

**POLITECNICO DI MILANO**

Scuola di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in  
Ingegneria Energetica



**PROGETTAZIONE HVAC E ANALISI DEL SISTEMA  
LEED PER IL CONSEGUIMENTO DELLA CLASSE  
GOLD PER UN COMPLESSO IMMOBILIARE  
AD USO COMMERCIALE**

RELATORE: Prof. Ing. Luca Molinaroli  
CO-RELATORE: Ing. Francesco Favero

Tesi di Laurea di:  
Alberto Pozzi 749219

Anno Accademico 2010 - 2011



*Desidero ringraziare sentitamente ed affettuosamente la mia famiglia e Lidia per il sostegno durante questi lunghi anni di studio.*

*Un ringraziamento importante va anche all'ing. Francesco Favero per i preziosi insegnamenti ed ai miei colleghi durante il mio periodo di stage, Gabriele Riva e Giuliano Ferrario.*

*Infine un ringraziamento speciale al Professor Luca Molinaroli per la sua disponibilità e cordialità nel dedicarsi al mio lavoro di tesi.*



# Indice generale

<b>SOMMARIO .....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>1 UN NUOVO APPROCCIO PROGETTUALE .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1 Promuovere l'edilizia sostenibile .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2 Le tappe del concetto di sviluppo sostenibile .....</b>	<b>6</b>
1.2.1 Brundtland Report .....	7
1.2.2 Conferenza di Rio de Janeiro .....	7
1.2.3 Conferenza di Kyoto .....	8
1.2.4 Vertice di Johannesburg .....	9
<b>2 IL QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Certificazione dello standard energetico .....</b>	<b>11</b>
2.1.1 La direttiva europea 2002/91/CE .....	11
2.1.2 Il recepimento italiano: dalla L10/91 al DLgs 192/2005 .....	12
<b>2.2 Certificazione dello standard ambientale .....</b>	<b>14</b>
2.2.1 Il sistema di certificazione LEED® .....	15
2.2.2 Marchi ecologici .....	23
<b>3 ANALISI DEL CONTESTO .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1 Il sito di progetto .....</b>	<b>29</b>
3.1.1 Planimetria generale e destinazioni d'uso .....	32
<b>4 STRATEGIA ENERGETICA GENERALE .....</b>	<b>37</b>
<b>4.1 Approccio di sistema .....</b>	<b>37</b>
<b>4.2 Contenimento della domanda .....</b>	<b>38</b>
<b>4.3 Miglioramento dell'efficienza degli impianti .....</b>	<b>40</b>
<b>4.4 Fonti rinnovabili di energia .....</b>	<b>40</b>

4.4.1	La pompa di calore come fonte di energia rinnovabile .....	41
<b>4.5</b>	<b>Azioni sugli utenti .....</b>	<b>42</b>
<b>5</b>	<b>PROGETTAZIONE HVAC .....</b>	<b>45</b>
<b>5.1</b>	<b>Caratteristiche generali dell'organismo edilizio .....</b>	<b>45</b>
<b>5.2</b>	<b>Calcolo delle prestazioni dell'edificio .....</b>	<b>47</b>
<b>5.3</b>	<b>Valutazione della tipologia impiantistica.....</b>	<b>48</b>
5.3.1	Sistemi LowEx.....	49
5.3.2	Impianti a radiatori .....	51
5.3.3	Impianti Aria primaria & fancoils .....	53
<b>5.4</b>	<b>Dimensionamento degli impianti di distribuzione .....</b>	<b>55</b>
5.4.1	La rete aeraulica.....	56
5.4.2	La rete idronica .....	59
5.4.3	La rete idrico-sanitaria .....	62
5.4.4	Scelta delle pompe .....	64
<b>6</b>	<b>STRATEGIA DI CONSEGUIMENTO LEED® CLASSE GOLD.....</b>	<b>69</b>
<b>6.1</b>	<b>Sostenibilità del sito .....</b>	<b>72</b>
<b>6.2</b>	<b>Gestione delle acque .....</b>	<b>74</b>
<b>6.3</b>	<b>Energia e atmosfera.....</b>	<b>74</b>
6.3.1	Procedura di calcolo semplificata.....	77
6.3.2	Simulazione energetica in regime dinamico.....	79
<b>6.4</b>	<b>Materiali e risorse .....</b>	<b>81</b>
<b>6.5</b>	<b>Qualità ambientale interna (IAQ).....</b>	<b>82</b>
<b>6.6</b>	<b>Innovazione nella progettazione .....</b>	<b>84</b>
<b>6.7</b>	<b>Priorità regionale .....</b>	<b>85</b>
<b>7</b>	<b>ANALISI RELATIVA AD EA CREDITO 1 .....</b>	<b>87</b>
<b>7.1</b>	<b>Crediti correlati .....</b>	<b>87</b>
<b>7.2</b>	<b>Edificio di riferimento vs. Edificio di progetto reale .....</b>	<b>88</b>

<b>7.3</b>	<b>Analisi delle possibili migliorie tecniche .....</b>	<b>94</b>
	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>101</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>103</b>
	<b>ALLEGATI.....</b>	<b>105</b>

## Indice delle figure

<i>Figura 1.1: Logo del Protocollo di Kyoto</i> .....	8
<i>Figura 2.1: Classi energetiche per edifici residenziali in Lombardia</i> .....	13
<i>Figura 2.2: Layout di un attestato di certificazione energetica in Regione Lombardia</i> .....	14
<i>Figura 2.3: Livelli di certificazione LEED®</i> .....	16
<i>Figura 2.4: Logo della sezione Sostenibilità del Sito LEED®</i> .....	16
<i>Figura 2.5: Logo della sezione Gestione delle Acque LEED®</i> .....	16
<i>Figura 2.6: Logo della sezione Energia e Atmosfera LEED®</i> .....	17
<i>Figura 2.7: Logo della sezione Materiali e Risorse LEED®</i> .....	18
<i>Figura 2.8: Logo della sezione Qualità ambientale Interna LEED®</i> .....	18
<i>Figura 2.9: Logo della sezione Innovazione nella Progettazione LEED®</i> .....	19
<i>Figura 2.10: Logo della sezione Priorità Regionale LEED®</i> .....	19
<i>Figura 2.11: Confronto tra nuovo e vecchio Energy label relativo ad un frigorifero domestico</i>	25
<i>Figura 3.1: Contesto urbanistico del sito di progetto</i> .....	29
<i>Figura 3.2: Visuale del sito di progetto</i> .....	30
<i>Figura 3.3: Vista da via Piazzini</i> .....	30
<i>Figura 3.4: Vista dall'incrocio tra via Piazzini e via Bernina</i> .....	31
<i>Figura 3.5: Planimetria piano terra</i> .....	33
<i>Figura 3.6: Planimetria tipo (piani primo, secondo e terzo)</i> .....	34
<i>Figura 3.7: Planimetria piano quarto</i> .....	35
<i>Figura 4.1: Impieghi finali di energia per settore – anno 2010</i> .....	38
<i>Figura 4.2: Ripartizione dei consumi di energia primaria per usi civili</i> .....	39
<i>Figura 5.1: Particolare relativo al modulo vetrato</i> .....	46
<i>Figura 5.2: Confronto tra diversi contenuti exergetici</i> .....	49
<i>Figura 5.3: Pompa di calore polivalente Climaveneta</i> .....	51
<i>Figura 5.4: Radiatore Piano Verticale, marca Irsap</i> .....	52
<i>Figura 5.5: Ventilconvettore Sabiana Carisma Serie CRS</i> .....	54
<i>Figura 5.6: Screenshot dell'input grafico del programma di calcolo EC621</i> .....	56
<i>Figura 5.7: Particolare dei diffusori lineari a feritoia DLF Tecnoventil</i> .....	57
<i>Figura 5.8: Diagramma Caleffi per il dimensionamento del diametro delle tubazioni per l'acqua refrigerata</i> .....	60
<i>Figura 5.9: Diagramma Caleffi per il dimensionamento del diametro delle tubazioni per l'acqua calda</i> .....	61
<i>Figura 5.10: Pompa gemellare, marca KSB, serie Etaline</i> .....	68
<i>Figura 6.1: Panoramica dell'edificio in ottica LEED®</i> .....	69
<i>Figura 7.1: Carichi termici estivi relativi all'edificio di riferimento</i> .....	93
<i>Figura 7.2: Carichi termici estivi relativi all'edificio di progetto</i> .....	93
<i>Figura 7.3: Pompa di calore polivalente acqua-acqua Climaveneta</i> .....	95



## Indice delle tabelle

<i>Tabella 2.1: Checklist – LEED® 2009 Italia Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni</i>	20
<i>Tabella 2.2: Etichette ambientali nazionali di procedura</i>	26
<i>Tabella 3.1: Informazioni generali del sito di progetto</i>	31
<i>Tabella 3.2: Dati climatici del sito di progetto</i>	32
<i>Tabella 5.1: Condizioni termoigrometriche di progetto</i>	45
<i>Tabella 5.2: Dati tecnici di riferimento</i>	47
<i>Tabella 5.3: Dati relativi all'installazione verticale del radiatore</i>	52
<i>Tabella 5.4: Dati relativi al dimensionamento della rete aeraulica</i>	56
<i>Tabella 5.5: Perdite di carico di una parte del circuito aeraulico di mandata</i>	58
<i>Tabella 5.6: Spessore isolamento termico tubazioni</i>	62
<i>Tabella 5.7: Unità di carico per edifici ad uso pubblico (alberghi, uffici, ecc.)</i>	63
<i>Tabella 5.8: Determinazione della portata massima contemporanea con il metodo delle unità di carico</i>	63
<i>Tabella 5.9: Calcolo perdite di carico e portate totali per la rete calda del circuito idronico</i>	65
<i>Tabella 5.10: Dati relativi alle elettropompe di progetto</i>	67
<i>Tabella 6.1: Checklist LEED® 2009 for Core &amp; Shell per il progetto descritto</i>	70
<i>Tabella 6.2: Criteri di assegnazione punteggio EA Credito 1, attraverso il metodo di calcolo semplificato</i>	77
<i>Tabella 6.3: Criteri di assegnazione punteggio EA Credito 1, attraverso la simulazione energetica dell'edificio in regime dinamico</i>	79
<i>Tabella 6.4: Limiti VOC relativi all'ultimo aggiornamento GEV Emicode EC1 (Testing Method ed. 03.03.2009)</i>	83
<i>Tabella 6.5: Limiti VOC per pitture</i>	84
<i>Tabella 7.1: Sezioni dello Standard ASHRAE 90.1-2007 e argomenti trattati</i>	88
<i>Tabella 7.2: Requisiti per la modellazione dell'edificio</i>	89
<i>Tabella 7.3: Risultati delle simulazioni energetiche</i>	94
<i>Tabella 7.4: Risultati delle simulazioni energetiche</i>	96
<i>Tabella 7.5: Checklist LEED® 2009 for Core &amp; Shell per il progetto ipotizzato</i>	97



## Sommario

Ad oggi, in Italia, il sistema di certificazione obbligatorio dei progetti edilizi si limita alla certificazione energetica degli edifici. Essa fornisce una valutazione non dettagliata della prestazione energetica dell'edificio stesso. Negli ultimi anni, però, si è fatto avanti lo standard di certificazione LEED®, che tiene conto dell'enorme impatto ambientale della progettazione, costruzione ed esercizio degli edifici. Un progetto realizzato con criteri di sostenibilità ambientale può minimizzare o eliminare del tutto gli impatti ambientali negativi tramite una scelta consapevole che passa attraverso pratiche progettuali, costruttive e di esercizio migliorative rispetto a quelle comunemente in uso. Inoltre, come ulteriore beneficio, un progetto sostenibile consente di ridurre i costi operativi, aumentare il valore dell'immobile nel mercato e la produttività degli utenti finali, riducendo nel contempo le potenziali responsabilità conseguenti ai problemi relativi alla scarsa qualità dell'aria interna agli edifici. In sintesi, l'adozione di pratiche sostenibili nella progettazione edilizia consente di conseguire benefici ambientali, economici e sociali, locali e globali, con ovvie ricadute su tutti gli utenti dell'edificio, inclusi i proprietari, gli occupanti e tutta la popolazione in generale.

**Parole chiave:** LEED, progettazione, performance energetica, sostenibilità.

## Abstract

Today, in Italy, the mandatory certification system of construction projects is limited to the energy certification of buildings. It doesn't provide a detailed evaluation of building energy performance. However, in recent years, an American certification standard named LEED® comes forth; it treats the enormous environmental impact of the design, construction and operation of buildings. A project with environmental sustainability criteria can minimize or eliminate negative environmental impacts by a conscious choice that passes through improvements in design, construction and operational practices. Furthermore, as an additional benefit, sustainable design can reduce operating costs, increase the commercial value and final-user productivity, while reducing the potential liability resulting from problems related to poor air quality inside buildings. In summary, the adoption of sustainable practices in building design can let achieve environmental, economic and social, local and global benefits, with obvious repercussions on all building users, including owners, occupants and globally the population.

**Key-words:** LEED, design, energy performance, sustainability.



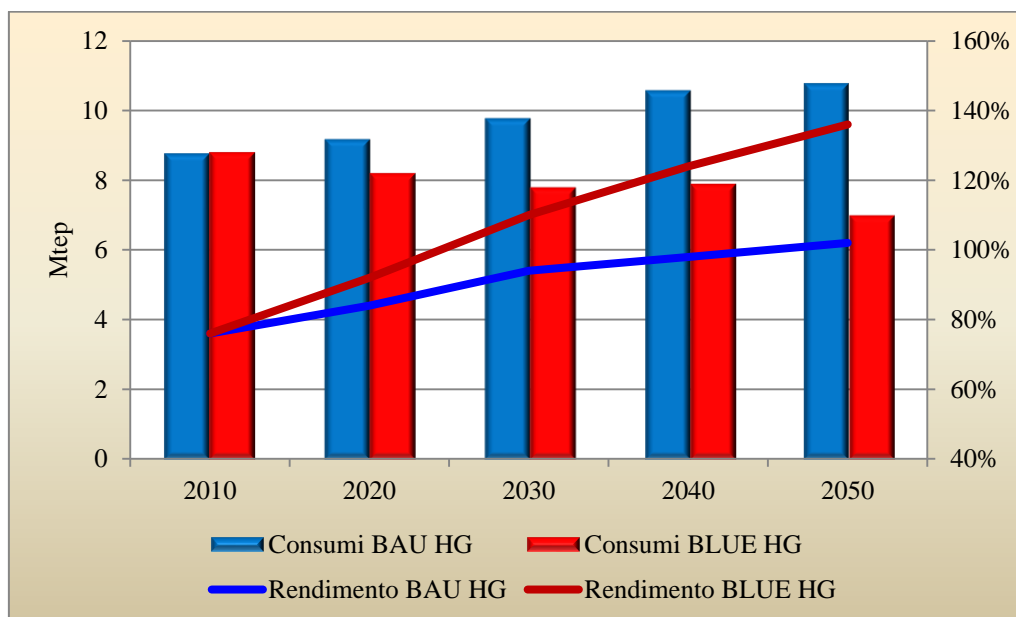
## Introduzione

Nell'ultimo decennio il mercato dell'edilizia si sta spingendo verso nuove tecniche di costruzione e verso una nuova visione della progettazione, più attenta all'ambiente, al comfort e al risparmio energetico.

I dati relativi ai consumi energetici dicono che circa il 40% della domanda energetica dell'Unione Europea è rappresentato dal settore edile e in Italia la percentuale sale a circa il 45% [1]. Se consideriamo poi che i cittadini dell'Unione Europea trascorrono il 90% della loro vita all'interno di un edificio, cercare di migliorare le prestazioni energetiche ed il comfort di abitazioni e uffici dovrebbe essere la nuova priorità del settore.

