluppo Economico *Chiarimenti e precisazioni riguardanti le modalità applicative del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, di attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia*

Decreto 26 marzo 2010 *Modalità di erogazione delle risorse del Fondo previsto dall'Art. 4 del decreto-legge 25 marzo 2010, n. 40, per il sostegno della domanda finalizzata ad obiettivi di efficienza energetica, ecocompatibilità e di miglioramento della sicurezza sul lavoro*

Decreto 26 gennaio 2010 *Aggiornamento del decreto 11 marzo 2008 in materia di riqualificazione energetica degli edifici*

Decreto 26 giugno 2009 *Linee guida per la certificazione energetica degli edifici*

Decreto 11 marzo 2008 *Attuazione dell'Art. 1, comma 24, lettera a), della legge 24 dicembre 2007, n. 244, per la definizione dei valori limite di fabbisogno di energia primaria annuo e di trasmittanza termica ai fini dell'applicazione dei commi 344 e 345 dell'Art. 1 della legge 27 dicembre 2006, n. 296*

Decreti Efficienza Energetica - Schede Tecniche 2004 27 Ottobre 2004 *Proposte di schede tecniche per la quantificazione dei risparmi di energia primaria relativi agli interventi di cui all'Art. 5, comma 1, dei decreti ministeriali 20 luglio 2004*

Decreto Efficienza Energetica - Gas 20 Luglio 2004 *Nuova individuazione degli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili, di cui all'Art. 16, comma 4, del decreto legislativo 23 maggio 2000, n. 164*

Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 27 luglio 2005 *Norma concernente il Regolamento d'attuazione della legge 9 gennaio 1991, n. 10 (Art. 4, commi 1 e 2)*

- D. Lgs 301 27 dicembre 2002 *Modifiche ed integrazioni al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, recante testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia*
- D. Lgs. 311/06 29 Dicembre 2006 *Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia*
- D. Lgs. 192/05 19 Agosto 2005 *Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia*
- D. Lgs. 29 marzo 2010, n. 56 *Modifiche ed integrazioni al decreto 30 maggio 2008, n. 115, recante attuazione della direttiva 2006/32/CE, concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazioni della direttiva 93/76/CEE*
- D. Lgs. 30 n.115/2008 *Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE*
- DPR 2 aprile 2009, n. 59 *Regolamento di attuazione dell'Art. 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia*
- DPR 380 6 giugno 2001 *Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia*
- DPR 551/99 21 Dicembre 1999 *Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia*
- Legge 120/02 01 giugno 2002 *Ratifica ed esecuzione del Protocollo di Kyoto alla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, fatto a Kyoto l'11 dicembre 1997*
- Legge 10/91 09 Gennaio 1991 *Norme per l'attuazione del Piano Energetico Nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia*
- Legge ordinaria del Parlamento n. 373 del 30/04/1976 *Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici*
- Decreto Lombardia n. 7148 del 13/7/2009 *Precisazioni in merito all'applicazione delle disposizioni per l'efficienza energetica in edilizia, approvate con DGR n. 8745 del 22/12/2008*
- Decreto Lombardia n. 5796 del 11 giugno 2009 *Aggiornamento della procedura di calcolo per la certificazione energetica degli edifici*
- Decreto Lombardia 7538 del 22 luglio 2009 *Rettifica delle precisazioni approvate con Decreto 7148 del 13.07.2009, relative all'applicazione delle disposizioni per l'efficienza energetica in edilizia, di cui alla DGR 8745 del 22.12.2008*
- DDG Lombardia 14006 del 15 dicembre 2009 *Precisazioni in merito all'applicazione delle disposizioni vigenti in materia di certificazione energetica degli edifici e modifiche al DDG 5796 dell'11.06.2009*
- DDG Lombardia 19 agosto 2009, n. 8554 *Precisazioni in merito all'applicazione dell'Art.3, comma 2 e comma 3, della legge regionale 16 luglio 2009, n.13*

- DGR Lombardia IX/335 *Certificazione energetica edifici pubblici: aggiornamento del termine finale*
- DGR Lombardia VIII/8745 *Determinazioni in merito alle disposizioni per l'efficienza energetica in edilizia e per la certificazione energetica degli edifici*
- DGR Lombardia VIII/5773 *Certificazione energetica degli edifici - Modifiche ed integrazioni alla DGR n.5018/2007*
- DGR Lombardia VIII/5018 *Determinazioni inerenti la certificazione energetica degli edifici, in attuazione del D.lgs.192/2005 e degli Art. 9 e 25 della L.R. 24/2006*
- DGR Lombardia VIII/4916 *PAE Piano d'Azione per l'Energia*
- DGR Lombardia VIII/4916 *schede d'azione PAE*
- Decreto Lombardia N. 15833 del 13/12/2007 *Aggiornamento della procedura di calcolo per predisporre l'attestato di certificazione energetica degli edifici, previsto con DGR 5018/2007 e successive modifiche ed integrazioni*
- LR Lombardia n.10 del 29 giugno 2009 *Disposizioni in materia di ambiente e servizi di interesse economico generale - Collegato ordinamentale*
- LR Lombardia 16 luglio 2009, n.13 *Azioni straordinarie per lo sviluppo e la qualificazione del patrimonio edilizio ed urbanistico della Lombardia*
- L.R. Lombardia 21 febbraio 2011, n. 3 *Interventi normativi per l'attuazione della programmazione regionale e di modifica e integrazione di disposizioni legislative – Collegato ordinamentale 2011*
- LR Lombardia n.24 del 11/12/2006 *Norme per la prevenzione e la riduzione delle emissioni in atmosfera a tutela della salute e dell'ambiente*
- LR Lombardia n.12 del 11/3/2005 *Legge per il governo del territorio*
- LR Lombardia n.39 del 21/12/2004 *Norme per il risparmio energetico negli edifici e per la riduzione delle emissioni inquinanti e climalteranti*
- LR Lombardia n.1 del 16/2/2004 *Contenimento dei consumi energetici negli edifici attraverso la contabilizzazione del calore*
- LR Lombardia n.26 del 12/12/2003 *Disciplina dei servizi locali di interesse economico generale. Norme in materia di gestione dei rifiuti, di energia, di utilizzo del sottosuolo, e di risorse idriche*
- LR Lombardia n.26 del 20/04/1995 *Nuove modalità di calcolo delle volumetrie edilizie e dei rapporti di copertura limitatamente ai casi di aumento degli spessori dei tamponamenti perimetrali e orizzontali per il perseguimento di maggiori livelli di coibentazione termo acustica o di inerzia termica*
- Libro Verde sulla sicurezza dell'approvvigionamento 29 novembre 2000 *Verso una strategia europea di sicurezza dell'approvvigionamento energetico*
- Norme tecniche IPES*, Ufficio Tecnico IPES, 2005
- Protocollo di Kyoto 11 Dicembre 1997 *della Convenzione sui Cambiamenti Climatici*
- Fare di più con meno *Libro Verde sull'efficienza energetica 2005*



## Bibliografia specifica Capitolo 2

---

### Libri e altre monografie

- AA. VV., Atti dei Convegni Internazionali CIB "Durability of Building Materials and Components", CIB W80 RILEM
- AA.VV. (2004), *Turrisbabel*, Notiziario trimestrale della Fondazione dell'Ordine degli Architetti, Pianificatori, Paesaggisti, Conservatori della Provincia Autonoma di Bolzano
- AA. VV. (2003), Atti dell'International Workshop "Management of durability in the building process", Ed. Maggioli, Milano
- AA.VV. (2003), Quaderni del Manuale di progettazione edilizia, la qualità edilizia nel tempo, Hoepli, Milano
- AA. VV. (2001), *La qualità tecnologica dei componenti edilizi. La valutazione della durabilità*, Collana Processo Edilizio e Qualità, Ed. Epitesto, Milano
- AA. VV. (2000), *La qualità tecnologica dei componenti edilizi. La durabilità*, Collana Processo Edilizio e Qualità, Ed. Epitesto, Milano
- Agostinelli M., Meregalli R., Tronconi P. (2011), Cercare il Sole. Dopo Fukushima, Ediesse, Roma
- Andrade J., Braganca L. (2011), *Analysis of the impacts of economic and social indicators to sustainability assessment*, International Conference Sustainability of Constructions – Towards a better environment, Innsbruck
- Angelotti A., Caputo P. (2007), *The exergy approach for the evaluation of heating and cooling technologies; first results comparing steady-state and dynamic simulations*, Proceeding of the 2nd PALENC and 28th AIVC Conference, Crete Island, Greece, Vol. I, pp.59-64
- Audis, GBC Italia e Legambiente (2011), *Ecoquartieri in Italia: un patto per la rigenerazione urbana - Una proposta per il rilancio economico, sociale, ambientale e culturale delle città e dei territori*, Documento di confronto
- Berghauer P. M., Haupt P. (2010), *Spacematrix. Space, Density and Urban Form*, Rotterdam: NAI Publishers
- Berrini M. (2011), *Ecoquartieri in Italia: un patto per la rigenerazione urbana*, Ambiente Italia Istituto di Ricerche, Milano
- Berrini M. (2009), *Progettare l'ambiente urbano, costruire città sostenibili, e post-automobilistiche*, Ambiente Italia Istituto di Ricerche
- Bluyssen P. et al. (2011), *A top-down approach to improve IEQ while reducing energy consumption*, SB11, World Sustainable building Conference, 18-21 ottobre, Helsinki, Finland
- Boermans T., Bettgenhäuser K., Hermelink A., Schimschar S., Ecofys international staff (Ecee) (2011), *Cost optimal building performance requirements, Calculation methodology for reporting on national energy performance requirements on the basis of cost optimality within*

*the framework of the EPBD*, Stockholm, Sweden

- Brand K.W. (2002), *Politik der Nachhaltigkeit*, Edition sigma: Berlin, Germany
- Braune A., Wittstock B. (2011), *Measuring environmental sustainability: The use of LCA based building performance indicators*, Life Cycle Management Conference, Berlin, Germany
- Brown G.Z., Dekay M.W. (2001), *Sun, wind and light: architectural design strategies*, John Wiley and sons, New-York
- Bruglieri M., Colorni A., Luè A. (2013), *The vehicle relocation problem for the one-way electric vehicle sharing: an application to the Milan case*, 16th Meeting of the EURO Working Group on Transportation, 4-6 settembre, Porto, Portugal
- Bruglieri M., Ciccarelli D., Colorni A., Luè A. (2011), *PoliUniPool: a carpooling system for universities*, 14th Meeting of the Euro Working Group on Transportation, Poznan, Poland
- Burkhard H. P., Brühlmann A., Conca D., Signer R., Stulz R., Ziegler M. (2007), *Der Nachhaltigkeit von Immobilien einen finanziellen Wert geben – Economic Sustainability Indicator (ESI). Zusammenfassender Bericht Grundlagen und Mehrfamilienhäuser*, CCRS, Center for Corporate Responsibility und Sustainability an der Universität Zürich, Zürich, Switzerland
- Bruntland, G.H. (1987), *Our Common Future: The World Commission on Environment and Development*; Oxford University Press: Oxford, UK
- Cagnoli P., Bompani M., Lussu F., Tabellini L. (2004), *Gli indicatori ed il reporting ambientale*, Dossier: indicatori per la valutazione ambientale, 5/2004, Edicom Edizioni, pp. 48-53
- Camagni R. (2011), *Notes on Urban Land Theory*, Politecnico di Milano
- Camagni R., Capello R., Chizzolini B., Fratesi U. (2008), *Modelling regional scenarios for the enlarged Europe*, Springer, Berlin, Germany
- Camagni R., Capello R., Jovanovic M. (a cura di), *International Handbook of the Economics of Integration*, Vol. II, ISBN: 9781849804264, Edward Elgar, pp.144-168
- Camagni R., Capello R., Stimson B., Stough R., Nijkamp P. (a cura di), *Endogenous Regional development: perspective, measurement and empirical investigations*, ISBN: 9781849804561, Edward Elgar, pp. 204 - 236
- Camagni R., Lenzi C., *Competitività territoriale: Determinanti e politiche*, ISBN: 9788856841633, Franco Angeli, pp. 159 - 190
- Campioli A., Lavagna M. (2009), *The role of durability toward Sustainable Consumption and Production of Architectures. LCA of a Temporary Building and Eco-design Strategies*, in 15th LCA Case Studies Symposium. LCA for decision support in business and government for Sustainable Consumption and Production, pp. 123-127
- Capello R. (2007), *Regional Economics*, Routledge, Londra
- Capros P., Mantzos L., Tasios N., De Vita A., Kouvaritakis N. (2010), *EU energy trends to 2030*, European Commission, Directorate-General for Energy in collaboration with Climate Action DG and Mobility and Transport DG
- Carneiro C., Morello E., Voegtler T., Golay F. (2010), *Digital urban morphometrics: Automatic extraction and assessment of morphological properties of buildings*, Transactions in GIS, 14:4, pp. 497-531

- Castagna C. (2010), *Casanova, Nuova concezione sostenibile dell'abitare*, Eurac Research Istituto per le energie rinnovabili
- Castagna C. (2007), *Casanova, un quartiere a basso consumo energetico*, Eurac Research Istituto per le energie rinnovabili
- CCRS Center for Corporate Responsibility und Sustainability an der Universität Zürich (2012), *Neuer Bewertungsleitfaden (NUWEL) und neu herausgegebene Swiss Valuation Standards, Nachhaltigkeit und Wertermittlung von Immobilien*, Zürich, Switzerland
- CCRS Center for Corporate Responsibility und Sustainability an der Universität Zürich (2011), *Betriebsimmobilien und Nachhaltigkeit in der Schweiz 2011/2011*, Cress Corporate Real Estate and Sustainability Survey, Zürich, Switzerland
- Cetica P. A. (2003), *La scelta di progettare. Paradigmi per una architettura della vita*, Angelo Pontecorboli
- Ciccarelli G., *Il costo del ciclo di vita di edifici e infrastrutture* (Eurolifeform, Cis Ecologia)
- Clementi M. (2009), *La valutazione della sostenibilità forte*, in Bertoldini M., Campioli A. (a cura di) *Cultura tecnologica e ambiente*, De Agostini, Novara, pp. 133-166
- Comune di Bolzano (2010), *Report sull'energia nella città di Bolzano*
- Croce R. (2005), *Norme tecniche IPES*
- Croce S. (1994), *La patologia edilizia*, in Aa. Vv., "Manuale di progettazione edilizia. Fondamenti, strumenti e norme", Vol. III, Hoepli, Milano, pp. 369-429
- Croce S., Poli T. (2013), *Transparency. Facciate in vetro tra architettura e sperimentazione*, ISBN 978-8832481884, Il Sole 24 Ore
- Dadone F. (2012), *Procedura di VIA regionale*, Seminario "La nuova disciplina sulla VIA in Regione Lombardia Conferimento di competenze a Province e Comuni. Iter procedurale Analisi di casi", 7 giugno, Centro congressi Fast, Milano
- Dal Fiume A. (2009), *Progetto / Edificio per l'istruzione. Scuola media a Imola*, in "Progetto&Pubblico", Dicembre, p. 36-41
- Dal Fiume A., Grosso M., Raimondo L. (2009), *Una scuola media sostenibile a Imola*, in "Il progetto sostenibile", Dossier, EdicomEdizioni
- Daniotti B. (2012), *Building Durability*, ISBN: 9788870431605, Raffaello Cortina Editore
- Daniotti B. (2006), *La valutazione della durabilità di pareti perimetrali verticali non portanti*, Ed. Editecnica
- Daniotti B. (2006), *Buildings durability and maintenance*, CUSL Milano
- Daniotti B. (2005), *La qualità dei prodotti per l'edilizia* CUSL Milano
- Daniotti B. (2003), *Programmazione del contributo prestazionale dell'involucro alle condizioni di comfort ambientale. Planning the envelope performance contribution to building environmental comfort*, Atti del seminario internazionale: "Involucro quali messaggi di architettura - Building envelopes as architecture's messages", Napoli, 9-11 ottobre, Luciano Editore, Napoli
- Daniotti B. (1994), *La definizione del modello funzionale di soluzioni tecniche*. Progetto Leonardo. Esculapio. Bologna

- Daniotti B. (1994), *La valutazione della qualità tecnologica caratteristica dei prodotti complessi per l'edilizia: ipotesi di adattabilità agli edifici di interesse storico-artistico*, intervento al seminario di studio "La valutazione nel progetto di conservazione", 25-27 maggio, Pescara
- Daniotti B. (1990), *Definizione di classi prestazionali e corrispondenti specificazioni per i requisiti ambientali relativi all'insediamento di un ateneo tecnico - scientifico*, Progetto Leonardo, Esculapio, Bologna
- Daniotti B. et al. (2006), *La valutazione della durabilità dei componenti edilizi*, Ed. Editecnica
- Daniotti B., Boltri P., Croce S., Gottfried A., Maggi P.N., Morra L., Rejna M., Turchini G. (1992), *Rehabilitation of public buildings in Italy: a planning method applied to 100 schools in Milan area* - Atti del congresso internazionale CIB 1992 - Montreal, Canada
- Daniotti B., Boltri P., Gottfried A., Lucchini A., Maggi P.N., Morra L., Rejna M. (1992), *Proposal for a standardized technical documentation for the maintenance of buildings in Italy* - Atti del simposio internazionale CIB '92: Innovations in management, maintenance and modernisation of buildings, 28-30 ottobre, Rotterdam, Olanda
- Daniotti B., Conti F., Helcke G., Peckham B. (1990), *The cost-effectiveness of current building energy audits. A comparison of four commercial audits applied to three different building types*, CCR Ispra Energy report EUR 12336 EN: 1990
- Daniotti B., Conti F., Helcke G., Scaglioni G., Zobot S. (1990), *Ricerca sperimentale sulla applicabilità delle tecniche di identificazione dei parametri termici di edificio per scopi di certificazione*, CCR Ispra report EUR 13238 IT
- Daniotti B., Croce S., Gottfried A., Lucchini A., Maggi P.N., Morra L., Turchini G. (1987), *Fattibilità del controllo della qualità nel processo edilizio*, Atti Del 2° Congresso Nazionale Dell'area Della Produzione Edilizia - Ancona - Facoltà di Ingegneria, giugno, Vol. II, pp. 213-228
- Daniotti B., Gottfried A. (1990), *Certificazione della qualità edilizio-energetica dei componenti*. Progetto Leonardo, Esculapio, Bologna
- Daniotti B., Lupica Spagnolo S., Galliano R. (2011), *The Durability Experimental Evaluation of Photo-catalytic Cement-Based Materials*, 12DBMC Durability of Building Materials and Components, Porto 12-15 maggio, pp. 225 - 232
- Daniotti B., Maggi P.N., Croce S., Morra L., Pizzi R., Boltri P., Gottfried A., Reina M. et al. (1988), *Riqualificazione energetica e del comfort ambientale degli edifici scolastici realizzati in Regione Lombardia con struttura in acciaio e tecnologie industrializzate*, Regione Lombardia / Politecnico Di Milano
- Daniotti B., Re Cecconi F. (2010), *Test methods for service life prediction*, CIB
- Daniotti B., Re Cecconi F., Pavan A. (2012), *Innovance: The Italian performance based construction database*, The Missing Brick: Towards a 21st-century Built Environment Industry (ISBN: 8838761647) (Alaimo G., Carbonari A., Ciribini A., Daniotti B., Dell'Osso G., Esposito M.A. a cura di), Maggioli Editore, pp. 275 - 293
- DavisLangdon Management Consulting (2007), *Life cycle costing (LCC) as a contribution to sustainable construction: a common methodology*
- Desmyter J., Huovila P. (2010), *Performance Indicators for Health, Comfort and Safety of the Indoor Environment*. Proceedings: W084 - Special Track 18th CIB World Building Congress,

maggio, Salford, UK., Rotterdam (Netherlands): in-house publishing

Dezzani F., Biancone P. P., Busso D. (2012), *Manuale IAS / IFRS*, Ipsoa, Milano

DGNB (2009), *Handbuch Neubau Büro und Verwaltungsgebäude*, Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V., ISBN: 978-3-942 132-00-8, Stuttgart, Germany

Diappi L. (a cura di) (2000), *Sostenibilità urbana. Dai principi ai metodi di analisi. Forma urbana, energia e ambiente*, Paravia, Torino

Di Giulio R. (1999), *Manuale di manutenzione edilizia. Valutazione del degrado, programmazione e interventi di manutenzione*, Maggioli, Rimini

Edilio (2011), *Dall'edificio sostenibile al progetto urbano sostenibile: il progetto SHE*, I quaderni di Edilio con il contributo di Federabitazione e Casaqualità

EEA (2006), *Urban sprawl in Europe*

Federal Institute for Research on Building, Urban Affairs and Spatial Development within the Federal Office and Regional Planung (2011), *Sustainable Building Strategies-Methods-Practice*, 8/2011 ISBN: 978-3-87994-614-3, Bonn, Germany

Ferramosca E. (2012), *La procedura di Verifica di assoggettabilità a VIA relativa ad un progetto di nuovo parcheggio ad uso pubblico. Analisi di casi*, Seminario "La nuova disciplina sulla VIA in Regione Lombardia Conferimento di competenze a Province e Comuni. Iter procedurale Analisi di casi", 7 giugno, Centro congressi Fast, Milano

Geneletti D. (2002), *Valutazione dell'impatto sugli ecosistemi di alternative progettuali*, in "La valutazione ambientale d'impatto e strategica applicata alle aree naturali e sensibili. Metodi ed esperienze", 12-13 novembre, Asti

German Federal Ministry of Transport, Building and Urban Affairs (2009), *Actualization, Harmonization and Updating of Basic Data for Sustainable Building*

Ginelli E. (2010), *Attualità e interpretazione del principio progettuale di flessibilità*, in Bosio E., Sirtori W. (a cura), *Abitare. Il progetto della residenza sociale fra innovazione e tradizione*, ISBN 9788838748226, Maggioli Editore

Grosso M. (2012), *Le normative europee per la verifica della sostenibilità ambientale degli edifici e dei materiali da costruzione*, in *Biodilizia Italia 2012*, 24-25 maggio, Torino Lingotto

Grosso M. (2007), *La tecnologia passivhaus nel clima mediterraneo: problemi e soluzioni*, Prestazioni estive dell'involucro edilizio: soluzioni innovative per la progettazione, 26 gennaio, Bolzano

Hagmann C. (2011), *Information System for cost estimation of communal infrastructure, Management for a Sustainable Built Environment*, ISBN: 9789052693958, 20-23 giugno, Amsterdam, The Netherlands

Hofer G., Herzog B., Grim M. (2011), *Calculating life cycle cost in the early design phase to encourage energy efficient and sustainable buildings*, SB 11 World Sustainable Building Conference, Helsinki, Finland

Huovila P., Lupisek A., Lefebvre P.H., Steskens P. (2010) *Indoor Performance and Sustainability*, PORTUGAL SB10 - SUSTAINABLE BUILDING AFFORDABLE TO ALL Low Cost Sustainable Solutions (Conference Proceedings). (Portugal): InCI (Instituto da Construção e do Imobiliário)