Il Rapporto Energia e Ambiente – Analisi e Scenari 2009 – dell'ENEA presenta in maniera sintetica il quadro delle dinamiche in atto nel contesto del sistema energetico nazionale e internazionale.

Per quanto riguarda il settore commerciale, nella figura I.1 sono riportati gli scenari “di riferimento evolutivo” (BAU HG) e “d'intervento propositivo” (BLUE HG) presentati da ENEA per il periodo che va dal 2010 al 2050, riguardanti i consumi energetici per il riscaldamento ed il rendimento medio stagionale d'impianto:



*Figura I.1: Consumi per riscaldamento e rendimento medio stagionale di impianto nel settore commerciale negli scenari BAU HG e BLUE HG (Mtep, %)*

La diffusione di climatizzatori, caldaie e apparecchiature elettriche più performanti è in grado di garantire riduzioni di consumi significative nel breve

medio periodo. Gran parte della riduzione dei consumi è attribuibile al rinnovamento del parco tecnologico per la climatizzazione (invernale ed estiva) e la produzione di acqua calda sanitaria. Tra le nuove tecnologie, le pompe di calore a ciclo invertibile rappresentano un'importante opzione tecnologica, che arriva a soddisfare nel medio periodo oltre il 20% della domanda di climatizzazione dell'intero settore civile negli scenari di intervento.

Con la nascita del cosiddetto "Sviluppo sostenibile" (Conferenza di Rio de Janeiro, 1992) si apre la strada ad un nuovo modo di costruire, che riduca le dispersioni, sfrutti le fonti rinnovabili e assicuri un comfort elevato, il tutto con il minimo impatto ambientale. Costruire con i canoni dell'ecosostenibilità significa quindi dare priorità alle esigenze di tutela dell'ambiente, della salute e del risparmio energetico, utilizzando materiali non nocivi, ecologici e ad alta efficienza. Si tratta di un approccio che risponde alla più importante tra le sfide del nostro tempo: i cambiamenti climatici globali, la dipendenza da fonti energetiche non sostenibili, sia dal punto di vista economico che ambientale, e le problematiche relative alla salute pubblica.

In questo lavoro di tesi verrà descritto il lavoro di stage effettuato presso uno studio di progettazione, riguardante un progetto costruttivo sulla base di un precedente progetto esecutivo, relativo ad un edificio di nuova costruzione. Inoltre verrà presentato lo standard americano di certificazione LEED®, il quale fornisce un'indicazione di efficienza degli edifici con un orizzonte più ampio: non più un indice di valutazione soltanto energetico, ma anche di sostenibilità ambientale. Inoltre si analizzerà un progetto reale, nato con il fine di conseguire una classe di certificazione LEED® di livello GOLD.

L'obiettivo di questa tesi non è il risultato fine a se stesso, ma l'individuazione di un approccio progettuale rinnovato nei principi e nelle soluzioni.

# 1 Un nuovo approccio progettuale

## 1.1 Promuovere l'edilizia sostenibile

Il dato di globale sostenibilità del progetto edilizio trova uno dei suoi momenti fondativi nella scelta di materiali e componenti ecocompatibili, nella individuazione di prodotti ecologici e/o ecocertificabili e nella considerazione dell'intero ciclo di vita dell'architettura fino alle fasi di dismissione, riciclo e/o riuso degli elementi stessi.

Lo schema di circolazione di materia ed energia deve abbandonare la sequenza lineare e aperta, che ad ogni fase produce "scarti di lavorazione", e provare a chiudersi su sé stesso per autoalimentare la sua dinamica di sviluppo. Il "cerchio si chiude" proprio nel momento in cui lo scarto prodotto da un soggetto diviene la risorsa utilizzata da un altro, secondo filiere strutturate su base settoriale e di sistema.

In tale prospettiva, acquistano valore di fondo quei 6 principi più uno, enunciati anni or sono dal World Business Council for Sustainable Development e nel United Nations Environment Program:

- Riduzione del consumo di energia;
- Riduzione del consumo di materiali;
- Riduzione delle emissioni nocive;
- Massimizzazione del riuso e della riciclabilità;
- Massimizzazione della durabilità di prodotti e componenti;
- Massimizzazione dell'impiego di risorse rinnovabili;
- Sviluppo della partecipazione

principi che possono essere assunti come i cardini su cui impostare una strategia complessiva di sviluppo sostenibile di tipo ambientale, culturale, sociale ed economico.

La messa in campo dei principi stessi comporta le seguenti azioni strategiche:

### *1. Riduzione del consumo di energia*

Il primo fondamentale principio comporta la presa in carico dell'impegno al raggiungimento di due obiettivi strategici: la minimizzazione del fabbisogno energetico e l'ottimizzazione dell'efficienza energetica nella concezione, realizzazione e gestione delle trasformazioni territoriali, urbane e edilizie.

### *2. Riduzione del consumo di materiali*

La necessità di limitare al massimo l'impiego di risorse materiali presuppone l'impegno verso due importanti obiettivi: l'ottimizzazione dei risvolti progettuali esecutivi derivanti dalla tendenza alla smaterializzazione delle trasformazioni e alla leggerezza dell'architettura, ed il controllo degli sprechi in fase produttiva.

### *3. Riduzione delle emissioni nocive*

La questione è fondamentale e riassumibile in un triplice obiettivo, che vede protagonista il controllo e la limitazione dell'inquinamento derivante dalle attività insediative umane nelle tre dimensioni dell'atmosfera, dell'acqua e del suolo.

### *4. Massimizzazione del riuso e della riciclabilità*

Non si può non citare come primo slancio propositivo quello della massimizzazione delle strategie ed azioni volte, ovunque e comunque sia possibile, al riutilizzo di spazi ed ambienti, e come secondo slancio quello mirato a massimizzare la pratica del riciclaggio di materiali e componenti.

### *5. Massimizzazione della durabilità di prodotti e componenti*

Il principio dell'ottimizzazione del fattore "durabilità" pone in primo piano la necessità di un deciso miglioramento della tenuta nel tempo delle performance di tutti gli "oggetti", dal materiale, al componente, all'edificio, alla città.

### *6. Massimizzazione dell'impiego di energie rinnovabili*

L'ultimo principio dei sei "canonici" ricordati nei documenti fondativi verso la ecosostenibilità, è quello della promozione ed incoraggiamento allo sviluppo di un atteggiamento progettuale che privilegi il ricorso alle cosiddette energie rinnovabili, ossia quelle forme di energia generate da fonti che per loro caratteristica intrinseca si rigenerano almeno alla stessa velocità con cui vengono consumate o non sono esauribili nella scala dei tempi "umani" e, per estensione, il cui utilizzo non pregiudica le risorse naturali per le generazioni future.

### *7. Sviluppo della partecipazione*

Il principio in aggiunta ai sei canonici, ma oggi non più ignorabile, è quello che vede protagonista la massimizzazione delle azioni di partecipazione dei vari soggetti nelle varie fasi del complesso e articolato processo di concezione e realizzazione di un qualsiasi intervento edilizio, urbano e insediativo. L'obiettivo principale è di sviluppare e promuovere la condivisione durante la formazione del progetto, nelle fasi realizzative e in quelle gestionali.

## **1.2 Le tappe del concetto di sviluppo sostenibile**

Il seguente paragrafo è dedicato all'emergere nella "coscienza istituzionale" della questione ambientale, nella sua impellenza e complessità. Malgrado siano stati gettati innumerevoli semi in questo campo, si è deciso di concentrare l'attenzione esclusivamente su quattro di questi, estremamente significativi e cruciali, il Brundtland Report, la Conferenza di Rio de Janeiro, la Conferenza di Kyoto e il Vertice di Johannesburg.

In queste sedi affiora il valore dell'impegno silenzioso e sottaciuto di individui, associazioni e istituzioni, fondamentale per giungere alla situazione attuale, ma



soprattutto per avanzare sulla strada del rispetto e della salvaguardia dell'ambiente.

### **1.2.1 Brundtland Report**

Nel 1987 viene presentato il Rapporto della Commissione Mondiale su Ambiente e Sviluppo, *Our common future* [2], il cosiddetto Brundtland Report.

Il rapporto evidenziava la necessità di attuare una strategia capace di integrare le esigenze dello sviluppo e della tutela ambientale. Questa strategia veniva definita per la prima volta con il termine “sustainable development”.

Il concetto di fondo del rapporto è la necessità di considerare le tematiche ambientali in tutti i processi decisionali pubblici. Le condizioni evidenziate perché lo sviluppo sia sostenibile riguardano sia il principio della rinnovabilità, per cui non possiamo depauperare di risorse l'ambiente a una velocità superiore a quella necessaria per ripristinarle, sia il principio della capacità di assorbimento, per cui non dobbiamo rilasciare nell'ambiente sostanze in quantità tali da non poter essere assorbite in tempi ragionevolmente brevi.

La sostenibilità è un concetto multifaccettato, declinabile in diversi ambiti, tutti fondamentali e interdipendenti. L'ampiezza dei campi di applicazione viene resa dall'acronimo inglese WEHAB (Water, Energy, Heal, Agriculture & Bio differences): Acqua e Igiene; Energia; Salute; Produzione Agricola; Biodiversità e Gestione dell'Ecosistema.

### **1.2.2 Conferenza di Rio de Janeiro**

A Rio de Janeiro, dal 3 al 14 giugno 1992, si è riunita la Conferenza sull'ambiente e lo sviluppo delle Nazioni Unite (United Nations Conference on Environment and Development), denominata “Vertice della Terra” (Earth Summit). Il concetto di sviluppo sostenibile è affidato ai 27 principi della dichiarazione, mentre il suo raggiungimento alla convenzione: “Agenda 21, Piano di Azione per la realizzazione dello sviluppo sostenibile proiettato nel XXI secolo”.

Tra le affermazioni contenute nella Dichiarazione [3]:

*“Il diritto allo sviluppo deve essere realizzato in modo da soddisfare equamente le esigenze relative all'ambiente e allo sviluppo delle generazioni presenti e future.”*

### 1.2.3 Conferenza di Kyoto

Le prime due conferenze sul clima hanno luogo rispettivamente a Berlino nel 1995 e a Ginevra nel 1996. L'obiettivo delle COP (Conferenze delle Parti) è di fissare le strategie per la riduzione delle emissioni dei gas ad effetto serra, responsabili dei mutamenti climatici che si stanno producendo a livello planetario. Nel dicembre 1997, a Kyoto, in Giappone, si svolge il terzo summit, durante il quale è approvato il Protocollo di Kyoto. Partecipano oltre 10.000 tra rappresentanti di governo, economisti, scienziati e giornalisti. Il documento rappresenta la base per una politica di riduzione delle emissioni, vincolata a livello internazionale, che obblighi i paesi industrializzati a ridurre le proprie emissioni di "gas serra", nel periodo 2008-2012, mediamente del 5,2 %, rispetto ai livelli raggiunti nel 1990. Da questo momento, le successive conferenze sul clima ruoteranno attorno alla ratifica e alle modalità di attuazione dei contenuti del Protocollo. Dal 1997 al 2004, data della Conferenza di Buenos Aires, gli obblighi imposti dal trattato sono stati via via ridimensionati, così come sono mutate le adesioni dei diversi paesi. In particolare, gli USA, principali responsabili delle emissioni di anidride carbonica (36.2% del totale mondiale), non hanno ratificato il loro impegno, per motivazioni di carattere economico. Dal 16 febbraio 2005, il protocollo di Kyoto è finalmente entrato in vigore nei paesi aderenti, tra cui l'Italia. L'adesione della Russia, alla conferenza del 2004, seppur con il solo impegno di mantenere costanti le emissioni invece di ridurle, ha rappresentato l'evento fondamentale che ha restituito parte della credibilità al trattato, dopo il forfait degli Stati Uniti. Di seguito si riporta il logo ufficiale del Protocollo di Kyoto.



Figura 1.1: Logo del Protocollo di Kyoto

I giudizi sull'attuazione del protocollo, che provengono dai diversi ambienti, politici, industriali e scientifici, sono di carattere opposto. Se da un lato i grandi

produttori di gas serra accusano gli eccessivi costi determinati dall'attuazione, dall'altro lato, la comunità scientifica insiste nel giudicare l'intervento inadeguato al problema del riscaldamento globale del pianeta. Tuttavia, nonostante i molti limiti, il Protocollo di Kyoto rappresenta il primo passo concreto, a livello internazionale, verso la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra.

### **1.2.4 Vertice di Johannesburg**

Dal 24 agosto al 4 settembre 2002 a Johannesburg si è tenuto l'ultimo Earth Summit, che ha visto la partecipazione di 22.000 delegati in rappresentanza della quasi totalità dei paesi membri dell'ONU (191 su 195), di organizzazioni internazionali governative e non governative, di imprese e istituti di ricerca.

Il vertice ha ribadito l'impegno di promuovere e adottare le strategie nazionali per l'attuazione, entro il 2005, dei principi e delle azioni dell'Agenda 21, miranti all'equilibrio tra crescita economica, sviluppo sociale e protezione dell'ambiente.

I documenti prodotti sono estremamente lungimiranti ed illuminati; i principi della sostenibilità sono stati solennemente riaffermati:

*“Riconosciamo l'importanza dell'etica per uno sviluppo sostenibile, e sottolineiamo pertanto la necessità di rispettare l'etica nell'attuazione dell'Agenda 21” [4]*

*“Riconosciamo che la società globale possiede i mezzi ed ha le risorse per indirizzare a tutta l'umanità le sfide per lo sradicamento della povertà e per lo sviluppo sostenibile” [5]*

*“Riteniamo che le multinazionali, grandi e piccole, mentre perseguono le loro legittime attività, abbiano il dovere di contribuire all'evoluzione di comunità e società sostenibili ed eque.”*

Se l'eredità più importante del vertice di Rio de Janeiro (3-14 giugno 1992) è stata un nuovo concetto di sviluppo sostenibile, quella di Johannesburg potrebbe essere l'invito all'azione.

Sono state, infatti, approvate le iniziative di partnership di tipo II, ovvero le collaborazioni tra governi, imprese e organizzazioni non governative per il raggiungimento degli obiettivi della sostenibilità: lotta alla povertà, tutela dei diritti umani, difesa della salute dell'uomo, promozione dell'educazione, accesso all'acqua, difesa delle risorse dei mari e degli oceani, sviluppo di un'agricoltura sostenibile, aiuti allo sviluppo, lotta alle sostanze chimiche

nocive, sviluppo delle energie rinnovabili, protezione del clima, tutela della biodiversità. Tali iniziative si avvalgono dell'esperienza pratica delle imprese, ma anche dei loro strumenti materiali, finanziari e di gestione necessari per realizzare uno sviluppo sostenibile sotto il profilo economico, sociale e ambientale.

I partenariati volontari pubblico-privato di 'tipo II' affiancano e non sostituiscono gli impegni politici presi dalla comunità internazionale con i partenariati di 'tipo I', tra governi e organizzazioni non governative.

Nell'anno corrente, ovvero il 2012, venti anni dopo il primo, un nuovo summit sull'ambiente e lo sviluppo sostenibile sarà nuovamente organizzato a Rio de Janeiro.

## **2 Il quadro normativo di riferimento**

La Comunità Europea emana una serie di norme e direttive che tutti gli Stati membri devono recepire ed applicare, con lo scopo di raggiungere una Normativa Europea standardizzata.

### **2.1 Certificazione dello standard energetico**

Il contesto normativo nel quale ci troviamo ad operare è molto incerto. Esistono criteri o parametri riconosciuti ed applicati in modo molto eterogeneo. Di conseguenza, la possibilità di certificare gli edifici, dal punto di vista energetico e ambientale, è molto limitata.

Per la certificazione dell'impatto ambientale di un edificio, invece, non esiste ancora a livello europeo uno standard specifico. Verrà pertanto presentato un sistema di certificazione ambientale adottato negli Stati Uniti e che si sta diffondendo recentemente anche nei paesi della Comunità Europea. Si tratta del sistema di certificazione LEED® ed in Italia esistono già, seppur pochi, edifici pubblici aventi questo tipo di certificazione.