- Huovila P. , Rozado C. A. (2010), *Sustainability Indicators: Mesasuring the unmeasurable*, Proceedings: CESB10 Prague-Central Europe towards Sustainable Building 'From Theory to Practice'. Prague (Czech Republic): Czech Technical University in Prague, Grada Publishing for Department of Building Structures and CID
- IBU Institut für Bauen und Umwelt (2006), *Leitfaden für die der Formulierung Anforderungen uno die der Produktkategorien Umweltdeklarationen (III) für Bauprodukte*, Königswinter, Germany
- Ilomäki A., Lützkendorf T., Trinius W. (2008), *Sustainability Assessment of buildings*, in CEN/TC350 "Sustainability of construction works", Proceedings of the World Conference SB08, ISBN: 978-0-646-50372-1
- Imperadori M., Dell'Osso G. R., Esposito M. A., Masera G., Pierucci A., Ruta M., *Dal progetto al prodotto di qualità per l'industria delle costruzioni*, The Missing Brick: Towards a 21st-century Built Environment Industry Conference Proceedings, ISBN: 88-387-6164-7, IsteA Italian Society of science, Technology engineering of Architecture, 18-19 ottobre, Maggioli Editore, Milano, pp. 651 - 669
- Imperadori M., Masera G., Iannaccone G. (2011), *Innovative technologies for sustainable buildings in 2030*, Innovation and sustainable construction in developing countries, 1-3 gennaio, Hanoi, pp.15-20
- Institute Construction and Environment (IBU) (2006), *General Guideline document (Leitfaden für die Formulierung der Anforderungen an die Produktkategorien der Umweltdeklarationen (Typ III) für Bauprodukte*
- Ipes, *Concorso Casanova*, 2006
- König H. (2008), *Orientierungswerte für die Bewertung von Hochbauten - erste Stufe: Bürogebäude*, Forschungsprojekt, Aktenzeichen, Germany
- Kopfmüller J, Lützkendorf T (2009), *Sustainability Assessment: Conceptual approach – methodological needs – practical implementation. The case if the building and construction sector*, Sustainable development in Policy Assessment. Methods, Challenges and Policy Impacts Conference, Brussels, Belgium
- Lavagetti S. (2012), *Contenuti generali di una Relazione sugli Effetti Ambientali e di uno Studio di Impatto ambientale*, Seminario "La nuova disciplina sulla VIA in Regione Lombardia Conferimento di competenze a Province e Comuni. Iter procedurale Analisi di casi", 7 giugno, Centro congressi Fast, Milano
- Lavagna M. (2009), *Iniziative e percorsi normativi verso la sostenibilità in edilizia*, Cappellaro F., Scalbi S. (a cura di), Convegno scientifico della Rete Italiana LCA. 11-12 giugno, Palermo, pp. 81-90
- Lavagna M. (2008), *Verso l'eco-efficienza degli edifici*, in: Luciano Morselli (a cura di) "Europa del recupero: le ricerche, le tecnologie, gli strumenti e i casi studio per una cultura della responsabilità ambientale", atti dei seminari di Ecomondo, Maggioli, Rimini, pp. 513-518
- Legambiente (2012), *Ecosistema urbano*, XIX Rapporto sulla qualità ambientale dei comuni capoluogo di provincia, collaborazione scientifica di Ambiente Italia, collaborazione editoriale de il Sole 24 Ore
- Legambiente (2012), *Indagine qualità della vita nelle città italiane*, Sole 24 ore
- Lennerts K. (2012), *Sustainability and FM*, FM Conference 7-th International Conference Facility

Management: Realisation in Bulgaria, 18-19 ottobre, Sofia, Bulgaria

- Lorenz D., Mich P., Lutzkendorf T. (2013), *Integration of sustainability aspects into property valuation practice in Germany*, SB13 Munich "Implementing Sustainability – Barriers and Chances", ISBN: 978-3-8167-8982-6, 24-26 aprile, Munich, Germany, pp. 58-67
- Lutzkendorf T. (2012), *Requirements for information on construction products – state of standardization*, Consense – International Trade Fair and Congress for Sustainable Building, Investment, Operations and Maintenance, giugno, Stuttgart, Germany
- Lutzkendorf T. (2011), *Next generation os sustainability assessment - top down approach and stakeholders needs*, SB11, World Sustainable building Conference, 18-21 ottobre, Helsinki, Finland
- Lutzkendorf T. (2007), *Sustainable properties – from visions and missions to real decisions*, SB07HK – Sustainable Building Conference Hong Kong, 4-5 dicembre, Hong Kong
- Maggi P. N. (a cura di) (1995), *Controllo e qualificazione dell'attività manutentiva*, Progetto Leonardo, Bologna
- Maggino F. (2006) *Gli indicatori statistici: concetti, metodi e applicazioni*, Università degli Studi di Firenze, Firenze
- Mahaux M., Canon C. (2012), *Integrating the Complexity of Sustainability in Requirements Engineering*
- Malighetti L., Maserà G., De Angelis E., Poli T., Lobaccaro G. (2011), *User-centred design and construction: a multi-disciplinary approach to the improvement of a SME's current practice*, DDIA10 - 10th international detail design in architecture conference, 27-28 ottobre, Istanbul, pp.121-130
- Marangoni G., Bosio E., Sirtori W., Ginelli E., Capolla M., Bugatti A., Battistella A., Schiaffonati F. (2010), *Abitare*, Maggioli Editore
- Marshall S. (2006), *Street & Patterns*, Spon Press, Abingdon, New York
- Meins E., Lutzkendorf T., Lorenz D., Leopoldsberger G., Ok Kyu Frank S., Burkhard H. P., Stoy C., Bienert S. (2011), *Nachhaltigkeit und Wert-ermittlung von Immobilien. Leitfaden für Deutschland, Österreich und die Schweiz (NUWEL)*, CCRS, Center for Corporate Responsibility und Sustainability an der Universität Zürich, Zürich, Switzerland
- Merl A. (2006), *Regional Metabolism. Case study Vienna*, SETAC, Stuttgart, Germany
- Milano P. (2010), *Applicazione della metodologia Life Cycle Assessment (LCA) per la definizione di un Sistema di Etichettatura di Progetto*, Atti dei seminari, Ecomondo, Rimini Fiera 3-6 novembre, Rimini
- Möller D.A. (2007), *Planungs- und Bauökonomie, Band 1: Grundlagen der wirtschaftlichen Bauplanung*, Oldenbourg, München, Germany
- Morelli P., Sbeti F. (2008), *La casa a Bolzano 2008-03*, Città di Bolzano
- Morello E. (2013), *Dalla dismissione alla riqualificazione energetica degli spazi della produzione, Quando l'autostrada non basta. Infrastrutture, paesaggio e urbanistica nel territorio pedemontano lombardo*, in A. Lanzani, A. Ali, D. Gambino, A. Longo, A. Moro, C. Novak, F. Zanfi (a cura di), Quodlibet Studio, Città e Paesaggio, Macerata, ISBN: 9788874625383, pp. 236 - 247

- Morello E., 2009, *Progettazione ambientale e forma urbana*, in Marisa Bertoldini, Andrea Campioli, (a cura di) *Cultura tecnologica e ambiente*, De Agostini, Novara, pp. 111-132.
- Morello E., Piga B.E.A., Signorelli V., Cibien L. (2013), *Envisioning the sustainable campus: the urban model as the hub that supports the transformation*, *Envisioning Architecture: Design, Evaluation, Communication*, in Morello E., Piga B.E.A. (a cura di) *Proceedings of the 11th conference of the European Architectural Envisioning Association*, ISBN: 9788868121365, Edizioni Nuova Cultura, pp. V - XI
- Morello E., Ratti C. (2012), *From evaluation to design of the urban form through the assessment of environmental indicators*, in Tigran Haas (a cura di) *Sustainable Urbanism and Beyond: Rethinking Cities for the Future* (ISBN: 9780847838363), Rizzoli International, New York, pp. 117 - 119
- Offenhuber D., Lee D., Wolf M., Girod L., Boustani A., Dunham J., Kloeckl K., Morello E., Britter R., Biderman A., Ratti C. (2011), *Urban Digestive Systems*, in Shepard M. (a cura di) *Sentient City: ubiquitous computing, architecture, and the future of urban space*, ISBN: 9780262515863, MIT Press, pp. 90 - 109
- PE International (2007), *Methodische Grundlagen: Ökobilanzbasierte Umweltindikatoren im Bauwesen*, Report BBR, Germany
- Pileri P. (2007), *Compensazione ecologica preventiva: principi, strumenti e casi*, Carrocci, Roma
- Provincia di Milano, Direzione centrale pianificazione e assetto del territorio (2008), *Impronta ecologica della provincia di Milano*
- Provincia di Milano, Direzione centrale pianificazione e assetto del territorio (2007), *EcoSistema Metropolitano. La sostenibilità dei Comuni della provincia di Milano. Rapporto 2007*
- Provincia di Milano, Direzione centrale pianificazione e assetto del territorio (2007), *Rapporto di Sostenibilità 2007*, ISBN:978-88-6055-239-6, Alinea Editrice
- Provincia di Milano, Direzione centrale pianificazione e assetto del territorio (2006), *Indagine sull'attuazione dei processi di Agenda 21 locale nella provincia di Milano*
- Provincia di Milano, Direzione centrale pianificazione e assetto del territorio (2005), *Relazione sullo Stato dell'Ambiente*, ISBN:88-8125-997-4, Alinea Editrice
- Rubik F. (2002), *Integrierte Produktpolitik*, Metropolis: Marburg, Germany
- Saggese P., Grosso M., Raimondo L. (2007), *Nuova scuola media "Pedagna": tipologia di costruzione ecosostenibile nel Comune di Imola*, Riassunto per Aicarr Cultura e tecnica per energia uomo-ambiente
- Salomone R., Franco G. (2006), *Dalla "qualità totale" alla "qualità integrata". L'integrazione dei sistemi di gestione qualità, ambiente, sicurezza ed etica per il vantaggio competitivo*, Franco Angeli
- Salat S., Bourdiv L. (2011), *Factor 10: Multiplying by 10 resource productivity in the urban world*, SB 11 World Sustainable Building Conference, Helsinki, Finland
- Schalcher H. R. (2008), *Systems Engineering*, IBB - Institut für Bauplanung und Baubetrieb, ETH Zürich Departement Bau, Umwelt und Geomatik, Zürich, Switzerland
- Schittich C. (2007), *Cost-Effective Building*, ISBN: 978-3-7643-8393-0, Edition Detail, Munich, Germany



- Sedlbauer K., Fischer M. (2008), *Sustainable buildings*, 5<sup>th</sup> BMBF Forum for Sustainability, Research for Sustainability – Driver for Innovation, 23-25 settembre, Berlin, Germany
- Stoy C. (2004), *Benchmarks und Einflussfaktoren der Baunutzungskosten*, Institut für Bauplanung und Baubetrieb, ETH Zürich, Switzerland
- Stoy C., Beusker E. (2010), *BKI Objectdaten: NK1 Nutzungskosten*, ISBN 978-3-94167-914-6, Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern (BKI), Stuttgart, Germany
- Sparber W., Fedrizzi R., Avesani S. (2010), *Bolzano. Fonte di energia*, Eurac Research, Città di Bolzano
- Sullivan W. G., Wicks E. M., Luxhoj J. T. (2006), *Economia applicata all'ingegneria*, Pearson Education Italia, Milano
- Suzuki H., Dastur A., Moffatt S., Yabuki N., Maryuama H. (2010), *Eco2 Cities: Ecological Cities as Economic Cities*, World Bank Training series
- Thiébat F. (2009), *Architettura e Sostenibilità: sviluppo di un modello di valutazione economico-ambientale basato sul ciclo di vita*, doctoral thesis in "Innovazione dell'edificio e degli elementi che lo compongono, Tecnologica per l'Ambiente Costruito", Politecnico di Torino
- Tischner U., Schmincke E., Rubik F. (2000), *Was ist EcoDesign? - Ein Handbuch für ökologische und ökonomische Gestaltung*, Form PraXis Frankfurt am Main
- Vittadini M.R. (2013), *Dalle Carte di Alborg e di Lipsia a carfree cities*, Corso di laurea in Architettura – Tecnica e pianificazione urbanistica a.a. 2012-13 IUAV Venezia
- Wackernagel M., Rees W. E. (1996), *L'impronta Ecologica*, Edizioni Ambiente, Milano

### Articoli di rivista

- Babic N.C., Podbreznik P., Rebolj D. (2010), *Integrating Resource Production and Construction using BIM*, Automation in Construction, vol. 19, no. 5, pp. 539-543
- Berger M., Finkbeiner M. (2010), *Water footprinting: How to address water use in life cycle assessment?* in Sustainability, 2, pp. 919-944
- Beusker E., Stoy C., Pollalis S. N. (2012), *Estimation model and benchmarks for heating energy consumption of schools and sport facilities in Germany*, Building and Environment 49 (2012) pp. 324-335
- Brugnolo C., Gargiulo C. (2012), *Sostenibilità, innovazione, "fare sistema". Le prospettive per superare la crisi*, Serramenti + Design, ISSN:1824-4696, gennaio, Tecniche Nuove, Milano, pp. 42-48
- Camagni R., Capello R. (2013), *Growth and change*, ISSN: 0017-4815, 44/2, pp. 355 - 389
- Campioli A., *Eco-towns. Energia, ambiente e paesaggio per nuovi modelli di sviluppo urbano*, in Trasporti & Cultura, n. 26, Energia, paesaggio e architettura futura, anno X, Campanotto Editore, gen.-apr. 2010, pp. 53-60
- Caputo C. (a cura di), *Indagine sull'informazione e la partecipazione del pubblico nella VIA e nella VAS a livello regionale*, Notizie dal Centro VIA Italia, 26/2005

- Daniotti B., Lollini R. (1998), *La certificazione è obbligatoria sui prodotti per risparmio energetico*, Edilizia e territorio, Il Sole 24 ore, n.21, 30 maggio 1998
- Doust N., Masera G., Imperadori M. (2013), *A study on design optimization of a near net-zero energy house*, International Journal For Housing Science Andits Applications, ISSN: 0146-6518, 37/1, pp. 23-31
- Edificio residenziale IPES zona di espansione "Resia I"*, Abitare in Italia, Bolzano, Detail 2008/9
- Finkbeiner M. (2009), *Carbon Footprinting—Opportunities and threats*, in J. Life Cycle Assess., 14, pp. 91-94
- Gargiulo C. (2011), *La scatola nuova... potentissima*, Serramenti + Design, ISSN:1824-4696, novembre, Tecniche Nuove, Milano, pp. 45-48
- Gargiulo C. (2011), *Certificazione energetica: calice mezzo pieno o mezzo vuoto?*, Serramenti + Design, ISSN:1824-4696, novembre, Tecniche Nuove, Milano, pp. 50-56
- Gargiulo C. (2011), *Quando l'edificio diventa "energeticamente centrale"*, Serramenti + Design, ISSN:1824-4696, ottobre, Tecniche Nuove, Milano, pp. 41-42
- Gargiulo C. (2011), *Mercato europeo costruzioni: nuove regole, ma quali?*, Serramenti + Design, ISSN:1824-4696, ottobre, Tecniche Nuove, Milano, pp. 49-50
- Gargiulo C. (2011), *Rivoluzione energetica: l'Europa guarda alla fase 3*, Serramenti + Design, ISSN:1824-4696, settembre, Tecniche Nuove, Milano, pp. 35-36
- Gargiulo C. (2011), *L'energia fa scintille parlando di filiere*, Serramenti + Design, ISSN:1824-4696, giugno, Tecniche Nuove, Milano, pp. 37-40
- Gargiulo C. (2011), *Edifici a consumo zero. Standard tedesco per l'Europa?*, Serramenti + Design, ISSN:1824-4696, maggio, Tecniche Nuove, Milano, pp. 39-42
- Gargiulo C. (2011), *Economia ecologica: viamaestra post crisi?*, Serramenti + Design, ISSN:1824-4696, maggio, Tecniche Nuove, Milano, pp. 33-34
- Gargiulo C. (2011), *Germania e Italia per l'ambiente. Ma una tira e l'altra...*, Serramenti + Design, ISSN:1824-4696, Tecniche Nuove, Milano, aprile, pp. 39-40
- Gargiulo C. (2011), *Germania. Energia fa rima con sinergia*, Serramenti + Design, ISSN:1824-4696, Tecniche Nuove, Milano, aprile, pp. 41-42
- Gargiulo C. (2011), *Appalti pubblici e CE: connessioni e "fraintendimenti" (Regolamento materiali da costruzione: le ricadute sulle PMI)*, Serramenti + Design, ISSN:1824-4696, giugno, Tecniche Nuove, Milano, aprile, pp. 33-34
- Gargiulo C. (2011), *La CE come strategia di mercato internazionale*, Serramenti + Design, ISSN:1824-4696, marzo, Tecniche Nuove, Milano, pp. 49-52
- Grosso M. (2011), *Valutazione della sostenibilità degli edifici: lo sviluppo normativo CEN, U & C. Unificazione e certificazione*, ISSN: 0394-9605, Mediavalue srl, Vol. LVI, pp. 42 -46
- Grosso M. (2010), *Valutazione della sostenibilità degli edifici: lo sviluppo normativo CEN, Il Progetto Sostenibile*, EdicomEdizioni, ISSN: 1974-3327, Vol. VIII, pp. 28-33
- Grosso M. (2005), *La valutazione d'ecocompatibilità come stimolo all'integrazione nel progetto, Il Progetto Sostenibile*, EdicomEdizioni, ISSN: 1974-3327, Vol. 5, pp. 64-65
- Grosso M. (2005), *L'efficienza energetica nella valutazione d'ecocompatibilità dei progetti edilizi*,

Il Progetto Sostenibile, EdicomEdizioni, ISSN: 1974-3327, Vol. 6, pp. 66-67

- Grosso M., Giordano R (2007), Strumenti di valutazione della compatibilità ambientale del ciclo di vita dell'edificio, Il Progetto Sostenibile, EdicomEdizioni, ISSN: 1974-3327, Vol. 16, pp. 27-36
- Halog A., Manik. Y. (2011), *Advancing Integrated Systems Modelling Framework for Life Cycle Sustainability Assessment in integrated sustainability assessment*, Sustainability 2011, ISSN:2071-1050, 3, pp. 469-499
- Haapio A., Viitaniemi P. (2008) *A critical review of building environmental assessment tools*, Environmental Impact Assessment Review, vol. 28, pp. 469-482
- Kalusche W. (2009), *Optimierung von Baukonstruktionen unter Beachtung der Lebenszykluskosten*, Detail 04/2009, pp. 360-364
- König H., De Cristofaro M. L. (2012), *Benchmarks for life cycle costs and life cycle assessment of residential buildings*, Building Research & Information 1, pp. 1-23
- Laniado E., Arcari S., Cappiello A. (2011), *Linee guida, strumenti operativi, quadri di riferimento per la valutazione di significatività degli impatti*, Valutazione Ambientale, n. 19 gennaio/giugno, EdicomEdizioni
- Laniado E. (2010), *Principi e caratteristiche dell'approccio compensativo*, Valutazione Ambientale, n. 18 luglio/dicembre, EdicomEdizioni
- Lavagna M., *Varese Ligure verso l'autosufficienza energetica*, Trasporti & Cultura, n. 26, Energia, paesaggio e architettura futura, anno X, gen.-apr. 2010, Campanotto Editore, pp. 88-89
- Li F., Liub X., Hua D., Wanga R., Yanga W., L D., Zhaoa, D. (2009), *Measurement indicators and an evaluation approach for assessing urban sustainable development: A case study for China's Jining City*, Landscape and Urban Planning 90, pp. 134-142
- Lützkendorf T., Lorenz D. (2007), *Integrating Sustainability into Property Risk Assessment for Market Transformation*, Building Research & Information, Vol. 35, No. 6, pp. 644-661
- Lützkendorf T., Lorenz D. P. (2006), *Using an integrated performance approach in building assessment tools*, Building Research & Information, 34(4), pp. 334-356
- Malcevschi S. (2004), *L'uso integrato degli indicatori nella valutazione ambientale*, Dossier: indicatori per la valutazione ambientale, 5/2004, Edicom Edizioni, pp. 27-31
- Mcmanus P., Haughton G. (2006), *Planning with Ecological Footprints: a sympathetic critique of theory and practice*, Environment and Urbanization, 18, pp. 113-127
- Meins E., Wallbaum H., Hardziewski R., Feige A. (2010), *Sustainability and Property Valuation - A Risk-Based Approach*, Building Research & Information, 38(3), pp. 280-300
- Miramonti C. (a cura di) (2013), *Le novità per i prodotti da costruzione dal 1 luglio 2013*, UNI (U&C) n.7 luglio/agosto
- Morello E. (2011), *Urban morphology and environmental quality: tools for evaluation and design*, Kien Truc, ISSN: 0866-8617, 193, pp. 98 - 103
- Perotto E., Canziani R., Marchesi R., Butelli P. (2006), *Valutazione della prestazione ambientale in ambito SGA: Indicatori, indici ed incertezza di misura*, IA Ingegneria Ambientale, n.7/8, luglio/agosto, CIPA Ed., pp. 369-381
- Pileri P. (2008), *Servono correzioni di rotta. I consumi di suolo crescono e la natura indietreggia. Il*

*Punto in Lombardia*, Territorio, n. 44

- Rebitzer G., Ekvall T., Frischknecht R. et al. (2004), *Life cycle assessment Part 1: Framework, goal and scope definition*, inventory analysis and applications, *Environment International* 30, pp. 701–720
- Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO), Eidg. Volkswirtschaftsdepartement (EVD) (2010), *Nachhaltigkeit: Herausforderung für die Immobilienwirtschaft*, *Die Volkswirtschaft. Das Magazin für Wirtschaftspolitik* 7/8, Bern, Switzerland, pp.18-21
- Stoy C., Schalcher, H. R. (2007), *Residential Building Projects: Building Cost Indicators and Drivers*, *Journal of Construction Engineering and Management*, 2007(2), pp. 139-145
- Taehoon H., Choongwan K., Kwangbok J. (2012), *A decision support model for reducing electric energy consumption in elementary school facilities*, *Elsevier Applied Energy* 95, pp. 253-266
- Wallbaum H., Krank S., Teloh R. (2011), *Prioritizing Sustainability Criteria in Urban Planning Processes: Methodology Application*, *Journal of urban planning and development*, (3): pp. 20-28
- Walz R. (2000), *Development of Environmental Indicator Syistems: Experiences from Germany*, *Environmental Management*, vol. 25, n. 6, pp. 613-623
- Zancan R., *Tre piani per tre quartieri*, Turrisbabel, *Rivista dell'ordine degli architetti della provincia di Bolzano a tema "Densità"*, p. 22-24
- Zanelli A. et al. (2008), AA.VV., *Abitazioni collettive*, Detail, Detail Konzept, settembre

## **Altro materiale**

- Calabria G. (2012), *Gestire in maniera innovativa gli acquisti della P.A.: l'eProcurement e le opportunità per il Sistema Paese*, 5 giugno, Politecnico di Milano
- Case Studies Symposium (2009), SETAC, 22-23 gennaio, Parigi
- Castiglioni L. (a cura di) (2011), *Scheda di Studio Ipes*, Fonte Ipes, Corso Integrato di Innovazione tecnologica e controllo ambientale, Politecnico di Milano, Facoltà di Architettura e società, Laurea Magistrale in Architettura, Proff. Elisabetta Ginelli, Monica Lavagna
- Colorni A. V. (2012), *Lezioni del corso MMDM Methods and Models for Decision making*, Politecnico di Milano
- Daniotti B. (2013), *Lezioni del corso Durabilità e analisi del degrado*, Politecnico di Milano
- Daniotti B. (2011), *Lezioni del corso La ricerca per l'innovazione nel processo edilizio per il corso di Dottorato in Ingegneria dei sistemi edilizi*, Politecnico di Milano
- Fergnani N. (2010), *Microgenerazione e fonti rinnovabili: gestione ottimizzata nello scenario delle Smart Grids*, Tesi di laurea specialistica in Ingegneria Energetica, Facoltà di Ingegneria Industriale, Relatore: Prof. Paolo Silva, Politecnico di Milano
- Ginelli E. (2011), *Lezioni del corso di Eco-progettazione di sistemi e componenti edilizi*, Politecnico di Milano
- Hamans C., *Positioning standards and assessment tools in sustainability*, European Sustainability