#### **2.1.1 La direttiva europea 2002/91/CE**

Il 16 dicembre 2002 il Parlamento Europeo ha emanato la Direttiva 2002/91/CE "Energy Performance of Building Directive" (EPBD) inerente al rendimento energetico nell'edilizia, la più importante e specifica nel settore edile, che l'Italia ha recepito con il decreto legislativo n. 192/05 e successive modifiche.

L'obiettivo della direttiva europea è quello di promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella Comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficacia sotto il profilo dei costi.

Le disposizioni in essa contenute riguardano:

- il quadro generale di una metodologia per il calcolo del rendimento energetico integrato degli edifici;
- l'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici di nuova costruzione;
- l'applicazione di requisiti minimi in materia di rendimento energetico degli edifici esistenti di grande metratura sottoposti a importanti ristrutturazioni;
- la certificazione energetica degli edifici;

- l'ispezione periodica delle caldaie e dei sistemi di condizionamento d'aria negli edifici, nonché una perizia del complesso degli impianti termici le cui caldaie abbiano più di quindici anni.

Inoltre al suo interno (art. 3) si richiede un approccio integrato al problema del miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici, vale a dire un approccio che tiene conto, oltre che della qualità dell'isolamento termico dell'edificio, di fattori quali gli impianti di riscaldamento e di raffreddamento, l'energia utilizzata per la ventilazione, gli impianti d'illuminazione, la posizione e orientazione dell'edificio, il recupero di calore, l'apporto di calore dalla radiazione solare e da altre fonti di energie rinnovabili.

### **2.1.2 Il recepimento italiano: dalla L10/91 al DLgs 192/2005**

Questa direttiva, come già detto, è stata recepita in Italia tramite il DLgs n. 192/05, in vigore dall'8 ottobre 2005, andando a sostituire la vecchia L 10/91. Tale normativa è stata successivamente modificata da una serie di ulteriori provvedimenti legislativi, fra i quali devono ricordarsi:

- DLgs 311/06, in vigore dal 2/2/2007 - disposizioni correttive ed integrative al DLgs 192/05
- DLgs 115 del 30 maggio 2008, in vigore dal 3/07/2008 - Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici
- DPR n. 59 del 2 aprile 2009, in vigore dal 10/06/2009 – Regolamento di attuazione dell'art. 4, comma 1, lettere a) e b) del DLgs 192/05 concernente l'attuazione della Direttiva 2002/91/CE
- DM 26 giugno 2009 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici e strumenti di raccordo, concertazione e cooperazione tra lo Stato e le Regioni
- DLgs 28 del 3 marzo 2011 - Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE

Sul territorio italiano, a decorrere dal 2005, si deve procedere alla certificazione energetica degli edifici, introdotta come principio in Italia dalla Legge 10/91. Tuttavia manca ancora una normativa che renda omogeneo il quadro a livello nazionale ed ogni regione ha la possibilità di recepire autonomamente la direttiva europea attraverso delibere a livello regionale.

Per quanto riguarda la Regione Lombardia la normativa di riferimento è attualmente rappresentata dai seguenti provvedimenti:

- DGR VIII/8745 del 22 dicembre 2008 – Determinazioni in merito alle disposizioni per l'efficienza energetica in edilizia e per la certificazione energetica degli edifici
- Decreto 7538/2009 e 7148/2009 – Precisazioni in merito all'applicazione delle disposizioni per l'efficienza energetica in edilizia, approvate con DGR n. 8745 del 22/12/2008
- L.R. 13/2009 - Azioni straordinarie per lo sviluppo e la qualificazione del patrimonio edilizio ed urbanistico della Lombardia
- L.R. 10/2009 – Disposizioni in materia di ambiente e servizi di interesse economico generale – Collegato ordinamentale

In figura 2.1 e 2.2 si riporta, a titolo esemplificativo, una suddivisione in classi energetiche, nella fattispecie relativa alla certificazione energetica per edifici di tipo residenziale in Lombardia, ed un modello di attestato di certificazione energetica (ACE), anch'esso riferito alla regione Lombardia.

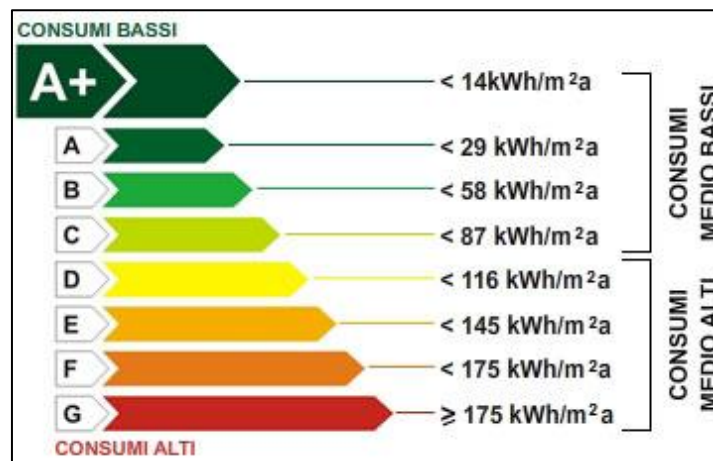


Figura 2.1: Classi energetiche per edifici residenziali in Lombardia

The image shows two pages of an Energy Certification Certificate (Attestato di Certificazione Energetica) issued by Regione Lombardia. The left page is the front cover and contains the following sections:

- Dati proprietario:** Fields for owner name, address, and contact information.
- Catasto Energetico Edifici Regionale:** Fields for cadastral identification and validity.
- Dati Soggetto certificatore:** Fields for the certifier's name and accreditation number.
- Dati catastali:** A table for cadastral data with columns for Subalterni, da, a, Sezione, Foglio, Particella.
- Dati edificio:** Fields for province, address, and building characteristics.
- Mappe:** A field for map information.
- Classificazioni:** Horizontal bars for energy classes (A-G) and climate zones.
- Richiesta rilascio targhe energetiche:** A section for requesting energy labels.
- Emissioni di gas ad effetto serra in atmosfera - CO<sub>2</sub>eq:** A horizontal bar chart for CO<sub>2</sub> emissions.

The right page contains the following sections:

- Indicatori di prestazione energetica:** A list of energy performance indicators with checkboxes for their presence.
- Specifiche Impianto termico:** A table with columns for 'Riscaldamento', 'ACS', and 'Calefazione' and rows for various system details.
- Possibili interventi migliorativi del sistema edificio/impianto termico:** A table with columns for 'Intervento', 'Superficie interessata (m<sup>2</sup>)', 'Prestazioni (kWh/m<sup>2</sup> a)', 'Rendimento EP (%)', 'Priorità intervento', 'Classe energetica migliore', and 'Riduzione CO<sub>2</sub> (%)'. It lists various improvement measures like insulation, boiler replacement, and solar panels.
- Note:** A section for additional remarks.
- Firma:** Fields for the signature of the certifier and the owner.

Figura 2.2: Layout di un attestato di certificazione energetica in Regione Lombardia

## 2.2 Certificazione dello standard ambientale

In un clima di crescente interesse e preoccupazione per l'ambiente, poter dimostrare l'operatività di sistemi di gestione e prodotti orientati all'ecosostenibilità rappresenta ormai una priorità strategica per le aziende che operano sui mercati mondiali. L'idea di elaborare certificati ambientali germoglia dal successo avuto negli anni '80 dagli schemi di certificazione della qualità dei processi produttivi e dei relativi prodotti. Il sistema ISO 9000, in particolare, aveva contribuito ad accrescere la competitività sul mercato delle imprese che volontariamente avevano aderito ai sistemi di certificazione. Gli schemi di certificazione in campo ambientale vengono introdotti nei primi anni '90 per attivare processi volontari di miglioramento continuo e di informazione al pubblico, in risposta ad una triplice esigenza: quella dei governi di risolvere il problema dei controlli sul rispetto delle leggi ambientali, diventati sempre più complessi, quella del pubblico di essere rassicurato riguardo alle condizioni dell'ambiente e quella delle aziende di conquistare l'approvazione del pubblico.



## 2.2.1 Il sistema di certificazione LEED®

Il sistema di valutazione della sostenibilità edilizia LEED® (Leadership in Energy and Environmental Design) è un sistema volontario, basato sul consenso comune dei soci e guidato dal mercato [6]. Utilizzando tecnologie esistenti di provata validità, LEED® valuta le prestazioni ambientali degli edifici da un punto di vista complessivo durante il loro intero ciclo di vita, attraverso uno standard di riferimento completo che definisce che cosa è un edificio sostenibile sia durante la fase di progettazione, che durante la costruzione e l'esercizio.

LEED® è un sistema di misura delle prestazioni ambientali pensato per la valutazione degli edifici commerciali, istituzionali e residenziali sia nuovi sia esistenti, che si basa su principi ambientali ed energetici comunemente riconosciuti ed accettati dalla comunità scientifica internazionale e definisce un equilibrio tra le attuali pratiche e i concetti emergenti innovativi.

Sviluppato dalla americana **U.S. Green Building Council** (USGBC), il sistema di valutazione è strutturato in sette sezioni organizzate in "prerequisiti" e "crediti". Cinque sono le categorie ambientali: Sostenibilità del Sito, Gestione delle Acque, Energia e Atmosfera, Materiali e Risorse, Qualità ambientale Interna. Un'ulteriore categoria, Innovazione nella Progettazione, si interessa delle pratiche innovative indirizzate alla sostenibilità e alle questioni non trattate nelle cinque categorie precedenti. Infine, la categoria Priorità Regionale si pone l'obiettivo di evidenziare l'importanza delle situazioni locali nella determinazione delle migliori pratiche di sostenibilità progettuali e costruttive.

Per conseguire la certificazione LEED® il progetto candidato deve dunque obbligatoriamente conseguire tutti i prerequisiti e parte dei crediti e questi ultimi offrono un punteggio in funzione del loro grado di soddisfacimento (vedi tabella 2.1): il punteggio complessivo ottenuto in tal modo può consentire di accedere al livello di certificazione LEED® desiderato. La somma dei punteggi dei crediti determina il livello di certificazione dell'edificio. Su 110 punti disponibili nel sistema di rating LEED®, almeno 40 devono essere ottenuti per il livello di certificazione base. Il sistema di certificazione si articola in quattro livelli in funzione del punteggio ottenuto, come si può vedere nella pagina successiva in figura 2.3: Base (40-49 punti); Argento (50-59 punti); Oro (60-79 punti); Platino (80 punti e oltre).

In Italia, nel 28 gennaio 2008, su iniziativa del Distretto Tecnologico Trentino S.c.a.r.l. insieme a 47 soci fondatori, viene costituito GBC Italia (Green Building Council Italia). Con sede a Rovereto, esso è l'organismo che andrà ad introdurre lo standard LEED® nel nostro paese, a partire da Aprile 2010. Aderiscono all'iniziativa enti pubblici, realtà industriali e del mondo della ricerca.



*Figura 2.3: Livelli di certificazione LEED®*

### **2.2.1.1 Sostenibilità del Sito (1 prerequisito, 8 crediti - max 26 punti)**



*Figura 2.4: Logo della sezione Sostenibilità del Sito LEED®*

I crediti LEED® relativi alla Sostenibilità del Sito (SS) si occupano di limitare l'impatto generato dalle attività di costruzione sull'ambiente naturale rispettando gli equilibri dell'ecosistema. I crediti promuovono e premiano la riduzione delle emissioni associate ai trasporti, la protezione degli ecosistemi locali, la gestione del deflusso delle acque meteoriche, la riduzione dell'effetto isola di calore e la riduzione dell'inquinamento luminoso.

### **2.2.1.2 Gestione delle Acque (1 Prerequisito, 3 Crediti - max 10 punti)**



*Figura 2.5: Logo della sezione Gestione delle Acque LEED®*

La sezione Gestione delle Acque (GA) approccia le tematiche ambientali legate all'uso, alla gestione e allo smaltimento delle acque dentro e fuori gli edifici, incentivando il monitoraggio dell'efficienza dei flussi e perseguendo l'obiettivo della riduzione del consumo di acqua potabile per tutte quelle funzioni dove essa non è strettamente necessaria. La riduzione del consumo di acqua potabile permette anche di ridurre i volumi degli scarichi degli edifici con conseguente minor carico sulle reti pubbliche e minori costi di infrastrutture pubbliche per l'amministrazione e i cittadini.

### **2.2.1.3 Energia e Atmosfera (3 Prerequisiti, 6 Crediti - max 35 punti)**



*Figura 2.6: Logo della sezione Energia e Atmosfera LEED®*

La categoria Energia e Atmosfera (EA) rappresenta in termini percentuali il maggior numero di punti acquisibili con il minor numero di crediti. L'approccio olistico della trattazione enfatizza sia aspetti di progettazione che di costruzione e gestione. Particolare attenzione viene data all'analisi dei consumi energetici nella loro totalità: inverno, estate, ACS, illuminazione e processo concorrono assieme nel bilancio annuale a definire quelli che saranno i consumi complessivi che un domani verranno pagati nella bolletta. Mediante una simulazione dinamica dell'edificio si stimano i consumi energetici dovuti al riscaldamento, al raffrescamento, alla ventilazione e all'illuminazione artificiale e si privilegia la produzione dell'energia da fonti rinnovabili. Un processo di gestione della qualità durante la fase di progettazione e costruzione gestito da un professionista terzo, la Commissioning authority, assicura che ciò che è stato progettato sia esattamente ciò che meglio risponde alle esigenze della committenza e che ciò che viene realizzato corrisponda a ciò che era stato progettato. Il premiare la possibilità di misurare i flussi di energia, da quello positivo prodotto da fonti rinnovabili a quello negativo dovuto ai diversi consumi, calano la realtà della progettazione all'interno di quell'ambito che è tipico della gestione e manutenzione, facendo da ponte tra il protocollo NC (nuove costruzioni) ed il protocollo LEED® per gli edifici esistenti.

#### **2.2.1.4 Materiali e Risorse (1 Prerequisito, 7 Crediti - max 14 punti)**



*Figura 2.7: Logo della sezione Materiali e Risorse LEED®*

La sezione Materiali e Risorse (MR) considera le tematiche ambientali correlate alla scelta dei materiali per la costruzione e alla riduzione e allo smaltimento dei rifiuti sia in fase di costruzione che di demolizione.

I vari crediti incentivano l'impiego di materiali sostenibili, il riutilizzo e il riciclaggio dei materiali, riducendo lo smaltimento dei rifiuti in discarica e inceneritori.

Si cerca di ridurre in tal modo la richiesta di materiali vergini e privilegiare i materiali regionali per ridurre l'impatto ambientale.

#### **2.2.1.5 Qualità ambientale Interna (2 Prerequisiti, 8 Crediti - max 15 punti)**



*Figura 2.8: Logo della sezione Qualità ambientale Interna LEED®*

La sezione Qualità ambientale Interna (QI) affronta i temi ambientali relativi alla qualità degli ambienti interni, quali la salubrità, la sicurezza ed il comfort.

I vari crediti fanno riferimento al miglioramento della ventilazione, al comfort termoisometrico, all'illuminazione naturale e viste sull'esterno, nonché al

controllo delle sostanze contaminanti presenti nell'aria impiegando materiali basso emissivi.

#### **2.2.1.6 Innovazione nella Progettazione (2 crediti - max 6 punti)**



*Figura 2.9: Logo della sezione Innovazione nella Progettazione LEED®*

La sezione Innovazione nella Progettazione (IP) ha come obiettivo l'identificazione degli aspetti progettuali che si distinguono per le caratteristiche di innovazione e di applicazione delle pratiche di sostenibilità nella realizzazione degli edifici.

Le tecniche e le soluzioni per la progettazione sostenibile sono in costante miglioramento ed evoluzione: nuove tecnologie sono inserite continuamente nel mercato e gli aggiornamenti della ricerca scientifica influenzano le strategie di progettazione degli edifici.

Questa sezione permette di misurare e quantificare queste innovazioni.

#### **2.2.1.7 Priorità Regionale (1 Credito - max 4 punti)**




*Figura 2.10: Logo della sezione Priorità Regionale LEED®*

La sezione Priorità Regionale (PR) dà la possibilità di conseguire dei punteggi ulteriori se il progetto persegue quei crediti che sono stati identificati come prioritari per quel particolare luogo.

Nella tabella 2.1 seguente si può vedere una checklist del protocollo LEED® 2009 Italia per Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni che mostra tutto il sistema di valutazione LEED® nel suo complesso.

*Tabella 2.1: Checklist – LEED® 2009 Italia Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni*

 <b>LEED 2009 Italia Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni - Checklist</b>				
<b>SI</b>	<b>?</b>	<b>NO</b>	<b>Sostenibilità del Sito</b>	<b>Punteggio massimo: 26</b>
SI			Prereq. 1 Prevenzione dell'inquinamento da attività di cantiere	Obbligatorio
			Credito 1 Selezione del sito	1
			Credito 2 Densità edilizia e vicinanza ai servizi	5
			Credito 3 Recupero e riqualificazione dei siti contaminanti	1
			Credito 4.1 Trasporti alternativi: accesso ai trasporti pubblici	6
			Credito 4.2 Trasporti alternativi: portabiciclette e spogliatoi	1
			Credito 4.3 Trasporti alternativi: veicoli a bassa emissione e a carburante alternativo	3
			Credito 4.4 Trasporti alternativi: capacità dell'area di parcheggio	2
			Credito 5.1 Sviluppo del sito: proteggere e ripristinare l'habitat	1
			Credito 5.2 Sviluppo del sito: massimizzazione degli spazi aperti	1
			Credito 6.1 Acque meteoriche: controllo della quantità	1
			Credito 6.2 Acque meteoriche: controllo della qualità	1
			Credito 7.1 Effetto isola di calore: superfici esterne	1
			Credito 7.2 Effetto isola di calore: copertura	1
			Credito 8 Riduzione dell'inquinamento luminoso	1
<b>SI</b>	<b>?</b>	<b>NO</b>	<b>Gestione delle Acque</b>	<b>Punteggio massimo: 10</b>
SI			Prereq. 1 Riduzione dell'uso dell'acqua	
			Credito 1 Gestione efficiente delle acque a scopo irriguo	2-4
			Riduzione dei consumi del 50%	2
			Nessun uso di acqua potabile per l'irrigazione	4
			Credito 2 Tecnologie innovative per le acque reflue	2
			Credito 3 Riduzione dell'uso dell'acqua	2-4
			Riduzione del 30%	2
			Riduzione del 35%	3
			Riduzione del 40%	4

SI	?	NO	Energia e Atmosfera	Punteggio massimo:	35
SI			Prereq. 1	Commissioning di base dei sistemi energetici dell'edificio	Obbligatorio
SI			Prereq. 2	Prestazioni energetiche minime	Obbligatorio
SI			Prereq. 3	Gestione di base dei fluidi refrigeranti	Obbligatorio
			Credito 1	Ottimizzazione delle prestazioni energetiche	1-19
				Riduzione del fabbisogno:	
				12% per Nuove costruzioni e 8% per Ristrutturazioni	1
				14% per Nuove costruzioni e 10% per Ristrutturazioni	2
				16% per Nuove costruzioni e 12% per Ristrutturazioni	3
				18% per Nuove costruzioni e 14% per Ristrutturazioni	4
				20% per Nuove costruzioni e 16% per Ristrutturazioni	5
				22% per Nuove costruzioni e 18% per Ristrutturazioni	6
				24% per Nuove costruzioni e 20% per Ristrutturazioni	7
				26% per Nuove costruzioni e 22% per Ristrutturazioni	8
				28% per Nuove costruzioni e 24% per Ristrutturazioni	9
				30% per Nuove costruzioni e 26% per Ristrutturazioni	10
				32% per Nuove costruzioni e 28% per Ristrutturazioni	11
				34% per Nuove costruzioni e 30% per Ristrutturazioni	12
				36% per Nuove costruzioni e 32% per Ristrutturazioni	13
				38% per Nuove costruzioni e 34% per Ristrutturazioni	14
				40% per Nuove costruzioni e 36% per Ristrutturazioni	15
				42% per Nuove costruzioni e 38% per Ristrutturazioni	16
				44% per Nuove costruzioni e 40% per Ristrutturazioni	17
				46% per Nuove costruzioni e 42% per Ristrutturazioni	18
				48% per Nuove costruzioni e 44% per Ristrutturazioni	19
			Credito 2	Produzione in sito di energie rinnovabili	1-7
				2,5% di energie rinnovabili	1
				5% di energie rinnovabili	2
				7,5% di energie rinnovabili	3
				10% di energie rinnovabili	4
				12,5% di energie rinnovabili	5
				15% di energie rinnovabili	6
				17,5% di energie rinnovabili	7
			Credito 3	Commissioning avanzato dei sistemi energetici	2
			Credito 4	Gestione avanzata dei fluidi refrigeranti	2
			Credito 5	Misure e collaudi	3
			Credito 6	Energia verde	2

SI	?	NO	Materiali e Risorse	Punteggio massimo:	14
SI			Prereq. 1 Raccolta e stoccaggio dei materiali riciclabili		Obbligatorio
			Credito 1.1 Riutilizzo degli edifici: mantenimento di murature, solai e coperture esistenti		1-3
			Riutilizzo del 55%		1
			Riutilizzo del 75%		2
			Riutilizzo del 95%		3
			Credito 1.2 Riutilizzo degli edifici: mantenimento del 50% degli elementi non strutturali interni		1
			Credito 2 Gestione dei rifiuti da costruzione		1-2
			50% di contenuto riciclato o recuperato		1
			75% di contenuto riciclato o recuperato		2
			Credito 3 Riutilizzo dei materiali		1-2
			Riutilizzo del 5%		1
			Riutilizzo del 10%		2
			Credito 4 Contenuto di riciclato		1-2
			10% di contenuto		1
			20% di contenuto		2
			Credito 5 Materiali estratti, lavorati e prodotti a distanza limitata (materiali regionali)		1-2
			10% dei materiali		1
			20% dei materiali		2
			Credito 6 Materiali rapidamente rinnovabili		1
			Credito 7 Legno certificato		1
SI	?	NO	Qualità ambientale Interna	Punteggio massimo:	15
SI			Prereq. 1 Prestazioni minime per la qualità dell'aria		Obbligatorio
SI			Prereq. 2 Controllo ambientale del fumo di tabacco		Obbligatorio
			Credito 1 Monitoraggio della portata dell'aria di rinnovo		1
			Credito 2 Incremento della ventilazione		1
			Credito 3.1 Piano di gestione IAQ: fase costruttiva		1
			Credito 3.2 Piano di gestione IAQ: prima dell'occupazione		1
			Credito 4.1 Materiali basso emissivi: adesivi, primers, sigillanti, materiali cementizi e finiture per legno		1
			Credito 4.2 Materiali basso emissivi: pitture		1
			Credito 4.3 Materiali basso emissivi: pavimentazioni		1
			Credito 4.4 Materiali basso emissivi: prodotti in legno composito e fibre vegetali		1
			Credito 5 Controllo delle fonti chimiche ed inquinanti indoor		1
			Credito 6.1 Controllo e gestione degli impianti: illuminazione		1
			Credito 6.2 Controllo e gestione degli impianti: comfort termico		1
			Credito 7.1 Comfort termico: progettazione		1
			Credito 7.2 Comfort termico: verifica		1
			Credito 8.1 Luce naturale e visione: luce naturale 75% degli spazi		1
			Credito 8.2 Luce naturale e visione: luce naturale 90% degli spazi		1



SI	?	NO	Innovazione nella Progettazione	Punteggio massimo:	6
			Credito 1.1 Innovazione nella Progettazione: titolo specifico		1
			Credito 1.2 Innovazione nella Progettazione: titolo specifico		1
			Credito 1.3 Innovazione nella Progettazione: titolo specifico		1
			Credito 1.4 Innovazione nella Progettazione: titolo specifico		1
			Credito 1.5 Innovazione nella Progettazione: titolo specifico		1
			Credito 2 Professionista Accreditato LEED (LEED AP)		1
SI	?	NO	Priorità Regionale	Punteggio massimo:	4
			Credito 1.1 Priorità Regionale: titolo specifico		1
			Credito 1.2 Priorità Regionale: titolo specifico		1
			Credito 1.3 Priorità Regionale: titolo specifico		1
			Credito 1.4 Priorità Regionale: titolo specifico		1
<b>Totale</b>				<b>Punteggio massimo:</b>	<b>110</b>

## 2.2.2 Marchi ecologici

I marchi ecologici sono applicati direttamente su un prodotto o su un servizio e forniscono informazioni sulla sua performance ambientale complessiva, o su uno o più aspetti ambientali specifici. Tali etichette dimostrano agli acquirenti la rispondenza a criteri ecologici da parte di un prodotto o servizio, ovvero un impatto ambientale ridotto rispetto a un prodotto o processo che svolga la stessa funzione.

Attualmente in commercio si trovano numerose etichette ecologiche la cui principale suddivisione è data dall'obbligatorietà o meno della loro presenza sul prodotto.

### 2.2.2.1 Sistemi di etichettatura obbligatoria

Le etichettature obbligatorie nell'Unione Europea vincolano produttori, utilizzatori, distributori e le altri parti in causa ad attenersi alle prescrizioni legislative. Si applicano principalmente ai seguenti gruppi di prodotti.

- Sostanze tossiche e pericolose

Le etichette apposte sui contenitori di sostanze tossiche e pericolose sono rivolte ai consumatori/utilizzatori che ne fanno direttamente uso; gli aspetti più importanti di questa etichetta si riferiscono alla salute e alla sicurezza.

La direttiva 93/21/EEC ha introdotto il simbolo di pericolo specifico per le sostanze "ambientalmente pericolose".

➤ Elettrodomestici – Energy Label

La Direttiva Europea 92/75/CEE, recepita in Italia con il Decreto del Presidente Repubblica n. 107 del 9 marzo 1998, ha reso obbligatorio per i produttori di elettrodomestici di indicare il consumo di energia e di altre risorse quali l'acqua. L'Energy Label ha lo scopo di fornire all'utilizzatore finale una corretta e chiara informazione circa il consumo energetico dell'apparecchio.

Le norme di riferimento degli apparecchi per i quali vige l'obbligo di etichettatura sono state pubblicate da due comitati europei per la standardizzazione, Cen e Cenelec.

L'etichettatura energetica, dalla sua messa in campo, ha portato notevoli benefici nel settore degli elettrodomestici spingendo le aziende a produrre prodotti sempre più performanti. Già nel 2003, rivedendo la stesura iniziale dell'energy label, sono state introdotte per la refrigerazione altre due classi sopra la classe A, ovvero A+ ed A++, per dare luce a prodotti sempre più efficienti e spingere le aziende ad un continuo miglioramento.

Il 19 giugno del 2010, è stata introdotto un nuovo aspetto per l'etichettatura energetica, necessario per dare più trasparenza e valorizzare alcuni dati tecnici, che possono fare la differenza in un prodotto, che la vecchia etichetta non era più in grado di evidenziare.

La nuova etichettatura energetica al momento interessa solo alcuni elettrodomestici: lavabiancheria, lavastoviglie, frigorifero, congelatore, cantinetta e televisore. Di seguito, in figura 2.11, si riporta il confronto tra una nuova ed una vecchia etichetta relative ad un frigorifero.

Novità importante è l'eliminazione della lingua nazionale con l'introduzione di pittogrammi identificativi dei dati tecnici, così da poter garantire una lettura in tutti i paesi europei.

➤ Imballaggi – Packaging Label

Il marchio è stato introdotto a seguito del decreto Ronchi [7] e permette di facilitare la raccolta, il recupero e il riciclo dei materiali a fine vita. Il marchio è di forma triangolare accompagnato da un sigla o un numero ed identifica il materiale.

➤ Elettricità da fonti rinnovabili – Certificati Verdi

Il certificato è un titolo ufficiale comprovante che uno specifico quantitativo di energia è stato generato da fonti rinnovabili. Questi certificati sono negoziabili, cioè possono essere acquistati dalle aziende distributrici a dimostrazione della capacità produttiva di energia rinnovabile immessa nella rete.

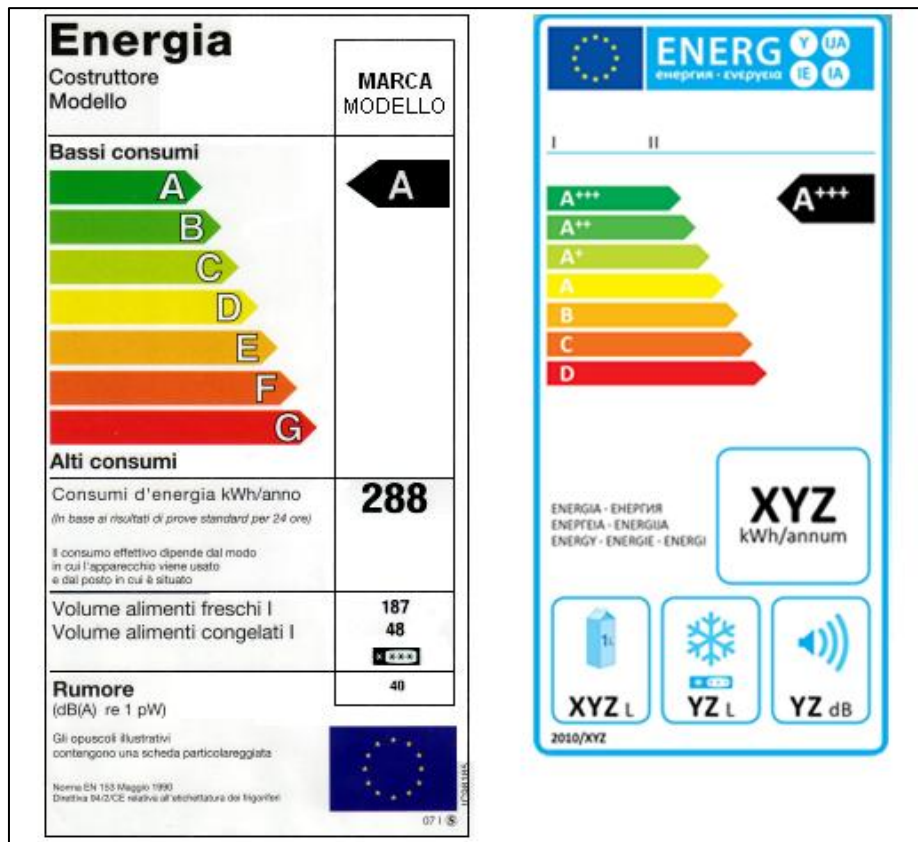


Figura 2.11: Confronto tra nuovo e vecchio Energy label relativo ad un frigorifero domestico





### 2.2.2.2 Sistemi di etichettatura volontaria

Nell'ambito degli strumenti volontari di politica ambientale volti alla comunicazione delle prestazioni ambientali dei prodotti, la normativa internazionale ed europea utilizza il termine etichetta o marchio (label) e dichiarazione (declaration) e distingue fra certificazioni di parte terza relative a prestazioni ambientali, e dichiarazioni del produttore fornite sulla base di verifiche condotte in proprio o da parte terza [8]. Le etichettature e certificazioni di parte terza comportano il riferimento a requisiti ambientali specificati e quindi la dichiarazione di livelli prestazionali del prodotto corrispondenti a dati requisiti. La dichiarazione del produttore invece fornisce una informazione su prestazioni ambientali senza entrare in merito alla rispondenza a requisiti. Secondo la classificazione e descrizione delle etichette e delle dichiarazioni ambientali della norma ISO 14020, si possono distinguere tre tipologie di etichettature/dichiarazioni ecologiche.