## Consulting

- Lavagna M. (2011), *Lezioni del corso di Efficienza ambientale nel ciclo di vita di un edificio*, Politecnico di Milano
- May G., Helvacı E. (2010), *Integration of Sustainability into New Product Design*, Tesi di laurea Dipartimento di Ingegneria gestionale, Relatore: Prof. Marco Taisch, Correlatore: Endris Temam Kerga, Politecnico di Milano
- Open-House, Benchmarking and mainstreaming building sustainability in the UE based on transparency and openness from model to implementation (2010), Fraunhofer IBP: D1.2.2. First set of recommendations for standardisation for the baseline
- Open-House, D1.5 Baseline model and assessment methodology, Draft 01/06/2011
- Oppio A. (2010), *Certificazione energetica degli edifici: Miglioramento dell'efficienza dell'involucro, valutazioni economiche degli investimenti*, Corso di formazione per Certificatori Energetici, Politecnico di Milano
- Osservatorio Casa dati 2009, Report su "La casa a Bolzano 2008 – 03"
- Piano di attuazione CasaNova, Elaborati di piano, Ufficio Tecnico IPES Provincia di Milano (2006), *Linee guida per gli acquisti verdi*
- Stoy C. (2012), *Lezioni del Corso di Economia delle Costruzioni*, Università di Stoccarda, Germania
- SuPerBuildings WP 4.1 - Concept and Framework, Final Report
- SuPerBuildings D 3.1 - Literature and interview survey about stakeholders' needs and requirements for SB assessment and benchmarking methods
- SuPerBuildings, Deliverable 2.1- Conclusions about the needs for development of sustainability indicators and assessment methods
- Vilasi F. (2010), *Green Building: il mercato del futuro? Analisi del legale tra prestazioni sostenibili e valore di mercato*, Tesi di laurea del Corso di laurea magistrale in Gestione del Costruito, Relatore: Prof. Andrea Ciaramella, Politecnico di Milano

## Sitografia e materiale elettronico

- BREEAM (BRE Environmental Assessment Method), <http://www.breeam.org>
- CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency), <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/overviewE.htm>
- CIB International Council for Building <http://www.cibworld.nl/site/home/index.html>
- Code for Sustainable Homes, [http://www.planningportal.gov.uk/uploads/code\\_for\\_sust\\_homes.pdf](http://www.planningportal.gov.uk/uploads/code_for_sust_homes.pdf)
- Eco-bau, <http://www.eco-bau.ch>
- Enertour TIS <http://www.enertour.bz.it/it>
- Green Building Council Australia (Green Star Tool), <http://www.gbca.org.au>
- HQE (Haute Qualité Environnementale), <http://www.assohqe.org>

- iiSBE (International Initiative for a Sustainable Built Environment), <http://www.iisbe.org>
- ITACA (Istituto per l'Innovazione e Trasparenza degli Appalti e la Compatibilità Ambientale), Associazione federale delle Regioni e delle Province Autonome, <http://www.itaca.org>
- Klimahouse [www.klimahouse.it](http://www.klimahouse.it)
- Rete europea CRISP (Construction and City Related Sustainability Indicators), <http://crisp.cstb.fr>
- Rete Italiana LCA [www.reteitalianalca.it](http://www.reteitalianalca.it)
- U.S. Green Building Council (LEED), <http://www.usgbc.org>
- World Sustainable Building Conference 2011, SB 11 Helsinki [www.sb11.org](http://www.sb11.org)
- Whole Life Costing for Sustainable Drainage (CIRIA Construction industry research and information association) [http://www.ciria.org.uk/suds/pdf/whole\\_life\\_cost\\_summary.pdf](http://www.ciria.org.uk/suds/pdf/whole_life_cost_summary.pdf)
- Wseas (Organization). (2010), *Selected Topics in Energy, Environment, Sustainable Development and Landscaping [Electronic Resource] : 6th WSEAS International Conference on Energy, Environment, Ecosystems & Sustainable Development (EEESD '10), 3rd WSEAS International Conference on Landscape Architecture (LA '10)*. P. ANDEA and S. KILYENI eds., Timisoara, Romania ed. WSEAS, 2010 Oct, ISBN 9789604742370 (CD-ROM)
- Guazzo V., Tesi di dottorato in statistica, Università degli Studi di Napoli Federico II XX Ciclo [http://www.fedoa.unina.it/3489/1/Tesi\\_Dottorato\\_Statistica\\_Guazzo\\_velia.pdf](http://www.fedoa.unina.it/3489/1/Tesi_Dottorato_Statistica_Guazzo_velia.pdf)
- Salimbeni D., 2008  
<http://www.diee.unica.it/~dani/didattica/seminari/manutenzione/manutenzione.pdf>  
[http://db.formez.it/fontinor.nsf/faf9e352d389be8fc1256bb900405812/9A4F2D221732EB84C125712B00347E9A/\\$file/05\\_aalborg\\_commitments.pdf](http://db.formez.it/fontinor.nsf/faf9e352d389be8fc1256bb900405812/9A4F2D221732EB84C125712B00347E9A/$file/05_aalborg_commitments.pdf)  
[http://www.provincia.mi.it/pianificazione\\_territoriale/agenda\\_21\\_OFFLINE/presentazione.html](http://www.provincia.mi.it/pianificazione_territoriale/agenda_21_OFFLINE/presentazione.html)  
[http://it.wikipedia.org/wiki/Agenda\\_21](http://it.wikipedia.org/wiki/Agenda_21)  
<http://www.trinius.de/index.html>  
[http://www.bmvbs.de/DE/Home/home\\_node.html](http://www.bmvbs.de/DE/Home/home_node.html)  
<http://www.nachhaltigesbauen.de>  
<http://www.homegate.ch>  
[http://www.webalice.it/andreafranco.adsl/index\\_files/Welcome\\_ITA.htm](http://www.webalice.it/andreafranco.adsl/index_files/Welcome_ITA.htm)  
<http://www.slideshare.net/antot/performance-management-in-due-slide>  
<https://www.educate-sustainability.eu/kb/it/content/glossary>  
<http://www.nachhaltigesbauen.de>  
[www.buildup.eu](http://www.buildup.eu)  
[www.epbd-ca.eu](http://www.epbd-ca.eu)  
[ec.europa.eu/intelligentenergy](http://ec.europa.eu/intelligentenergy)  
<http://www.fire-italia.it/>  
[www.campus-sostenibile.polimi.it](http://www.campus-sostenibile.polimi.it)

## Bibliografia specifica Capitolo 3

---

### Libri e altre monografie

- Alcaud D., Calori A., Comardicea I., Lia F., Liqueste C., Lué A., Schmidt M. (2011), *Enhancing integrated adaptive water management through citizen participation: An evaluation perspective*, International Conference on Integrated Water Resources Management, 12-13 ottobre, Dresda, Germany
- Anderson J. (2013), *Life-Cycle Assessment of Induced Impacts in the Built Environment*, SB13 Munich "Implementing Sustainability – Barriers and Chances", ISBN: 978-3-8167-8982-6, 24-26 aprile, Munich, Germany, pp. 166-176
- Balcomb J. D., Curtner A. (2000), *Multi-criteria decision-making process for buildings*, Energy Conversion Engineering Conference and Exhibit 2000, (IECEC) 35th Intersociety, vol.1, pp. 528-535
- Balouktsi M., Lützkendorf T., Kopfmüller J., Parodi O. (2013), *Sustainable neighbourhoods: Challenges for research, policy and planning*, SB13 Munich "Implementing Sustainability – Barriers and Chances", ISBN: 978-3-8167-8982-6, 24-26 aprile, Munich, Germany, pp. 901-910
- Beck T., Bos U., Wittstock B., Fischer M., Sedlbauer K (a cura di) (2010), *LANCA Land Use Indicator Value Calculation in Life Cycle Assessment*, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, University of Stuttgart
- Bezzi C. (2002), *Il disegno della ricerca valutativa*, Franco Angeli, Milano
- Blechar S. (2006), *Magic Quadrant for Business Process Analysis Tools*, Gartner RAS Core Research
- Bonari E., Ceccon P. (2002), *Verso un approccio integrato allo studio dei sistemi colturali*, Ed. F. Angeli, Milano
- Bubeck D. (2002), *Life Cycle Costing (LCC) im Automobilbau*, Verlag Dr. Kovac, Hamburg, Germany
- Camagni R., Lenzi C., *Competitività territoriale: Determinanti e politiche*, ISBN: 9788856841633, Franco Angeli, Milano
- Canada J.R., Sullivan W.G. (1989), *Economic and Multiattribute Evaluation of Advanced Manufacturing Systems*, Prentice Hall, Englewood Cliffs
- Caputo P. et al. (2010), *Towards Sustainable Local Energy Systems. Most Reliable Technologies and Effective Models and Tools for an Italian Case Study*, in: Proceedings of the International Clima 2010 Conference, Antalya, Turkey
- Caputo S. (2011), *Sustainable urban environments and suture scenarios*, SB11, World Sustainable building Conference, 18-21 ottobre, Helsinki, Finland

- Catalano G. M., Lombardo S. (1995), *L'analisi costi-benefici nelle opere pubbliche ad elementi di analisi multicriteri*, Dario Flaccovio Editore, Palermo
- CIB (2013), *The Implementation of Energy Efficient Building Policies: an international comparison*, International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB) Task Group 66 "Energy and the Built Environment" - Review of activities 2009-2012, Final Report, Publication 386
- CIB Report (1982), *Working with the performance approach building*, Publication 64
- Colorni A., Intini P., Luè A. (2008), *The analytic hierarchy process as a public decision making method: the case of justice efficiency in Italy*, XXXIX Annual Conference of Italian Operational Research Society, 8-11 settembre, Ischia (Na)
- Colorni A., Luè A., Nocerino R. (2013), *Cognitive mapping for decision aiding: an application to the design of a vehicle sharing service*, 26th European Conference on Operational Research. 1-4 luglio, Roma
- De Montis A. (2001), *Analisi multicriteri e valutazione per la pianificazione territoriale*, Ed. C.U.E.C., Cagliari
- Enea, Fire, *Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole*, Roma
- Franco L., Marconi R. (1995), *Porti turistici*, Ed. Maggioli, Roma
- Franzeck J. (1997), *Methodik der Lebenszykluskostenanalyse und-planung (Life Cycle Costing) für die Entwicklung technischer Produktsysteme unter Berücksichtigung umweltlicher Effekte*; University Stuttgart, Stuttgart, Germany
- Gargiulo C. (2013), *Multiscalarly and Life Cycle Assessment of Impacts and Performances in the Built Environment*, CIB W115 2<sup>nd</sup> GDC Green Design Conference "Green Cities, Buildings and Products" Proceedings, 3-6 ottobre, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, pp. 14-19
- Gargiulo C. (2013), *A Multilevel and Multi-scale Method to Optimize the Sustainable Construction Works*, SB13 "Integrated Approaches to Sustainable Building" Proceedings, Coventry (United Kingdom), 3-5 luglio ISBN:978-1-84600-049-2: 1, pp. 1-10
- Gargiulo C. (2013), *Performance oriented building assessment: a decision-support method based on an integrated approach*, CESB 13 "Central Europe towards Sustainable Building" Proceedings, Prague (Czech Republic), 26-28 giugno, ISBN:978-80-247-5017-0:1230, pp. 1-10
- Gargiulo C. (2013), *Performance oriented building assessment: a decision-support method based on an integrated approach*, YRSB 13 "Young Researches in Sustainable Building" Proceedings, Prague (Czech Republic), 25 giugno 2013, ISBN:978-80-247-5019-4:1231, pp. 1-10
- Gargiulo C. (2013), *A Multilevel Method to Manage the Complexity of the Sustainable Construction Works*, SB13 Oulu "Sustainable procurement in urban regeneration and renovation Northern Europe and North-West Russia", ISBN: 978-951-758-562-0, 22-24 maggio, Oulu, Finland, pp. 205-213
- Gargiulo C. (2013), *A multilevel and multiscale method to optimize the sustainable construction works*, SB13 Munich "Implementing Sustainability – Barriers and Chances", ISBN: 978-3-8167-8982-6, 24-26 aprile, Munich, Germany, pp. 1032-1039
- Gargiulo C. (2012), *European Standards for the Assessment of Sustainability in Construction*



*works: role of Stakeholders and opportunities for the Construction industry*, "The Missing Brick: Towards a 21st-century Built Environment Industry Conference" Proceedings, ISBN: 88-387-6164-7, IsteA Italian Society of science, Technology engineering of Architecture, 18-19 ottobre, Maggioli Editore, Milano, pp. 470-489

Gargiulo C. (2012), *Performance oriented building assessment: time and space the two dimensions of sustainability*, CIB W115 Green Design Conference Proceedings, ISBN:978-90-365-3451-2, 27-30 settembre, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, pp: 27-30

Grussing M.N. (2009), *Building Envelope Life Cycle Condition Evaluation using a Distress-Based Methodology*. Austin, TX, United states: American Society of Civil Engineers

Haiyan L., Yan H., Xiaoxue L., Huirui M. (2011), *Reasonable Construction of Sustainable Water Environment in Green Building*. IEEE

Hammond A., Adriaanse A. et al. (1995), *Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development*, ISBN: 1-56973-026-1, World Resources Institute

Heinonen J. (2011), *An empirical evaluation of metropolitan carbon mitigation strategies*, SB11, World Sustainable building Conference, 18-21 ottobre, Helsinki, Finland

Hunkeler D., Lichtenvort, K., Rebitzer G. (2008), *Environmental Life Cycle Costing*, CRC Press: Boca Raton, FL, USA

Ismail A.M., Khalail H.B. (2010), *Urban Design Factors Associated with Coastal Alterations: The Case of Hurghada, Red Sea in Egypt*. Singapore, Singapore: IEEE Computer Society

Keeney R.L., Raiffa H. (1976), *Decision with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*, John Wiley & Sons, New York, NY

Laniado E., Luè A., Muratori S. (2010), *Participation in multi-criteria decisions: a software tool and a case study*, IEMSS 2010 International Congress on Environmental Modelling and Software, 5-8 luglio, Ottawa, Ontario, Canada

Laniado E., Vaghi S., Cossu M. (2009), *Environmental monitoring of plans and programmes in Strategic Environmental Assessment (SEA): a methodological proposal*, EMAN 2009, 23-24 aprile, Prague, Czech Republic

Luè A., Colorni A. (2009), *Sistemi di supporto alle decisioni di gruppo: un metodo basato su Electre III*, INPUT '08 Quinta conferenza nazionale in pianificazione urbana e territoriale, 4-6 marzo, Lecco

Laniado E. (2009), *L'integrazione della dimensione ambientale nel processo decisionale pubblico*, in A. Boggia (a cura di) "La valutazione del danno ambientale e paesaggistico", Villa Umbra Perugia

Luo H., Yang J. (2011), *Decision Support to Green Technology Implementation on Australian University Campuses*, SB11, World Sustainable building Conference, 18-21 ottobre, Helsinki, Finland

Lützkendorf T., Ilomäki A. (2007), *How to assess the Contribution of Buildings to Sustainable Development?* 4<sup>th</sup> Forum for Sustainability German EU Council Presidency 2007, maggio, Leipzig, Germany

Lützkendorf T., Lorenz D. (2007), *Sustainability Assessment and/or Property Rating*, in CESB 07

Prague Conference, Prague, Czech Republic

- Maltese S., Daniotti B., Re Cecconi F. (2013), *Sustainability Multi-Criteria Analysis Method – Real Estate Assessment Tool for a Sustainable Refurbishment*, CESB13 Prague. Central Europe towards Sustainable Building 2013: Sustainable Building and Refurbishment for Next Generations, ISBN:978-80-247-5015-6, Prague, Czech Republic, pp. 705-708
- Maltese S. (2012), *Implementazione di un Metodo Multicriterio per l'analisi di Sostenibilità*, Tesi di Laurea Magistrale in Ingegneria dei Sistemi Edilizi, Relatore: Prof. Bruno Daniotti, Correlatore: Prof. Fulvio Re Cecconi, Politecnico di Milano
- Masera G., Ruta M. (2009), *Sostenibilità e innovazione in edilizia*, Atti del 7o Convegno Nazionale ISTeA 2008, Lerici, 10-12 luglio, Aracne Editrice, Roma
- Menass C.C., Rexrode A.J. (2010), *Life Cycle Cost Analysis and Real Option Theory for Improved Sustainability in Existing Buildings*. Banff, AB, Canada: American Society of Civil Engineers
- Moga L. (2011), *Development of a Multicriteria Analysis System to Obtain Sustainable Buildings in Romania*, SB11, World Sustainable building Conference, 18-21 ottobre, Helsinki, Finland
- Mustajoki J., Hämäläinen R.P. (1999), *Web-HIPRE - Global decision support by value tree and AHP analysis*, Systems Analysis Laboratory, University of Technology, Helsinki, Finland
- Palombo M. (2001), *Il processo di valutazione*, Franco Angeli, Milano
- Parelli M., De Leo G., Girardi P., Riva M. (2006), *Analisi di scenario delle esternalità ambientali connesse alle attività di produzione di energia elettrica: il progetto ExternE riadattato a scala Urbana*, Atti del XXVI Congresso della Società italiana di Ecologia, Viterbo/Civitavecchia
- Peyret T. (2006), *The Forrester Wave™: Business Process Modeling Tools*, Q3 2006, Forrester Research
- Regione del Veneto, *La Valutazione dei progetti d'investimento pubblici, Linee Guida*, Quaderni del NUVV-1
- Renn O., Deuschle J. et al. (2007), *A normative-functional concept of sustainability and its indicators*, Universität Stuttgart, Germany
- Resini L. (1993), *L'efficienza e l'efficacia del settore pubblico: alcuni metodi di analisi*, in *Economia e diritto del terziario*, V. 1, pp. 93 – 125
- Roscelli R. (2005), *Misurare nell'incertezza. Valutazioni e trasformazioni territoriali*, Ed. Celid, Torino
- Rossi P. H., Freeman H. E. (1993), *Evaluation. A Systematic Approach*, 5<sup>a</sup> ed. Newbury Park, Ca., Sage
- Saaty T.L. (1982), *Decision Making for Leaders*, Wadsworth Publishing Company, Belmont, CA.
- Saaty T.L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw Hill, New York
- Salat S. (2011), *Assessing cities: A new system of spatial indicators*, SB11, World Sustainable building Conference, 18-21 ottobre, Helsinki, Finland
- Scarso E. (1992), *Tecniche quantitative per l'analisi economica dei progetti*, Tesi di dottorato, Università di Padova, Parma e Udine
- Schiel P. (2010), *D - Life Cycle Management System for the Assessment of Sustainability; D - Lebenszyklusmanagementsystem Zur Nachhaltigkeitsbeurteilung*. ISBN 03734331, Bauverlag

GmbH , Wiesbaden, Germany

- Schmidt D. (2011), *Low Energy Systems for High-Performance Buildings and Communities*, SB11, World Sustainable building Conference, 18-21 ottobre, Helsinki, Finland
- Schmincke E. (2011), *European EPD, an information tool for performance oriented building assessment*, SB11, World Sustainable building Conference, 18-21 ottobre, Helsinki, Finland
- Scolieri S. (2012), *Stima delle emissioni di CO<sub>2</sub> delle università: il caso del Politecnico di Milano - Campus "Citta Studi"*, Tesi di laurea Facoltà di Ingegneria Civile, Ambientale e Territoriale, Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio, Relatore: Prof. Stefano Caserini, Correlatori: Prof.ssa Manuela Grecchi, Dr. Eleonora Perotto, Politecnico di Milano
- Stame N. (1998), *L'esperienza della valutazione*, Seam edizioni, Roma
- Steen E. (2011), *Do we Rebuild Or use Anew? A Discussion and Comparison of Adaptive-Reuse Vs. New Construction through Case-Studies*
- Sullivan W.G., Wicks E.M., Luxhoj J.T. (2003), *Engineering Economy*, 12th Edition, Upper Saddle River – NJ: Prentice Hall
- Torio H., Schmidt D. (a cura di) (2011), *Low Energy Systems for High-Performance Buildings and Communities*, Final Report ECBCS Annex 49
- UNEP (2009), *Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products*, UNEP-SETAC Life-Cycle Initiative: Paris, France
- Van den Dobbelsteen A. (2011), *Energetic Urban Planning - A novel approach to carbon-neutral cities*, SB11, World Sustainable building Conference, 18-21 ottobre, Helsinki, Finland
- Vargas L.G. (1990), *An overview of the Analytic Hierarchy Process and its applications*, European Journal of Operational Research, vol. 48
- Weber D-R (2004), *Analisi multicriterio per la valutazione degli investimenti*, Tesi di laurea triennale, DTG-Università di Padova
- Zehbold C. (1996), *Lebenszykluskostenrechnung*; Gabler: Wiesbaden, Germany

### **Articoli di rivista**

- Alwaer H., Clements-Croome D. J. (2010), *Key performance indicators (KPIs) and priority setting in using the multi-attribute approach for assessing sustainable intelligent buildings*. Building and Environment, 45, 799-807
- Aminmansour A., Moon K.S. (2010), *Integrated Design and Construction of Tall Buildings*, Journal of Architectural Engineering, vol. 16, no. 2, pp. 47-53
- Andrews, C.J., Krogmann, U., (2009), *Explaining the Adoption of Energy-Efficient Technologies in U.S. Commercial Buildings*, Energy and Buildings, ISSN 03787788. vol. 41, no. 3, pp. 287-294
- Andrade J., Braganca L., *Analysis of the impacts of economic and social indicators to sustainability assessment*, Cost Action C25 - Final Conference
- Ardente F., Beccali M., Cellura M., Mistretta M. (2011), *Energy and Environmental Benefits in*

Public Buildings as a Result of Retrofit Actions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, ISSN 13640321, vol. 15, no. 1, pp. 460-470

Augelis A., Papadopoulos A.M. (2009), *Application of Multicriteria Analysis in Designing HVAC Systems*, *Energy and Buildings*, ISSN 03787788, vol. 41, no. 7, pp. 774-780

Ayres R.U. (2008), *Sustainability economics: Where do we stand?*, *Ecological Economics*, vol. 67, pp. 281-310

Azhar S., Carlton W.A., Oolsen D., Ahmad I. (2011), *Building Information Modeling for Sustainable Design and LEED Rating Analysis*, *Automation in Construction*, ISSN 09265805, vol. 20, no. 2, pp. 217-224

Bailie C., Feinblatt E., Thamae T., Berrington E. (2010), *Needs and Feasibility: A Guide for Engineers in Community Projects - the Case of Waste for Life*. *Synthesis Lectures on Engineers, Technology, and Society*, vol. 13, pp. 1-135.