➤ 1° tipo (ISO 14024)

Etichette ecologiche volontarie sottoposte a certificazione esterna (o di parte terza). Sono basate su un sistema multicriteri che considera l'intero ciclo di vita del prodotto. I criteri fissano dei valori soglia, da rispettare per ottenere il rilascio del marchio. L'organismo Competente per l'assegnazione del marchio può essere pubblico o privato. Esempi di etichettatura di 1° tipo sono riportati nella tabella 2.2.

*Tabella 2.2: Etichette ambientali nazionali di procedura*

	<p>Ecolabel: marchio di qualità ecologica nato nel 1982 con l'adozione del Regolamento Europeo n. 880/92 ed aggiornato con il nuovo Regolamento n.1980 del 17 luglio 2000. È 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 un attestato prestazionale che viene rilasciato solo a quei prodotti 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.</p>
	<p>Nordic White Swan (Svezia, Norvegia, Finlandia e Islanda): creato nel 1989. È il solo marchio insieme a quello Europeo ad essere multinazionale.</p>
	<p>Blaue Engel: tedesco creato nel 1977. Risulta essere fra i primi marchi ambientali creati.</p>
	<p>NF Environnement: marchio francese creato nel 1992 dall'Ente di Normazione Francese AFNOR. I criteri vengono stabiliti sulla base di una LCA (Life cycle assessment) completa redatta congiuntamente da industria e autorità preposte.</p>

	<p>Stichting Milieukeur: è il marchio dei Paesi Bassi creato 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.</p>
	<p>Umweltzeichen Baume, marchio austriaco creato nel 1991 dal Ministro dell’Ambiente, della Gioventù e della Famiglia. I criteri sono applicabili a prodotti e processi manifatturieri.</p>
	<p>AENOR Medio Ambiente è il marchio spagnolo creato nel 1993 dall’Associazione Spagnola di Normalizzazione e Standardizzazione (AENOR). I criteri sono stabiliti sulla base della LCA del prodotto. AENOR ha inoltre stabilito che i prodotti etichettati dal marchio nazionale saranno trattati separatamente da quelli con il marchio europeo</p>
	<p>Canada Environmental Choice, etichetta canadese creata nel 1988 amministrata da Canadian Environment Ministry. È stata gradualmente privatizzata. Il sistema di etichettatura canadese è molto simile a quello europeo.</p>

➤ 2° tipo (ISO 14021)

Etichette e dichiarazioni ecologiche che riportano informazioni ambientali dichiarate da parte di produttori, importatori o distributori di prodotti, senza che vi sia l’intervento di un organismo indipendente di certificazione (tra le quali: ”Riciclabile”, “Compostabile”, ecc.). La norma prevede comunque una serie di vincoli da rispettare sulle modalità di diffusione e i requisiti sui contenuti dell’informazione.

➤ 3° tipo (ISO 14025)

Dichiarazioni ecologiche che riportano informazioni basate su parametri stabiliti che contengono una quantificazione degli impatti ambientali associati al ciclo di vita del prodotto calcolati attraverso un sistema LCA. Sono sottoposte a un controllo indipendente e presentate in forma chiara e confrontabile. Tra di esse rientrano, ad esempio, le “Dichiarazioni Ambientali di Prodotto” o EPD Environmental Product Declaration.

### **2.2.2.3 I prodotti mappati LEED®**

LEED® riguarda chi progetta, costruisce, ristruttura e/o compravende immobili [9]. Ma sono soprattutto le aziende che producono/commercializzano prodotti e sistemi "sostenibili", impiegati per e nelle costruzioni, a dover essere pronte, in quanto il mercato del futuro chiederà sempre di più l'uso di prodotti conformi allo standard LEED®. Essendo la certificazione LEED® una certificazione dell'edificio e non di prodotto, i crediti fanno sempre riferimento all'edificio e non ai singoli materiali utilizzati nel progetto. Ad esempio, l'utilizzo di una piastrella non può garantire da sola l'ottenimento del punteggio relativo al credito specifico considerato, ma può contribuire o essere conforme ai requisiti LEED®. I crediti che richiedono il raggiungimento di una soglia limite per l'ottenimento del punteggio (ad esempio per il credito MR c4: Contenuto di riciclato – si ottiene un punto se almeno il 10% dei materiali ha contenuto di riciclato pre o post consumo) si riferiscono alla somma di tutti i materiali presenti all'interno dell'edificio. Un singolo prodotto non può ottenere un punteggio in sé, ma solo contribuire ad ottenerlo.

Per "mappatura" si intende l'analisi dei singoli prodotti in termini, appunto, di conformità al LEED® (il quale richiede specifiche prestazioni e caratteristiche dei prodotti). In particolare, è necessario individuare a quali crediti LEED® i prodotti possono contribuire, ma soprattutto, essere in grado di rispondere adeguatamente alle richieste dei soggetti coinvolti in un progetto LEED®. In pratica, realizzando una mappatura delle caratteristiche di conformità del prodotto, verrà data risposta alla seguente, importante domanda: "quanto può contribuire il mio prodotto al punteggio finale di un edificio certificato LEED®?"

### 3 Analisi del contesto

In questo capitolo sarà preso in considerazione il sito di progetto, sotto l'aspetto territoriale, urbanistico, geografico e climatico. L'analisi del contesto e la conoscenza dei suoi caratteri, sono il punto di partenza del progetto. Evidentemente è impensabile svolgere un progetto, anche solo un disegno architettonico, senza conoscere il complesso ambientale in cui sarà collocata la composizione.

Nella prima parte, sarà preso in considerazione il sito di progetto dal punto di vista territoriale ed urbanistico. In seguito, saranno esaminate le caratteristiche geografiche e climatiche.

#### 3.1 Il sito di progetto

Il primo passo importante per l'analisi del contesto ambientale consiste nell'individuare e circoscrivere le caratteristiche del sito in esame.

Il lavoro svolto ha riguardato la progettazione degli impianti meccanici di un edificio situato a Milano, nei pressi della stazione ferroviaria di Lancetti. Si tratta di una zona ad elevata densità edilizia e servita da diversi mezzi pubblici nelle dirette vicinanze, quali autobus, tram e treni. Nelle prossime figure 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4 viene presentato il sito di progetto con un progressivo grado di dettaglio.



*Figura 3.1: Contesto urbanistico del sito di progetto*

L'edificio è composto da 2 corpi: uno esistente, denominato Edificio A, per cui è stato svolto un progetto di ristrutturazione, ed uno di prossima costruzione, Edificio B. Il mio lavoro ha trovato collocazione nella progettazione impiantistica dell'Edificio B, sulla cui progettazione impiantistica ci si è concentrati .



*Figura 3.2: Visuale del sito di progetto*



*Figura 3.3: Vista da via Piazzi*





*Figura 3.4: Vista dall'incrocio tra via Piazza e via Bernina*

Riporto di seguito due tabelle che riassumono quelle che sono le informazioni generali e climatiche che riguardano la città di Milano.

*Tabella 3.1: Informazioni generali del sito di progetto*

Coordinate	45°27' N 9°11' E
Altezza sul livello del mare	122 m
Gradi giorno	2404
Zona climatica	E
Superficie	181,76 km <sup>2</sup>
Abitanti	1.338.436
Densità	7.363,75 ab/km <sup>2</sup>

Tabella 3.2: Dati climatici del sito di progetto

	MESI												ANNO
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	
T <sub>media</sub>	1,7	4,2	9,2	14	17,9	22,5	25,1	24,1	20,4	14	7,9	3,1	13,7
T <sub>max,media</sub>	5,2	8	13,4	18	23	27,3	30	28,8	24,1	17,3	10,3	6,1	17,6
T <sub>min,media</sub>	0	1,6	5,4	9	13,3	16,9	19,4	18,9	15,6	10,5	5,3	1,3	9,8

### 3.1.1 Planimetria generale e destinazioni d'uso

La forma dell'edificio B, che viene ora preso in esame, è vincolata dagli spazi concessi dalle proprietà adiacenti e preesistenti. Ha sostanzialmente la stessa dimensione dell'edificio A in lunghezza, ma ha una forma più stretta.

L'edificio B si sviluppa su cinque piani, aventi tutti la stessa planimetria, ad esclusione del piano terra e del quarto piano, per una superficie utile totale di quasi 3.500 m<sup>2</sup>. La destinazione d'uso dell'edificio è quella commerciale, definita E.2 dal DPR 412/93 (edifici adibiti a uffici ed assimilabili: pubblici o privati, indipendenti o contigui a costruzioni adibite anche ad attività industriali o artigianali, purché siano da tali costruzioni scorporabili agli effetti dell'isolamento termico), ed il layout delle planimetrie è impostato sull'idea di creare uffici open-space.

Al piano terra la planimetria è molto ridotta rispetto agli altri piani, in quanto è prevista una zona di parcheggi che circonda l'intero edificio. Nei locali interni si trovano i vani scala, un locale rifiuti, i servizi igienici ed una reception all'ingresso che precede lo sbarco ascensori.

Ai piani superiori, invece, si ripete un layout simile per tutto lo sviluppo in altezza dell'edificio. Ogni piano è suddiviso in due parti indipendenti, a forma di L, ognuna delle quali sarà servita da un'unità di trattamento dell'aria dedicata e per le quali l'energia termica verrà contabilizzata separatamente. Nella parte centrale sono posizionati i servizi igienici, speculari e dedicati anch'essi alla propria zona (nella zona rivolta a est si trovano anche degli spogliatoi con docce ai piani primo e secondo), i vani scala e lo sbarco ascensori, uniche zone comunicanti con entrambe le parti del piano.

Nelle pagine seguenti si possono osservare le tre planimetrie tipo dei piani sopra descritte.