Baird G., Lechat S. (2009), *Users' Perceptions of Personal Control of Environmental Conditions in Sustainable Buildings*, *Architectural Science Review*, ISSN 00038628, vol. 52, no. 2, pp. 108-116

Ballard G., Rybkowski Z.K. (2009), *Overcoming the Hurdle of First Cost: Action Research in Target Costing*, Seattle, WA, United states: American Society of Civil Engineers

Becker J. (2004), *Making sustainable development evaluations work*, *Sustainable Development*, vol. 12, pp. 200-211

Bolin C., Smith S. (2011), *Life Cycle Assessment of ACQ-Treated Lumber with Comparison to Wood Plastic Composite Decking*. *Journal of Cleaner Production*, ISSN 09596526, vol. 19, no. 6-7, pp. 620-629

Borri D., Concilio G., Conte E. (1998), *A fuzzy Approach for Modeling knowledge in environmental systems evaluation*, *Environ. and Urban Systems*, vol. 22, pp. 299-313

Braganca L., Mateus R., Koukkari H. (2010), *Building Sustainability Assessment*, *Sustainability Journal*, 2(7): pp. 2010-2023

Callens I., Tyteca D. (1999), *Methods: Towards indicators of sustainable development for firms. A productive efficiency perspective*, in *Ecological Economics*, Elsevier, 28, pp. 41-53

Chen Y., Okudan G.E., Riley D.R. (2010), *Decision Support for Construction Method Selection in Concrete Buildings: Prefabrication Adoption and Optimization*, *Automation in Construction*, ISSN 09265805, vol. 19, no. 6, pp. 665-675

Claus J. (2011), *Windmills as Modern Trees*. Sun & Wind Energy, ISSN 1861-2741 74714, BVA Bielefeld Verlag Gmbh ed., vol. 5/2011

Cloquell-Ballester V.A. et al. (2006), *Indicators validation for the improvement of environmental and social impact quantitative assessment*, *Environmental Impact Assessment Review*, vol. 26, pp. 79-105

Conte E., Monno V. (2012), *Beyond the buildingcentric approach: A vision for an integrated evaluation of sustainable buildings*, *Environmental Impact Assessment Review*, vol. 34, pp. 31-40

Crawley D., Aho I (1999), *Building environmental assessment methods: applications and development trends*. *Building Research & Information*, 27, pp. 300 - 308

- De Meester B., et al. (2009), *Exergetic Life-Cycle Assessment (ELCA) for Resource Consumption Evaluation in the Built Environment*. Building and Environment, ISSN 03601323, vol. 44, no. 1, pp. 11-17
- Ding G. K. C. (2008), *Sustainable construction --The role of environmental assessment tools*. Journal of Environmental Management, vol. 86, pp. 451-464.
- Dodoo A., Gustavsson L., Sathre R. (2010), *Life Cycle Primary Energy Implication of Retrofitting a Wood-Framed Apartment Building to Passive House Standard*. Resources, Conservation and Recycling, ISSN 09213449, vol. 54, no. 12, pp. 1152-1160
- Etokova A., Porhincak M., Ruzbacky R. (2011), *Minimization of CO2 Emissions and Primal Energy by Building Materials' Environmental Evaluation and Optimization*, Chemical Engineering Transactions, ISSN 19749791, vol. 25, pp. 653-658
- Fan X.L. (2011), *How to Lead Green Construction's Sustainable Development by Low Carbon Ideology*, Advanced Materials Research, vol. 243, pp. 6427-6432
- Farreny R., Gabarrell X., Rieradevall J. (2011), *Cost-Efficiency of Rainwater Harvesting Strategies in Dense Mediterranean Neighbourhoods*, Resources, Conservation and Recycling, ISSN 09213449, vol. 55, no. 7, pp. 686-694
- Li F., Liu X. et al. (2009), *Measurement indicators and an evaluation approach for assessing urban sustainable development: A case study for China's Jining City*, Landscape and Urban Planning, vol. 90, pp. 134-142
- Fernandez-Sanchez G., Rodriguez-Lopez F. (2010), *A methodology to identify sustainability indicators in construction project management - Application to infrastructure projects in Spain*. Ecological Indicators, vol. 10, pp. 1193-1201.
- Ferrante A., Cascella M.T. (2011), *Zero Energy Balance and Zero on-Site CO2 Emission Housing Development in the Mediterranean Climate*, Energy and Buildings, vol. 43, no. 8, pp. 2002-2010
- Ferrarini A., Bodini A., Becchi M. (2001), *Environmental quality and sustainability in the province of Reggio Emilia (Italy): using multi-criteria analysis to assess and compare municipal performance*, Journal of Environmental Mangement (2001), vol. 63, pp. 117-131
- Franzitta V. et al. (2011), *Toward a European Eco-Label Brand for Residential Buildings: Holistic Or by-Components Approaches?*. Energy, ISSN 03605442, vol. 36, no. 4, pp. 1884-1892
- Fraser E., Dougill A.J. et al. (2006), *Bottom up and top down: Analysis of participatory process for sustainability indicator identification as a pathway to community empowerment and sustainable environmental management*, Journal of Enviromental Mangement, vol. 78, pp. 114-127
- Gangoellis M., et al. (2010), *Mitigating Construction Safety Risks using Prevention through Design*. Journal of Safety Research, vol. 41, no. 2, pp. 107-122
- Gervasio H., Santos P., Da Silva L.S., Lopes A.M.G. (2010), *Influence of Thermal Insulation on the Energy Balance for Cold-Formed Buildings*, Advanced Steel Construction, ISSN 1816112X, vol. 6, no. 2, pp. 742-766
- Gustavsson L., Joelsson A. (2010), *Life Cycle Primary Energy Analysis of Residential Buildings*, Energy and Buildings, ISSN 03787788, vol. 42, no. 2, pp. 210-220

- Gustavson K., Lonergan S.C. et al. (1999), *Selection and modling of sustainable development indicators: a case study of the Fraser River Basin, British Columbia*, Ecological Economics, vol. 28, pp. 117-132
- Gustavsson L., Joleson A., Sathre R. (2010), *Life Cycle Primary Energy use and Carbon Emission of an Eight-Storey Wood-Framed Apartment Building.*, Energy and Buildings, ISSN 03787788, vol. 42, no. 2, pp. 230-242
- Habert G., Roussel N. (2009), *Study of Two Concrete Mix-Design Strategies to Reach Carbon Mitigation Objectives*. Cement and Concrete Composites, vol. 31, no. 6, pp. 397-402
- Halog A., Manik. Y. (2011), *Advancing Integrated Systems Modelling Framework for Life Cycle Sustainability Assessment in integrated sustainability assessment*, Sustainability, 3, ISSN:2071-1050, pp. 469-499
- Han X., Hui C., Zhang Y. (2009), *Effects of Time-Lagged Niche Construction on Metapopulation Dynamics and Environmental Heterogeneity*. Applied Mathematics and Computation, vol. 215, no. 2, pp. 449-458
- He G., Zhang L., LU Y. (2009), *Environmental Impact Assessment and Environmental Audit in Large-Scale Public Infrastructure Construction: The Case of the Qinghai-Tibet Railway*. Environmental Management, ISSN 0364152X, vol. 44, no. 3, pp. 579-589
- Hezri A.A. (2004), *Sustainability indicator system and policy processes in Malaysia: a framework for utilisation and learning*, Journal of Environmental Mangement, vol. 73, pp. 357-371
- Huang S., Yeh C. et al. (2009), *A Sensitivity Model (SM) approach to analyze urban development in Taiwan based on sustainability indicators*, Environmental Impact Assessment Review, vol. 29, pp. 116-125
- Ilha M.S.O., Oliveira L.H., Goncalves O.M. (2009), *Environmental Assessment of Residential Buildings with an Emphasis on Water Conservation*, Building Services Engineering Research and Technology, ISSN 01436244, vol. 30, no. 1, pp. 15-26
- Innes J., Booher D. (2010), *Indicators fo Sustainable Communities: A Strategy Building on Complexity Theory and Distributed Intelligence*, Planning Theory and Practice, Routledge, UK, 1:2, pp. 173-186
- International Association for Bridge and Structural Engineering., 2010. *IABSE Symposium Venice 2010 : Large Structures and Infrastructures for Environmentally Constrained and Urbanised Areas : Report = Rapport*. Venice, Italy ed. Zu\0308rich: IABSE, 2010, ISBN 9783857481222; 3857481226
- Jo J.H., Carlson J., Golden J.S., Bryan H. (2010), *Sustainable Urban Energy: Development of a Mesoscale Assessment Model for Solar Reflective Roof Technologies*. Energy Policy, ISSN 03014215, vol. 38, no. 12, pp. 7951-7959
- Jørgensen A., Le-Boqc A., Nazakina L. (2008), Hauschild, M. *Methodologies for social life cycle assessment*, in J. Life Cycle Assess., 13, pp. 96-103
- Jørgensen A., Hauschild M., Jørgensen M., Wangel A. (2009), *Relevance and feasibility of social life cycle assessment from a company perspective*, in J. Life Cycle Assess., 14, pp. 204-214
- Jørgensen A., Finkbeiner M., Jørgensen M.S., Hauschild M.Z. (2010), *Defining the baseline in social life cycle assessment*, in J. Life Cycle Assess, 15, pp. 376-384

- Kevern J. (2011), *Green Building and Sustainable Infrastructure: Sustainability Education for Civil Engineers*. Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, vol. 137, pp. 107
- Kevern J.T. (2011), *Green Building and Sustainable Infrastructure: Sustainability Education for Civil Engineers*. Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, ISSN 10523928, vol. 137, no. 2, pp. 107-112
- Korkmaz S., Horman M., Riley D.(2009), *Key Attributes of a Longitudinal Study of Green Project Delivery*. Seattle, WA, United states: American Society of Civil Engineers
- Koroneos C.J., Dompros A.T. (2009), *Environmental Assessment of the Cement and Concrete Life Cycle in Greece*. International Journal of Environmental Technology and Management, ISSN 14662132, vol. 10, no. 1, pp. 71-88
- Kreißig J., Goymann M. (2009), *Environmental Declaration for LAC in a National and European Context; Umweltdeklaration Leichtbeton Im Nationalen Und Europaischen Kontext*. Betonwerk Und Fertigteil-Technik/Concrete Plant and Precast Technology, ISSN 03734331, vol. 75, no. 2, pp. 122-123
- Kurtz J. C., Jackson L.E., Fisher S. (2001), *Strategies for evaluating indicators based on guidelines for the Environmental Protection Agency's Office of Research and Development*, Ecological Indicators, vol. 1, pp. 49-60
- Laniado E. (2010), *Strumenti di valutazione degli scenari: "visioni del futuro" e partecipazione*, Environnement, Ambiente e Territorio in Valle d'Aosta, n. 47
- Laniado E., Muratori S. (2010), *Strumenti per il processo decisionale pubblico*, Valutazione Ambientale, n. 17, gennaio/giugno, Edicom Edizioni
- Li X., Zhu Y., Zhang Z. (2010), *An LCA-Based Environmental Impact Assessment Model for Construction Processes*. Building and Environment, ISSN 03601323, vol. 45, no. 3, pp. 766-775
- Liu H., Wu S. (2010), *An Assessment on the Planning and Construction of an Island Renewable Energy System - A Case Study of Kinmen Island*. Renewable Energy, vol. 35, no. 12, pp. 2723-2731
- Liu K.F.R., Lai J. (2009), *Decision-Support for Environmental Impact Assessment: A Hybrid Approach using Fuzzy Logic and Fuzzy Analytic Network Process*. Expert Systems with Applications, ISSN 09574174, vol. 36, no. 3, pp. 5119-5136
- Lu D., Realff M.J. (2010), *Point-Based Standard Optimization with Life Cycle Assessment for Product Design*. Computers and Chemical Engineering, ISSN 00981354, vol. 34, no. 9, pp. 1356-1364
- Lukman R., Tiwary A., Azapagic A., (2009), *Towards Greening a University Campus: The Case of the University of Maribor, Slovenia*. Resources, Conservation and Recycling, ISSN 09213449, vol. 53, no. 11, pp. 639-644
- Manrique J.D. et al. (2011), *Combinatorial Algorithm for Optimizing Wood Waste in Framing Designs*. Journal of Construction Engineering and Management, vol. 137, no. 3, pp. 188-197
- Mao X., Lu H., Li Q. (2009), *A Comparison Study of Mainstream sustainable/green Building Rating Tools in the World*. Wuhan, China: IEEE Computer Society