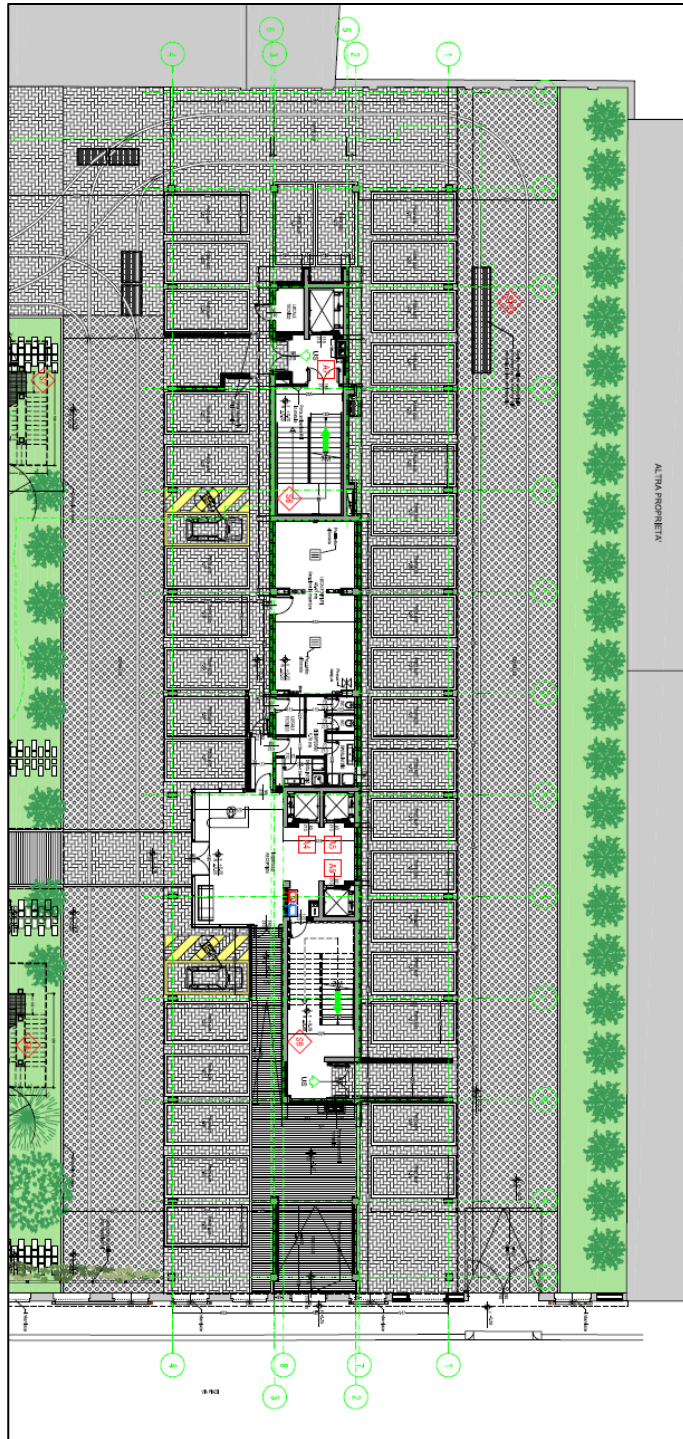


Figura 3.5: Planimetria piano terra

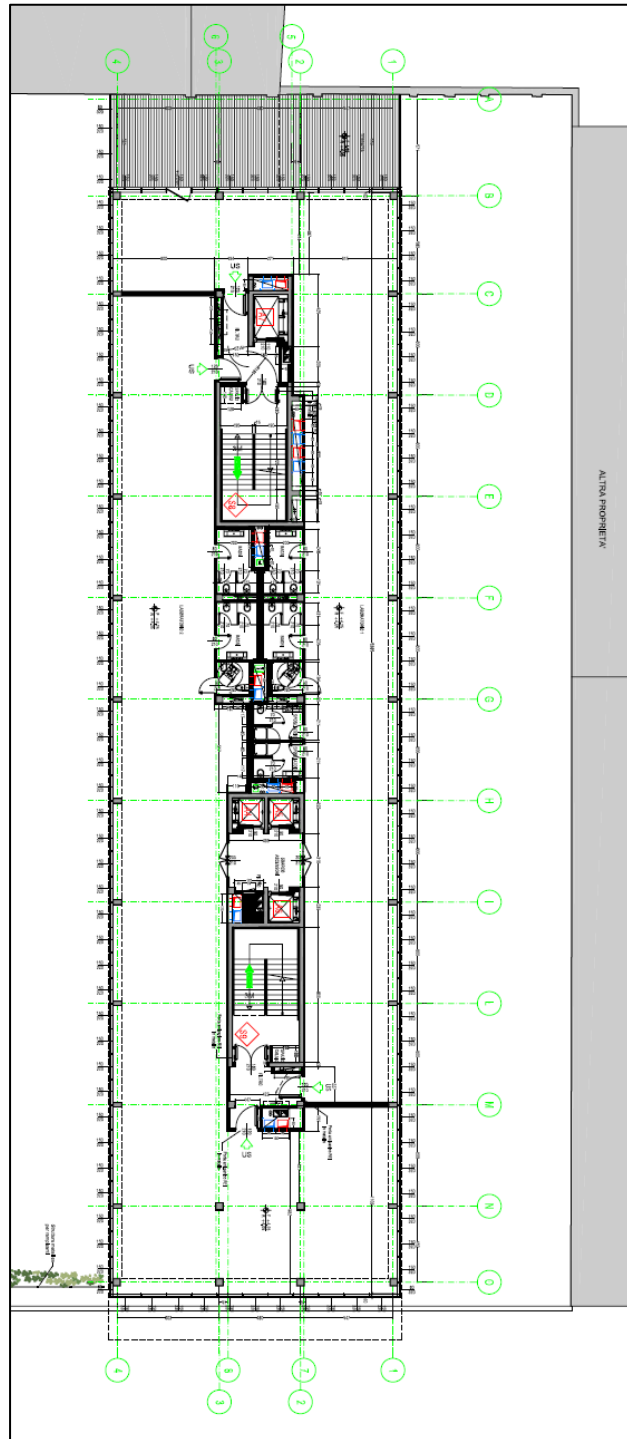
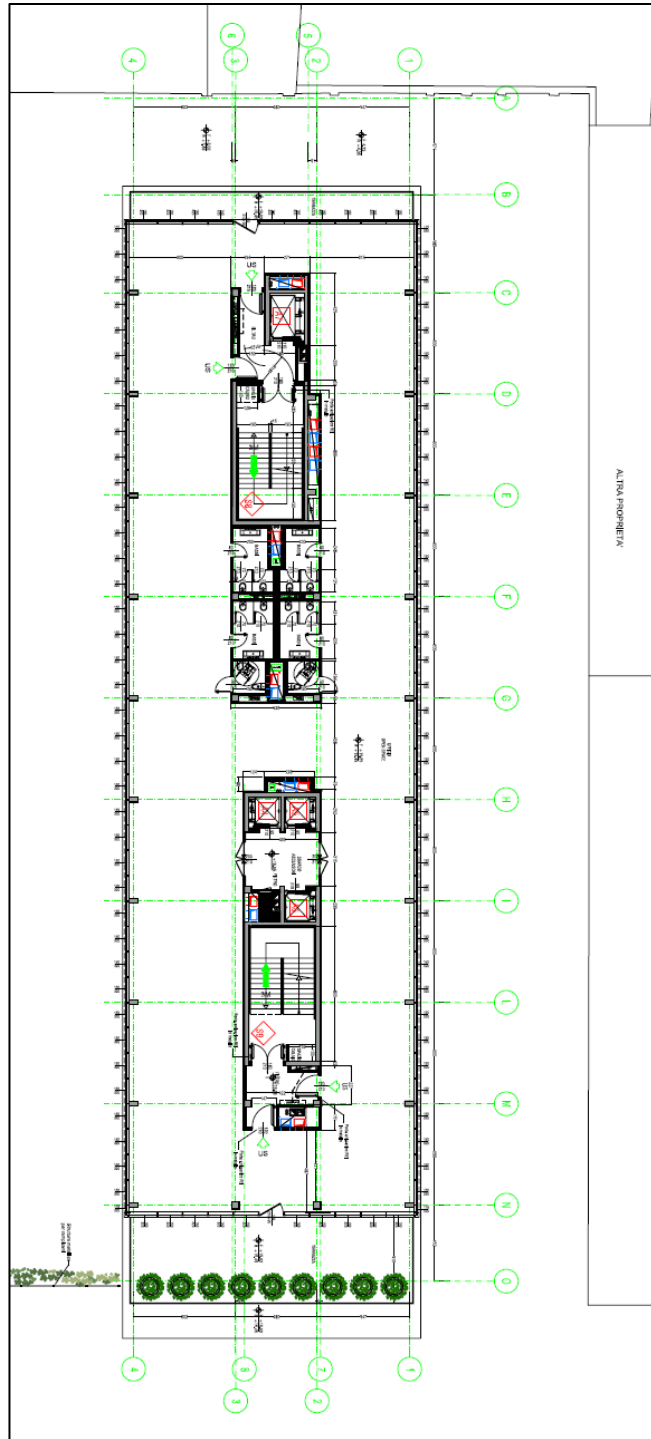


Figura 3.6: Planimetria tipo (piani primo, secondo e terzo)





## 4 Strategia energetica generale

La “Zero Energy House” è un organismo edilizio autosufficiente che punta a coesistere in equilibrio con l’ecosistema che lo circonda. Perché vi sia equilibrio, è necessario che i flussi energetici, scambiati con l’ambiente, diano un risultato netto pari a zero. Per raggiungere questo ideale risultato è necessario che in ogni istante vi sia parità tra consumo e produzione.

Più ragionevolmente si dovrebbe poter accumulare energia nei momenti in cui è disponibile da fonti naturali locali, per utilizzarla quando, invece, la domanda istantanea supera l’offerta.

Tuttavia, gli attuali sistemi d’accumulo, soprattutto per quanto riguarda l’energia elettrica, non sono adeguati a garantire autonomia agli edifici di grandi dimensioni. Pertanto, il nostro obiettivo non sarà quello di progettare un edificio autosufficiente, ma di definire una strategia energetica con validità generale, applicabile in particolar modo agli edifici di nuova costruzione, ma con le dovute accezioni anche alle costruzioni esistenti.

### 4.1 Approccio di sistema

Per approccio di sistema si intende la definizione di una strategia generale che governi la pianificazione di tutte le altre. I due principi cardine a cui ci si riferisce sono la biocompatibilità e l’ecosostenibilità, che conducono alla ricerca sistematica della massima efficienza ed efficacia in ogni singola scelta.

L’obiettivo da conseguire è il soddisfacimento del comfort e della salubrità degli ambienti, utilizzando fonti rinnovabili di energia.

Per raggiungere, o quantomeno avvicinarsi, all’obiettivo di “Zero Energy House” è necessario un approccio complesso che tenga conto dei diversi aspetti coinvolti.

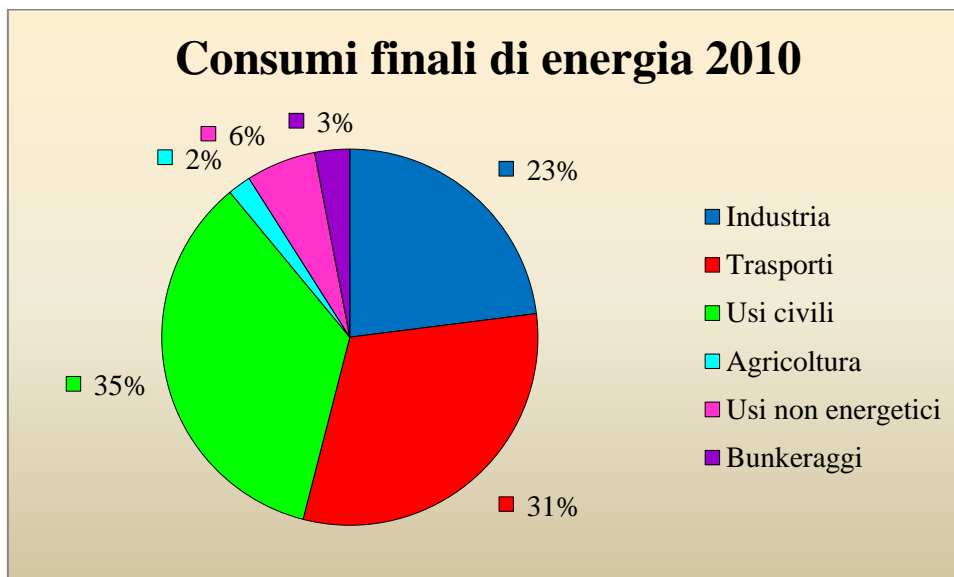
Questo si può tradurre in quattro ordini d’intervento:

1. Riduzione della domanda di energia con strategie passive
  - progetto di involucri edilizi ad elevate prestazioni;
  - sfruttamento e regolazione degli apporti di energia solare;
2. Ottimizzazione dei consumi energetici mediante impianti a bassa exergia
  - utilizzo di terminali radianti a bassa temperatura;
  - produzione di potenza termica a bassa temperatura con una pompa di calore;
3. Utilizzo di risorse rinnovabili per soddisfare i requisiti dell’edificio
  - utilizzo di collettori solari per la produzione di potenza termica;
  - adozione di pannelli fotovoltaici per la produzione di potenza elettrica;
4. Azioni sugli utenti
  - sensibilizzazione nei confronti del problema energetico/ambientale;

- riduzione dei consumi ed eliminazione degli sprechi di energia elettrica;
- riduzione del consumo di acqua potabile;
- diminuzione della produzione e gestione dello smaltimento dei rifiuti.

## 4.2 Contenimento della domanda

Prima di giungere alla trattazione dei problemi inerenti la conversione di energia e il consumo di risorse ad essa correlata, è opportuno soffermarsi su come questa viene utilizzata. Un dato significativo riguarda il consumo di energia primaria. Il 35% dell'energia complessivamente utilizzata a livello nazionale, pari a 48,1 Mtep nel 2010, è impiegata dagli usi civili, come si può osservare nella figura 4.1 (comprendono i consumi del settore domestico, del commercio, dei servizi, della Pubblica Amministrazione) [10].



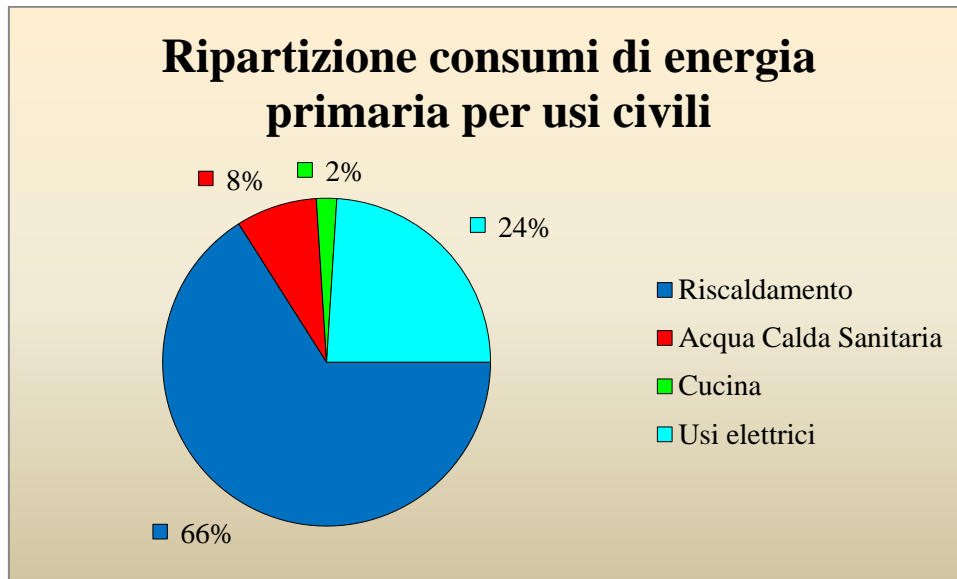
*Figura 4.1: Impieghi finali di energia per settore – anno 2010*

*Fonte: elaborazione ENEA su dati MSE*

I consumi di energia primaria possono essere suddivisi in quattro principali settori di impiego: riscaldamento, produzione di ACS, usi elettrici e cucina (figura 4.2). L'energia primaria utilizzata per il solo riscaldamento degli edifici civili rappresenta pertanto circa il 23% del totale nazionale. Ciò significa che, in Italia, più di 1 kWh su 5 viene consumato per il solo riscaldamento degli edifici civili. In questo ambito, fortunatamente, l'obbligatorietà della certificazione energetica degli edifici, per gli edifici nuovi o ristrutturati, ha già portato a notevoli miglioramenti in termini di efficienza rispetto al passato per quanto



riguarda il fabbisogno energetico delle costruzioni. Tuttavia esistono ancora edifici costruiti lo scorso secolo che consumano per il riscaldamento anche 250 kWh/m<sup>2</sup>anno. Se si considera che molte delle caldaie in uso in questi stabili hanno rendimenti mai superiori all'80%, ogni appartamento da 100 m<sup>2</sup> con queste caratteristiche, consuma approssimativamente 3000 m<sup>3</sup> di metano l'anno, producendo circa 6000 kg di CO<sub>2</sub>.



*Figura 4.2: Ripartizione dei consumi di energia primaria per usi civili  
Fonte: elaborazione ENEA su dati MSE*

Risalta dunque una doppia importanza strategica alla luce della quale deve essere analizzata la riduzione della domanda di energia di un edificio: un aspetto legato ai danni prodotti dal suo consumo eccessivo e un altro correlato alla possibilità di aumentare il valore economico del bene immobile.

Rivolgendoci all'aspetto progettuale del problema possiamo individuare diversi ambiti d'intervento:

- riduzione della trasmittanza delle pareti mediante un adeguato isolamento termico;
- cura dei dettagli costruttivi al fine di ridurre al massimo ponti termici e infiltrazioni d'aria;
- previsione di un'adeguata inerzia termica dell'edificio al fine di migliorare il comfort estivo;
- ottimizzazione stagionale degli apporti solari termici e luminosi;
- sfruttamento di criteri bioclimatici;
- coibentazione adeguata del sistema di distribuzione dei fluidi termovettori;

- riduzione degli sprechi derivanti dal riscaldamento o raffrescamento di ambienti inutilizzati.

Non esiste un unico modo per affrontare i diversi aspetti presentati, ma è necessaria la figura di un progettista in grado di scegliere ogni volta la soluzione che meglio si addice alla specifica circostanza. Pertanto, in questa sede, pur fornendo strumenti con validità generale, ci si concentrerà su un particolare caso progettuale, che vuole essere un esempio più per il metodo che per le scelte adottate.

### **4.3 Miglioramento dell'efficienza degli impianti**

Un passo successivo alla riduzione del fabbisogno legato all'edificio, è il miglioramento dell'efficienza degli impianti. Ovviamente, è sempre valido un discorso analogo al precedente sulla molteplicità delle soluzioni percorribili.

La definizione della dotazione impiantistica rappresenta un momento chiave del progetto. Benché possa apparire scontata, la scelta di un impianto tecnico spesso non è orientata secondo criteri di efficienza ed efficacia. Al contrario, entrano in gioco fattori come la scarsa conoscenza delle alternative disponibili o la diffidenza nei confronti di alcune tecnologie ritenute, a torto o meno, poco affidabili.

Riducendo, per il momento, la nostra attenzione al campo della climatizzazione è opportuno fissare dei criteri generali che conducano alla scelta impiantistica:

- garantire il comfort ambientale interno;
- utilizzare impianti alimentabili con fonti di energia rinnovabile;
- scegliere tecnologie ad elevata efficienza energetica ed exergetica di sistema;
- sfruttare il recupero energetico sull'aria di ripresa e l'estrazione dei WC;
- selezionare i singoli componenti ad elevata efficienza;
- garantire la possibilità di una regolazione e gestione efficace del sistema;

Ad eccezione dei primi due criteri, gli altri sono di carattere generale e dovrebbero essere adottati in qualunque applicazione, al fine di garantire anche una maggiore convenienza economica.

### **4.4 Fonti rinnovabili di energia**

Come già precedentemente affermato, per energie rinnovabili si intendono quelle forme di energia ottenute da fonti che per loro caratteristica intrinseca si rigenerano almeno alla stessa velocità con cui vengono consumate o non sono "esauribili" nella scala dei tempi "umani" e, per estensione, il cui utilizzo non pregiudica le risorse naturali per le generazioni future. Il concetto di

rinnovabilità si contrappone principalmente all'utilizzo dei giacimenti fossili e minerali (petrolio, gas naturale, ecc.) che sono invece soggetti ad un consumo che ne causerà il progressivo esaurimento.

Una fonte energetica può essere considerata rinnovabile o meno anche secondo il suo utilizzo. Il legno, ad esempio, è un combustibile rinnovabile fintanto che il suo consumo e la sua produzione sono in equilibrio nell'arco di un certo periodo. Diversamente, un utilizzo improprio di tale risorsa può condurre alla deforestazione di intere aree geografiche.

Le fonti rinnovabili sono legate fortemente al territorio e pertanto sono disponibili in diversa forma e misura secondo la posizione geografica. Questo aspetto ancora una volta ci induce ad affermare che ogni caso necessita di una propria soluzione specifica. Nel caso specifico, come vedremo ad esempio nell'edificio B, si può avere l'impossibilità di sfruttare l'energia solare termica per la produzione di calore per la mancanza di superficie in copertura o altri vincoli tecnici.

#### **4.4.1 La pompa di calore come fonte di energia rinnovabile**

La direttiva europea RES per la promozione dell'utilizzo di energie rinnovabili (2009/28/EC), approvata il 17 dicembre 2008, considera rinnovabile la parte di energia che le pompe di calore prelevano dall'ambiente per trasferirla all'interno degli edifici nella loro funzione di climatizzazione invernale; quindi le pompe di calore entrano a far parte delle tecnologie che utilizzano fonti rinnovabili ed è volontà comune che queste tecnologie debbano essere promosse e sostenute nel loro utilizzo [11].

La tecnologia delle pompa di calore sfrutta l'energia ambiente, l'energia cioè contenuta nell'ambiente che ci circonda, esistente in modo naturale nell'aria, nell'acqua e nel suolo.

L'energia contenuta nell'ambiente è il risultato dei processi naturali; essa, pur essendo disponibile solo a basse temperature, può essere trasformata in calore utile, a temperature più elevate, attraverso la tecnologia delle pompe di calore.

Inoltre l'energia (calore) che esse utilizzano per il loro regolare funzionamento è disponibile sul posto (energia elettrica) senza bisogno di trasportarla, e quindi senza costi energetici aggiuntivi né ulteriori immissioni in atmosfera di CO<sub>2</sub>.

La già nominata direttiva europea RES definisce un target di impiego minimo di energia rinnovabile che ogni Stato Membro dovrà raggiungere (per l'Italia il 17%) e uno schema unico di recepimento al quale ogni Stato si dovrà attenere; prevede schemi di certificazione per gli installatori, la promozione e l'incentivazione per l'utilizzo di tecnologie adeguate. Le pompe di calore, come già detto, sono riconosciute come una tecnologia che utilizza l'energia rinnovabile presente nell'aria, nell'acqua e nel suolo; certamente un successo per

questa tecnologia, in grado quindi di dare un grande contributo al raggiungimento, assieme ad altre tecnologie, del target prefissato di impiego di “energie rinnovabili”.

In particolare la RES indica che la quantità di energia ambiente captata dalle pompe di calore da considerarsi energia rinnovabile,  $E_{RES}$ , andrà calcolata secondo la seguente formula:

$$E_{RES} = Q_{usable} \cdot \left( 1 - \frac{1}{SPF} \right) \quad (4.1)$$

dove:

$Q_{usable}$  è l'energia totale stimata trasferita da pompe di calore al fluido termovettore che rispondono ai criteri di cui all'articolo 5, paragrafo 4, applicato nel seguente modo: solo le pompe di calore per le quali  $SPF > 1,15 \cdot 1/\eta$  saranno prese in considerazione.

$SPF$  è il fattore di rendimento stagionale medio stimato per tali pompe di calore (Seasonal Performance Factor).

$\eta$  è il rapporto tra la produzione totale lorda di energia elettrica e il consumo di energia primaria per la produzione di tale energia, valore che per la realtà italiana attuale è considerato pari a 0,46 [12].

## 4.5 Azioni sugli utenti

A più riprese si è sottolineata l'importanza di ridurre l'impatto umano sull'ambiente. Ebbene, non solo è necessario che si comprenda il motivo che spinge a perseguire questo obiettivo, ma è fondamentale che ognuno ne diventi consapevole. Tutti gli sforzi scientifici, indirizzati a tale finalità, sono insufficienti se non preceduti da un'adeguata educazione e informazione. L'impressione è quella che i mezzi d'informazione tradizionali non dedichino un'adeguata attenzione al tema. Si sente spesso affermare che gli “ambientalisti”, gli “scienziati”, gli “esperti”, ecc. mettono in allarme per spaventose catastrofi ecologiche, che minacciano di volta in volta una nuova specie animale, lo spessore delle calotte polari o dei ghiacciai. Al contrario, ci si dimentica di porre l'accento sul rischio che corriamo noi esseri umani per la nostra salute. È molto raro che si tratti per più di un giorno di seguito del problema ambientale e soprattutto di come risolverlo. Se ci si occupasse con continuità e coerenza dell'argomento, ogni cittadino capirebbe che è necessario rendere sostenibile l'impatto umano sull'ambiente e che ci sono tantissimi modi per farlo senza stravolgere il proprio stile di vita. Klauss Toepfer, ex direttore

esecutivo dell'UNEP (Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente) ed in carica per due mandati consecutivi, sostiene che “bisogna rendere gli stili di vita sostenibili accattivanti”. Vale a dire che bisogna presentare alle persone la sostenibilità, come una scelta di vita forte e necessaria. Nella situazione odierna invece, la questione ambientale è un argomento spettacolare, da proporre all'occorrenza con cifre imponenti e scenari terrificanti.

Sono innumerevoli le modalità secondo cui si può intervenire, ma la più importante è sicuramente l'insegnamento del valore dell'ambiente naturale quale casa dell'uomo. La vita nelle città ha allontanato dagli occhi della popolazione il degrado provocato dall'abuso delle risorse naturali. Bisogna riavvicinare l'uomo alla natura di cui è parte attraverso l'educazione scolastica, un'informazione intelligente e una normativa adeguata. Senza questi primi tre passi consecutivi, sarà difficile percorrere molta strada nella direzione di uno sviluppo sostenibile.



## 5 Progettazione HVAC

Come già specificato in partenza, il progetto costruttivo dell'edificio in questione è stato sviluppato sulla base di un precedente progetto esecutivo. Per questa ragione e per altri vincoli tecnici alcune scelte progettuali sono state obbligatoriamente guidate da fattori esterni all'idealità. Nei paragrafi seguenti si andrà a descrivere il lavoro di progettazione dell'edificio pluripiano.

In conformità ai criteri energetici, funzionali ed ambientali sono state determinate la tipologia edilizia ed impiantistica dell'edificio, mai perdendo di vista la finalità principale che ogni progetto deve ricercare: il benessere ed il comfort degli utenti finali.

### 5.1 Caratteristiche generali dell'organismo edilizio

In questo paragrafo si va ad indicare i dati tecnici di riferimento su cui si andranno poi a dimensionare gli impianti di climatizzazione e le caratteristiche principali dell'involucro edilizio.

*Tabella 5.1: Condizioni termoigrometriche di progetto*

	Inverno	Estate
Temperatura esterna	-5°C	35°C
Umidità relativa esterna	90%	50%
Temperatura interna	20°C	26°C
Umidità relativa interna	45%	50%
Tolleranza temperatura	±1°C	
Tolleranza umidità relativa	±5%	

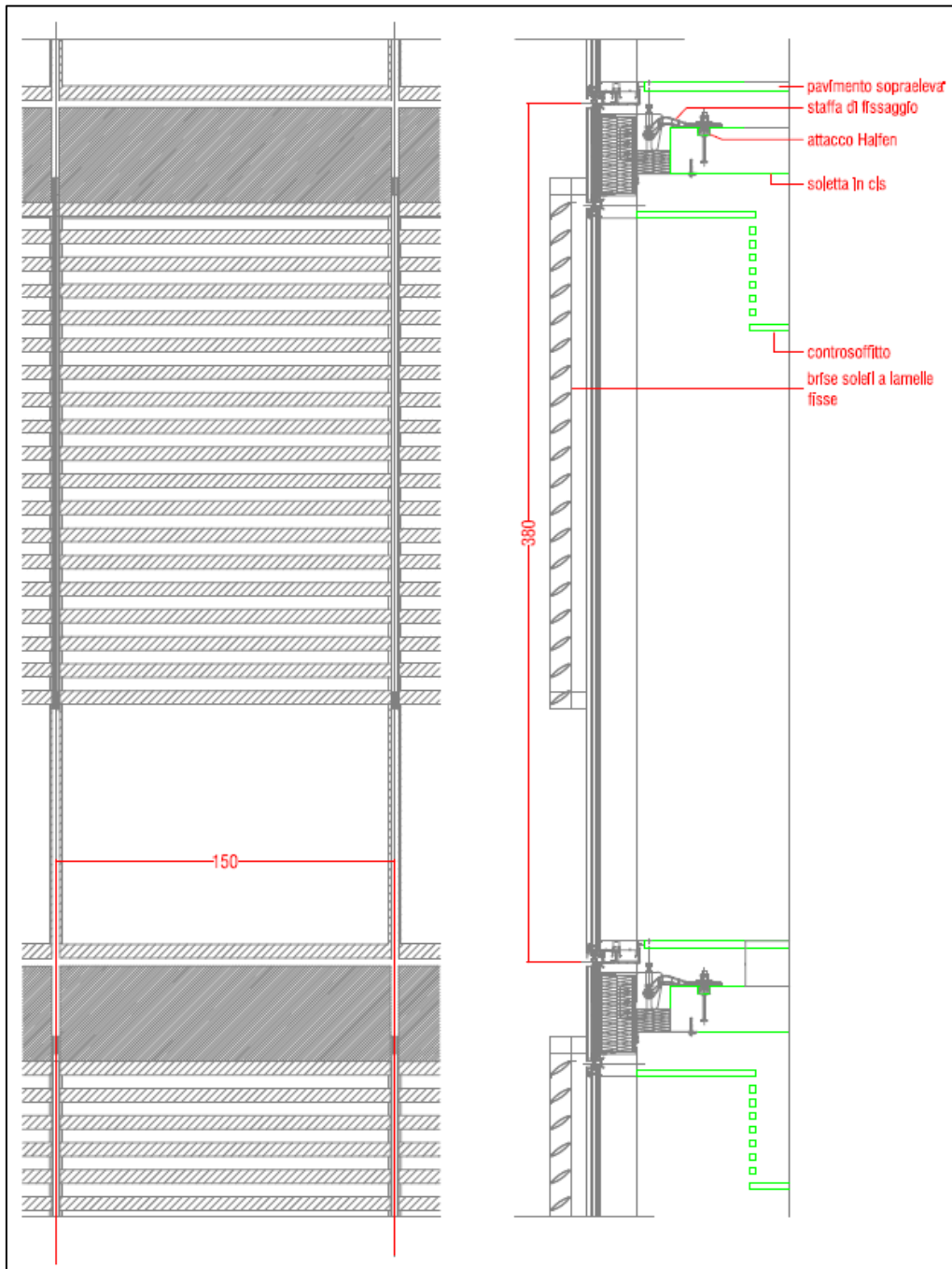
La struttura perimetrale dell'edificio B è composta da facciate vetrate continue composte da moduli da 1,5 metri di larghezza e 3,8 metri di altezza, con parti vetrate in vetro extrachiario, dotati di brise soleil a lamelle fisse per poter sfruttare la radiazione solare nella stagione invernale e garantire un fattore schermante superiore al 70% nella stagione estiva.

Le caratteristiche termiche delle facciate vetrate dovranno essere le seguenti:

- Vetrocamera basso emissivo caricato con Argon
- Trasmittanza vetrocamera:  $U_g \leq 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Trasmittanza telaio vetrocamera:  $U_f \leq 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Trasmittanza media facciata continua (vetro+telaio) secondo UNI EN ISO 10077/2002:  $U_w \leq 1,25 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Permeabilità all'aria secondo UNI EN 1026/2001: Classe 4
- Resistenza acustica del serramento in opera:  $R'_w \geq 43 \text{ dB}$

- Fattore solare del vetro senza protezione solare:  $g = 60\%$
- Trasmissione luminosa:  $T_L \geq 79\%$

In figura 5.1, si riporta un particolare costruttivo del singolo modulo vetrato.



*Figura 5.1: Particolare relativo al modulo vetrato*



Come maggiore dettaglio, in tabella 5.2 si va ad indicare ulteriori dati tecnici di progetto:

*Tabella 5.2: Dati tecnici di riferimento*

Energia dissipata per illuminazione uffici	9 W/m <sup>2</sup>
Energia dissipata PC e macchine da ufficio	35 W/m <sup>2</sup>
Energia dissipata ingressi/atrio	10 W/m <sup>2</sup>
Indice di affollamento	0,12 persone/m <sup>2</sup>
Ricambi d'aria esterna ai sensi della UNI 10339	39,6 m <sup>3</sup> /h persona
Ventilazione meccanica servizi igienici ciechi	8 Vol/h
Funzionamento giornaliero impianti uffici	13 ore (E/I)
Funzionamento giornaliero impianti locali elettrici	24 ore (E/I)

## 5.2 Calcolo delle prestazioni dell'edificio

Per progettare l'impianto di un edificio bisogna innanzitutto valutare l'entità dei carichi termici e dell'energia dispersa dagli ambienti da climatizzare, in modo da poter calcolare la potenza che l'impianto dovrà fornire per bilanciare tali dispersioni, nonché ricavare una stima dell'energia da spendere per poter riscaldare e raffrescare gli ambienti dell'edificio. Solo dopo aver ricavato tali dati si potrà procedere alla scelta e al dimensionamento dei componenti che comporranno l'impianto di climatizzazione e la centrale termica.

La metodologia di calcolo usata dovrà garantire risultati conformi alle migliori regole tecniche. Quando si ipotizza il comportamento teorico di un edificio si fa inevitabilmente riferimento ad un modello di calcolo. Le semplificazioni necessarie per rendere possibile la simulazione determinano ovviamente degli errori, tanto più piccoli quanto più complesso è il modello. Spesso si fa riferimento a metodi di analisi in regime stazionario, che permettono di valutare le prestazioni dell'involucro di un edificio, con precisione adatta ai soli scopi progettuali preliminari. Il regime stazionario, infatti, si basa su condizioni medie che si ipotizza possano rappresentare il risultato degli scambi termici in un certo periodo ed ha il limite di trascurare i fenomeni dovuti alle oscillazioni dei parametri climatici, principalmente la temperatura e la radiazione solare. Pertanto in condizioni di regime stazionario non è possibile considerare gli apporti solari e l'inerzia termica in maniera rigorosa, in modo particolare quando si considera il periodo estivo in cui i valori di radiazione solare ed escursione termica sono molto più accentuati.

Il calcolo delle prestazioni dell'edificio in oggetto è stato eseguito da un LEED TM (Team Management) in fase di progetto esecutivo, mentre per quanto riguarda il presente lavoro, sono state effettuate delle simulazioni in regime

dinamico dell'edificio per poter svolgere delle analisi parametriche sui componenti del complesso edilizio. Queste simulazioni sono state eseguite con il programma di calcolo EC601, della Edilclima, e verranno presentate nel capitolo 7 insieme ai relativi risultati.

### **5.3 Valutazione della tipologia impiantistica**

Come si è già sottolineato nei capitoli precedenti, il riscaldamento degli ambienti rappresenta la maggiore domanda di energia presente nell'edificio (circa i 2/3 del totale). Per questa ragione è importante utilizzare una tipologia di impianto che massimizzi il rendimento e garantisca il comfort ambientale.

La scelta della tipologia impiantistica è la fase più delicata ed impegnativa di tutto l'iter progettuale [13]. E' proprio in questa fase che il progettista deve decidere come realizzare l'impianto. Qualche esempio può chiarire quanto si vuole evidenziare. Un impianto, ad esempio dedicato al solo riscaldamento, si può realizzare in più modi:

- con radiatori;
- con termoconvettori;
- ad aria calda (con distribuzione dell'aria mediante canali e bocchette di mandata);
- a pavimento (pavimento radiante).

La distribuzione dell'acqua calda può essere effettuata in diversi modi, ad esempio:

- a collettori complanari;
- con distribuzione monotubo;
- con distribuzione bitubo.

La scelta dei generatori di calore è quanto mai varia e lo stesso si deve dire per i componenti d'impianto. Le cose si complicano ulteriormente per gli impianti di climatizzazione estiva, per i quali si hanno almeno tre tipologie:

- ad aria;
- ad acqua;
- misti, con aria primaria.

In definitiva questa fase è la più delicata ed impegnativa e fortemente dipendente dall'esperienza del progettista. Inoltre la scelta impiantistica è spesso dipendente, si può anche dire fortemente dipendente, dall'architettura dell'edificio. Si hanno spesso, infatti, condizionamenti di vario tipo che rendono difficile la progettazione degli impianti e la vita degli impiantisti. Ad esempio spesso non si sa dove inserire gli impianti perché mancano gli spazi dei locali tecnici o non si hanno cavetti tecnici per il passaggio delle tubazioni e, ancor più, non si hanno spazi sufficienti per il passaggio dei canali che sono molto più ingombranti delle tubazioni.