- Mascarenhas A., Coelho P. et al. (2010), *The role of common local indicators in regional sustainability assessment*, Ecological Indicators, Elsevier, vol. 10, pp. 646-656
- Massimo D.E. (2009), *Valuation of Urban Sustainability and Building Energy Efficiency: A Case Study*. International Journal of Sustainable Development, ISSN 09601406, vol. 12, no. 2-4, pp. 223-247
- Mateus R., Braganca L. (2011), *Sustainability assessment and rating of buildings: Developing the methodology SBToolPT-H*, Building and Environment, vol. 46, pp. 1962-1971
- McMahon S.K. (2002), *The development of quality of life indicators - a case study from the City of Bristol, UK*, Ecological Indicators, Elsevier, vol. 2, pp. 177-185
- Medineckiene M., Turskis Z., Zavadskas E.K. (2010), *Sustainable Construction Taking into Account the Building Impact on the Environment*. Journal of Environmental Engineering and Landscape Management, vol. 18, no. 2, pp. 118-127
- Meir I.A., Garb Y., Jiao D., Cicelsky A. (2009), *Post-Occupancy Evaluation: An Inevitable Step Toward Sustainability*. Advances in Building Energy Research, vol. 3, no. 1, pp. 189-220
- Meul M., Nevens F., Reheul D. (2009), *Validating sustainability indicators: Focus on ecological aspects of Flemish dairy farms*, Ecological Indicators, Elsevier, vol. 9, pp. 284-295
- Mickwitz P., Melanen M. et al. (2006), *Regional eco-efficiency indicators - a participatory approach*, Journal of Cleaner Production, vol. 14, pp. 1603-1611
- Mumma S.A. (2009), *30% Surplus Oa does it use More Energy?*. ASHRAE Journal, ISSN 00012491, vol. 51, no. 6, pp. 24-36
- Nader M.R., Bachir A.S., Nadim K. (2008), *Environment and sustainable development indicators in Lebanon: A practical municipal level approach*, Ecological Indicators, Elsevier, vol. 8, pp. 771-777
- Ness B., Urbel-Piirsalu E. et al. (2007), *Categorising tools for sustainability assessment*, Ecological Economics, vol. 60, pp. 498-508
- Niemerijer D., de Groot R. (2008), *A conceptual framework for selecting environmental indicator sets*, Ecological Indicators, Elsevier, vol. 8, pp. 14-25
- Nolan G., Hamilton M., Brown M. (2009), *Comparing the Biodiversity Impacts of Building Materials*. Architectural Science Review, ISSN 00038628, vol. 52, no. 4, pp. 261-269
- Pachon, C., Goldblum D., Gaffney K. (2009), *Integrating Greener Remediation into the Federal and State Cleanup Programs*. Baltimore, MD, United states: Battelle Memorial Institute
- Park J., et al (2011), *Using Decision Tree to Develop a Soil Ecological Quality Assessment System for Planning Sustainable Construction*, Expert Systems with Applications, ISSN 09574174, vol. 38, no. 5, pp. 5463-5470
- Patel M. (2002), *A meta-evaluation, or quality assessment, of the evaluations in this issue, based on the Africa Evaluation Guidelines: 2002*, Evaluation and Program Planning, vol. 25, pp. 329-332
- Petracca P. (2010), *Washington, Pechino e La Green Economy*, Progettare Dirigere Costruire Collaudare. APIM Milano ed., Gennaio/Febrero 2010, vol. 72
- Petrone D. (2011), *Itaca Raddoppia e Si Semplifica*. Progetto Energia. BE-MA Editrice ed., vol. 69
- Pinter L., Hardi P., Martinuzzi A., Hall J. (2012), *Bellagio Stamp: Principles for sustainability*



*assessment and measurement*, Ecological Indicators, Elsevier, vol. 17, pp. 20-28

- Rajesh K. S., Murty H.R., Gupta S.K., Dikshit A.K. (2009), *An overview of sustainability assessment methodologies*, Ecological Indicators, Elsevier, vol. 9, pp. 189-212
- Ramos T.B. (2009), *Development of regional sustainability indicators and the role of academia in this process: the Portuguese practice*, Journal of Cleaner production, vol. 17, pp. 1101-1115
- Ramos T., Alves I. et al. (2007), *Environmental performance policy indicators for the public sector: The case of the defence sector*, Journal of Environmental Management, vol. 82, pp. 410-432
- Ramos T., Caeiro S. (2010), *Meta-performance evaluation of sustainability indicators*, Ecological Indicators, Elsevier, vol. 10, pp. 157-166
- Robinette C., EPPS J. (2010), *Energy, Emissions, Material Conservation, and Prices Associated with Construction, Rehabilitation, and Material Alternatives for Flexible Pavement*. Transportation Research Record, pp. 10-22 ISSN 03611981, no. 2179
- Rosenström U., Kyllönen S. (2007), *Impacts of a participatory approach to developing national level sustainable development indicators in Finland*, Journal of Environmental Management, vol. 84, pp. 282-298
- Rossello-Batle B., Moia A., Cladera A., Martinez V. (2010), *Energy use, CO2 Emissions and Waste Throughout the Life Cycle of a Sample of Hotels in the Balearic Islands*. Energy and Buildings, ISSN 03787788, vol. 42, no. 4, pp. 547-558
- Sandrolini F., Franzoni E. (2009), *Embodied Energy of Building Materials: A New Parameter for Sustainable Architectural Design*, ISBN 03928764, Edizioni E.T.S, Pisa
- Santin O.G. (2009), *Environmental Assessment of Construction Trends in Mexico: Towards Sustainable Building?*. Structural Survey, vol. 27, no. 5, pp. 361-371
- Sathre R., Gustavsson L. (2009), *Using Wood Products to Mitigate Climate Change: External Costs and Structural Change*. Applied Energy, ISSN 03062619, vol. 86, no. 2, pp. 251-257
- Schaufelberger J., Cloud J. (2009), *Leed Certification: A Constructor's Perspective*. Seattle, WA, United states: American Society of Civil Engineers
- Scipioni A., Mazzi A., Zuliani F., Mason M. (2008), *The ISO 14031 standard to guide the urban sustainability measurement process: an Italian experience*, Journal of Cleaner Production, vol. 16, pp. 1247-1257
- Singh A., Berghorn G., Joshi S., Syal M. (2011), *Review of Life-Cycle Assessment Applications in Building Construction.*, Journal of Architectural Engineering, ISSN 10760431, vol. 17, no. 1, pp. 15-23
- Singh R.K., Murty H.R., Gupta S.K., Dikshit A.K. (2007), *Development of composite sustainability performance index for steel industry*, Ecological Indicators 7, Elsevier, pp. 565-588
- Smyth H. (2010), *Construction Industry Performance Improvement Programmes: The UK Case of Demonstration Projects in the 'Continuous Improvement' Programme*. Construction Management and Economics, vol. 28, no. 3, pp. 255-270
- Spinks M. (2011), *Adoption of a Network Approach to Sustainable Building Standard Process, Not Product: A Response Column to "A Political-Ecology of the Built Environment: LEED Certification for Green Buildings"*, Cidell, 2009, Local Environment, 14 (7), Pp. 621-633. Local Environment, vol. 16, no. 1, pp. 87-92

- Stadel A., et al. (2011), *Intelligent Sustainable Design: Integration of Carbon Accounting and Building Information Modeling*. Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, ISSN 10523928, vol. 137, no. 2, pp. 51-54
- Szakely F., Knirsch M. (2005), *Responsible Leadership and Corporate Social Responsibility: Metrics for Sustainable Performance*, European Management Journal, vol. 23, pp. 628-647
- Tang J., Cai X., Li H. (2011), *Study on Development of Low-Carbon Building Based on LCA*. Energy Procedia, vol. 5, pp. 708
- Taylor A.C. (2010), *Building Leadership Capacity to Drive Sustainable Water Management: The Evaluation of a Customised Program*. Water Science and Technology, ISSN 02731223, vol. 61, no. 11, pp. 2797-2807
- Uihlein A., Eder P. (2010), *Policy Options Towards an Energy Efficient Residential Building Stock in the EU-27*. Energy and Buildings, ISSN 03787788, vol. 42, no. 6, pp. 791-798
- Vukotic L., Fenner R.A., Symons K. (2010), *Assessing Embodied Energy of Building Structural Elements*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Engineering Sustainability, ISSN 14784629, vol. 163, no. 3, pp. 147-158
- Willets R., Burdon J., Glass J., Fost M. (2010), *Environmental and Sustainability Impact Assessment of Infrastructure in the United Kingdom*. Transportation Research Record, ISSN 0361198, no. 2158, pp. 143-150
- Wilson J., Tyedmers P., Pelot R., (2007), *Contrasting and comparing sustainable development indicators metrics*, Ecological Indicators 7, Elsevier, pp. 299-314
- Xing Y., Horner R.M., El-Haram M., Bebbington J. (2009), *A Framework Model for Assessing Sustainability Impacts of Urban Development*. Accounting Forum, vol. 33, no. 3, pp. 209
- Yahya K., Boussabaine H. (2010), *Quantifying Environmental Impacts and Eco-Costs from Brick Waste*. Architectural Engineering and Design Management, vol. 6, no. 3, pp. 189-206
- Yang J. (2012), *Editorial: promoting integrated development for smart and sustainable built environment*, Smart and Sustainable Built Environment, Vol. 1 Iss: 1 pp. 4-13
- Zhe Y., Luo Y. (2011), *Green Building Assessment Based on Ecological Footprint and Case Analysis*. Construction Economy

## Ringraziamenti

---

I primi ringraziamenti non possono che essere rivolti al mio relatore Prof. Bruno Daniotti, maestro e riferimento costante in ogni fase e momento della ricerca. A questi ringraziamenti, si aggiungono quelli al tutor Prof. Gabriele Masera, al Prof. Alberto Colorni (Poliedra, Settore MAT09 - Ricerca Operativa), correlatore nella fase di sviluppo ed applicazione del metodo al caso di studio.

Sarò sempre grata al Prof. Thomas Lützkendorf, titolare della cattedra di Ökonomie und Ökologie des Wohnungsbaus alla Fakultät für Wirtschaftswissenschaften del Karlsruher Institut für Technologie (K.I.T.) e uno dei massimi esperti internazionali di valutazione della sostenibilità nelle costruzioni, per il suo contributo strategico allo svolgimento del tema di ricerca.

Un ringraziamento speciale va al Prof. Christian Stoy, Direttore dell'Institut für Bauökonomie at Universität Stuttgart e al suo staff di ricerca e didattica, in particolare l'Arch. Christopher Hagmann, per l'ospitalità ricevuta durante il periodo di stage, di approfondimento sugli indicatori e metodologie di valutazione della sostenibilità economica.

Sono riconoscente inoltre ai leaders di progetto "Città Studi Campus Sostenibile" del Politecnico di Milano, ai cui tavoli ho preso parte durante tutta la fase di sviluppo e applicazione del metodo: Prof. Alessandro Balducci, Vice Rettore, Prof.ssa Manuela Grecchi, Delegato del Rettore all'edilizia e Coordinatore del corso di dottorato I.S.E.; i coordinatori dei tavoli: Prof.ssa Grazia Concilio e Prof. Eugenio Morello, anche controrelatore; i project managers Dr. Ing. Eleonora Perotto e Ing. Chiara Montanari. Ringrazio il Prof. Emilio Pizzi, Direttore del Dipartimento BEST e lo staff della scuola di dottorato I.S.E.: Dott.ssa Valeria Guzzo, Dott.ssa Cristina Marchegiani e Dott. Gaetano Ruggiero. Un sentimento di profonda gratitudine è rivolto anche ai Proff. Sergio Croce e Giuseppe Turchini. Ringrazio anche i docenti dei corsi frequentati, in particolare il Prof. Gianni Scudo, il Prof. Emilio Matricciani, i Proff. Andrea Campioli e Alessandra Zanelli, la Prof.ssa Elisabetta Ginelli e la Prof.ssa Monica Lavagna, anche nella sua veste di controrelatrice.

Esprimo gratitudine all'UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione), in merito alla mia partecipazione, proficua per lo sviluppo della tesi, ai lavori del gruppo nazionale G14 Sostenibilità in edilizia, in particolare al Presidente Ing. Pietro Torretta, al Vice Presidente Dott. Corrado Bertelli, al Coordinatore Prof. Mario Grosso e ai funzionari Ing. Cristiano Fiameni e Dott.ssa Clara Miramonti. Sono grata anche per la partecipazione ai meeting dei gruppi del CEN/TC 350 "Sustainability of construction works" in qualità di esperto italiano delegato, con riferimento anche al Chairman Dott. Ari Ilomäki, ai Convenors Dott.ri Eva Schmincke, Bruno Ziegler, Roland Zipfel, Antonio Burgueño, al segretario Dott. François Boucher di AFNOR (Association Française de Normalisation) e agli autorevoli membri.

Un ringraziamento particolare è rivolto alla famiglia e agli amici, che mi hanno aiutato e sostenuto prima e durante il corso di dottorato. Infine, un pensiero speciale è indirizzato ai colleghi dottorandi del corso, unito agli auguri per il successo dei futuri sviluppi delle loro ricerche.