Un impianto termotecnico è composto da tre sezioni sinergiche: produzione dell'energia, trasporto dell'energia, scambio di energia in ambiente. Dunque la scelta della tipologia impiantistica deve tenere conto di ciascuna di queste sezioni. Si osservi che ogni scelta effettuata in questa fase condiziona lo sviluppo delle fasi successive e non sempre è possibile cambiare in corso d'opera le scelte fatte. Si tenga presente, inoltre, che la scelta della tipologia impiantistica non è solo dettata da esigenze funzionali ma anche dalla richiesta di efficienza energetica, nonché da vincoli economici.

### 5.3.1 Sistemi LowEx

Una soluzione sempre più diffusa è quella dei LowEx Systems [14]. Nell'Annex 37 della IEA, la definizione data per LowEx Systems è: "Sistemi di riscaldamento o raffreddamento che permettono di utilizzare energia di basso valore come fonte di energia". Nella teoria il concetto di exergia di un sistema discende dal "Il principio della termodinamica" e rappresenta il massimo lavoro meccanico che può essere estratto da tale sistema quando lo si porta in equilibrio con l'ambiente di riferimento (che si ipotizza mantenga temperatura, pressione, composizione chimica costante durante il processo). In sintesi, l'exergia di un sistema è il massimo lavoro ottenibile dall'interazione sistema-ambiente circostante.

In pratica l'approccio exergetico, o di secondo principio, ha per oggetto il confronto del valore reale dell'energia in funzione della sua possibile conversione in lavoro.

Senza entrare nel merito delle considerazioni teoriche è evidente che l'energia presente in 1 kg di acqua a 43°C ha un valore diverso dall'energia elettrica immagazzinata in una batteria. Infatti, quest'ultima può essere agevolmente convertita nella prima, ma non viceversa (figura 5.2).

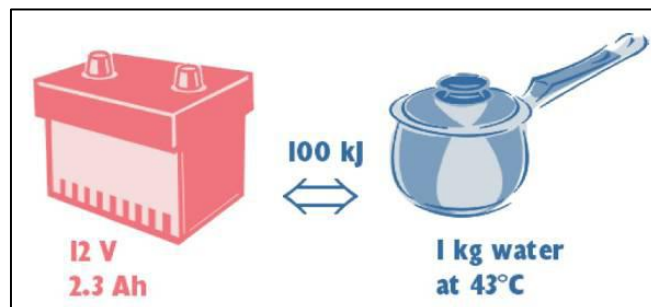


Figura 5.2: Confronto tra diversi contenuti exergetici

L'energia elettrica in generale può essere facilmente utilizzata per diversi scopi, mentre l'energia termica, soprattutto se a bassa temperatura, ha un valore di trasformazione molto ridotto. Per questa ragione è conveniente utilizzare energia a basso valore exergetico per mantenere un ambiente alla temperatura di 20°C. Quando si utilizza un combustibile o l'energia elettrica per la produzione diretta di calore si raggiungono temperature molto elevate alla fonte. Riducendo questa temperatura per consentirne l'utilizzo domestico, si ha una forte perdita di exergia disponibile. Un esempio per sfruttare al meglio un combustibile, sia fossile che da biomassa, è la cogenerazione. In questo processo l'elevato contenuto di exergia viene mantenuto con la produzione simultanea di potenza elettrica e di energia termica a bassa temperatura per il riscaldamento.

Analogamente una pompa di calore sfrutta l'energia elettrica per sottrarre energia da una fonte energetica a bassa temperatura e fornirla ad un fluido termovettore a temperatura maggiore. In base al COP (Coefficient Of Performance) della pompa di calore si può ottenere energia termica che va da 2 a 5 volte l'energia elettrica spesa, contrariamente a quanto avviene in un boiler elettrico dove la conversione è unitaria.

Per queste considerazioni, occorre progettare un sistema di riscaldamento e/o raffrescamento in grado di sfruttare energia termica a bassa e/o alta temperatura. Nel corso di questo progetto si è scelto di affidare la produzione dell'energia a 2 pompe di calore polivalenti automatiche aria-acqua. Ogni pompa di calore sarà completa di due pompe a portata costante, una delle quali è di riserva, per la circolazione del circuito primario acqua calda e acqua refrigerata. I fluidi primari circoleranno fino ai serbatoi inerziali di disgiunzione posti nella centrale in copertura.

Le due polivalenti sono identiche (modello ERACS2-Q/XL-CA-E 2622 della Climaveneta) e ognuna fornisce una potenza frigorifera di 631 kW ed una potenza termica in riscaldamento di 643 kW, a fronte di un assorbimento elettrico massimo pari a 164,5 kW. La sigla "XL-CA-E" indica un'esclusiva versione Premium della serie ERACS2-Q, super silenziosa e che eccede la Classe A di efficienza secondo Eurovent. Prevede, infatti, isolamento acustico dedicato per il vano compressori, rivestimento delle tubazioni e ridotta velocità di rotazione dei ventilatori. Questo consente la minimizzazione delle emissioni acustiche, nonché valori di EER maggiori di 3,1 e COP maggiori di 3,5 (alle condizioni standard riferite a chiller e pompa di calore rispettivamente).

Il fluido refrigerante utilizzato dalle macchine è l'R134a e sono in grado di produrre contemporaneamente acqua calda e refrigerata in ogni condizione ambientale esterna, con limite di funzionamento invernale garantito fino a -10°C e limite estivo garantito fino a 46°C.

Nella pagina successiva, in figura 5.3, viene presentata un'immagine relativa alle pompe di calore polivalenti appena descritte.



*Figura 5.3: Pompa di calore polivalente Climaveneta*

### **5.3.2 Impianti a radiatori**

I radiatori sono corpi scaldanti (ad elementi, a piastra, a tubi o a lamelle) che cedono calore per convezione naturale ed irraggiamento [15]. In base al materiale con cui sono costruiti, i radiatori possono essere suddivisi nei tipi: in ghisa, in acciaio e in alluminio (puro o in lega).

Nell'edificio B si è scelto d'installare radiatori del tipo termoarredo all'interno dei servizi igienici, alimentati però con fluido a bassa temperatura (mandata a 45°C, con salto termico 5°C). I radiatori saranno in acciaio di tipo tubolare con le seguenti caratteristiche tecnico-costruttive:

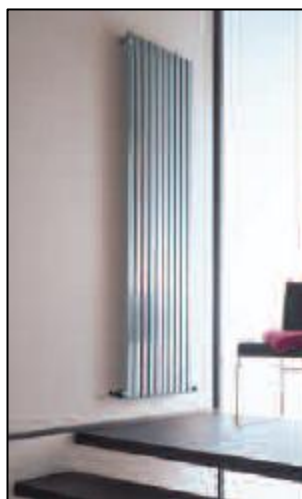
- Tubi in lamiera d'acciaio di sezione ovale 50x10 mm
- Collettori a sezione circolare di diametro 30 mm
- Temperatura massima d'esercizio 95°C
- Pressione massima d'esercizio 4 bar

La potenza termica scambiata da un radiatore (o da un suo elemento) con l'ambiente è quasi sempre fornita dal costruttore e dipende dalla temperatura media del fluido termovettore che l'attraversa. Si riporta di seguito una tabella

ed un'immagine (tabella 5.3 e figura 5.4) in cui viene indicata la potenza termica fornita da un singolo elemento del radiatore scelto per il presente progetto, in funzione della differenza ( $\Delta T$ ) tra la temperatura media del fluido e la temperatura ambiente.

*Tabella 5.3: Dati relativi all'installazione verticale del radiatore*

MOD.	Capacità [l]	Potenza termica [W]			Esponente n
		$\Delta T = 50^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$	$\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$	
1520	0,49	92,4	69,0	47,4	1,306
1820	0,70	109,9	82,2	56,5	1,302
2020	0,77	121,6	91,0	62,6	1,300
2220	0,84	133,5	99,9	68,8	1,297



*Figura 5.4: Radiatore Piano Verticale, marca Irsap*

Nell'ultima colonna della tabella si può notare un valore di esponente n, che serve per calcolare la potenza termica resa dal radiatore per valori di  $\Delta T$  differenti da quelli forniti in tabella attraverso seguente la formula:

$$Q = Q_N \cdot \left( \frac{\Delta T}{50} \right)^n \quad (5.3)$$

dove:

Q è la potenza termica resa dal radiatore per il valore di  $\Delta T$  utilizzato

$Q_N$  è la potenza termica resa dal radiatore per un  $\Delta T = 50^\circ\text{C}$   
 $n$  è il valore dell'esponente che si trova in tabella

Nel caso in oggetto, avendo un  $\Delta T$  pari a  $22,5^\circ\text{C}$ , si ottiene una potenza termica di  $43,1 \text{ W/elemento}$ . Essendo i valori di potenza riferiti ad un elemento singolo del radiatore, bisogna scegliere il numero di elementi necessari per comporre la potenza richiesta al fine di soddisfare i carichi degli ambienti.

### 5.3.3 Impianti Aria primaria & fancoils

I fancoils o ventilconvettori sono terminali che cedono o sottraggono calore all'ambiente per convezione forzata. Sono costituiti essenzialmente da:

- una o due batterie alettate di scambio termico
- uno o due ventilatori centrifughi o tangenziali
- un filtro dell'aria
- una bacinella di raccolta condensa
- un involucro di contenimento.

Si utilizzano per riscaldare e raffreddare abitazioni, uffici, sale di riunione, alberghi, ospedali, laboratori.

I ventilconvettori possono essere classificati secondo i seguenti criteri:

- in base al luogo di messa in opera: a pavimento, a parete, a controsoffitto, a soffitto;
- secondo il tipo di protezione: con mobiletto, ad incasso;
- in base alla posizione del ventilatore: sulla mandata (il ventilatore invia aria alla batteria), sull'aspirazione (il ventilatore aspira aria dalla batteria);
- in relazione alle caratteristiche del flusso d'aria: a percorso libero, a percorso canalizzato;
- in base al numero di batterie: a batteria singola (in impianti a 2 tubi), a doppia batteria (in impianti a 4 tubi, cioè in impianti in cui circola contemporaneamente sia il fluido caldo che il fluido freddo).

Una corretta scelta di questi terminali, richiede l'esame di diversi fattori, quali potenza termica e portata d'aria dei fancoils, temperatura di uscita dell'aria, livello sonoro.

In locali medio-grandi è consigliabile suddividere la potenza termica richiesta su più terminali. Potenze termiche troppo concentrate possono, infatti, determinare temperature interne non uniformi. Per garantire una buona distribuzione del calore è bene, inoltre, che la portata d'aria dei ventilconvettori non sia inferiore a 3,5 volte il volume del locale da condizionare. È conveniente che, in fase di riscaldamento, la temperatura dell'aria in uscita dai ventilconvettori sia compresa tra  $35$  e  $50^\circ\text{C}$ . Tali valori consentono di raggiungere un buon

compromesso fra due esigenze diverse: evitare che le correnti d'aria, generate dai ventilconvettori stessi, possano provocare sensazioni di freddo e impedire il formarsi di una forte stratificazione dell'aria. Il rumore prodotto dai ventilconvettori, di norma riportato sulle relative specifiche tecniche, non deve superare il livello sonoro ammissibile nell'ambiente. Tale valore dipende essenzialmente dalla destinazione d'uso dei locali e può essere stabilito in base ai valori consigliati dalla letteratura tecnica.

Nel caso analizzato in questo lavoro è stato scelto di installare nel controsoffitto ventilconvettori canalizzabili, a due batterie, con ventilatore centrifugo, certificato EUROVENT. Si tratta di un prodotto di marca Sabiana, serie Carisma CRS33+2 (vedi figura 5.5), che prevede una batteria a 3 ranghi per il raffrescamento estivo ed una addizionale a 2 ranghi per il riscaldamento invernale.



*Figura 5.5: Ventilconvettore Sabiana Carisma Serie CRS*

Questo tipo di terminali richiede però un'importante manutenzione ordinaria perché si ha un elevato grado di sporco dovuto alla movimentazione dell'aria. Una corretta manutenzione dei ventilconvettori richiede le seguenti operazioni e verifiche:

- pulire i filtri, mediamente ogni mese, con un aspirapolvere o utilizzando detersivi neutri;
- sostituire i filtri almeno una volta all'anno;



- pulire le batterie con spazzola morbida o con getti d'aria compressa. La frequenza di queste operazioni dipende dal grado di pulizia dell'ambiente e dall'efficienza dei filtri;
- pulire la bacinella di raccolta condensa, ad ogni inizio della stagione estiva, rimuovendo eventuali occlusioni nella zona di drenaggio.

Questa tipologia di impianti può essere usata con aria primaria, che in questo caso viene inviata in condizioni neutre (18-20°C) e con condizioni di umidità opportune. L'aria primaria trattata dall'UTA (Unità di Trattamento dell'Aria) ha il compito di garantire il rinnovo fisiologico al fine di mantenere una corretta IAQ (Indoor Air Quality) e soddisfare il carico latente, mentre i fancoils sono dedicati all'annullamento del carico sensibile.

Nel presente progetto i ventilconvettori non trattano direttamente l'aria ripresa dall'ambiente interno, bensì la miscela tra questa e l'aria primaria mandata dall'UTA, miscelazione che avviene all'interno del plenum di aspirazione del singolo ventilconvettore.

Per garantire la flessibilità degli spazi di ogni singola unità immobiliare in relazione a possibili future suddivisioni, ogni fancoil sarà completo di una sonda di temperatura e di un regolatore per la gestione delle valvole della batteria calda e fredda, per la gestione delle velocità del ventilatore e per la gestione on-off del ventilatore stesso.

## **5.4 Dimensionamento degli impianti di distribuzione**

Lo scopo dell'impianto di distribuzione è quello di portare il fluido termovettore dalla sorgente di produzione, che nel caso in oggetto è rappresentata dalle polivalenti, ai terminali di emissione. L'aria primaria è trattata da 2 UTA in copertura e distribuita nei diversi piani ed ambienti attraverso una rete canalizzata, completa di serrande di chiusura e regolatori di portata ai piani.

Per quanto riguarda la rete idronica, partendo dagli ambienti e andando a ritroso fino alla centrale termica, si troveranno i seguenti componenti: i collettori posti nelle pareti all'interno dei servizi igienici, da dove partiranno gli stacchi dei radiatori, le cassette contabilizzatrici poste agli ingressi dei vari piani, la rete di tubazioni di mandata e ritorno del fluido termovettore che collegherà le utenze al generatore posto in centrale termica e la pompa di circolazione che fornirà la prevalenza necessaria all'impianto per far giungere l'acqua calda e refrigerata alle utenze; il tutto sarà completato da valvole d'intercettazione, di regolazione e da altri accessori ausiliari. Quanto appena descritto andrà visto anche per la rete idrico-sanitaria.

## 5.4.1 La rete aeraulica

Come già detto in precedenza, l'aria primaria viene trattata da due UTA, ognuna delle quali è dedicata ad una parte della planimetria dell'edificio (ricordando la suddivisione dei piani in due zone). Ognuna delle mandate e ripresa delle UTA si divide in 2 montanti in modo da riuscire a realizzare la distribuzione dell'aria ai piani grazie ai cavedi presenti nell'architettura dell'edificio. Ai piani i canali si snodano all'interno del controsoffitto, dove gli spazi sono ristretti, e per questo motivo si utilizzano canali di forma rettangolare e non circolare.

La rete delle canalizzazioni dell'aria è stata dimensionata in funzione di alcuni parametri prestabiliti in fase decisionale, che vengono di seguito riportati in tabella 5.4.

Tabella 5.4: Dati relativi al dimensionamento della rete aeraulica

1) Velocità dell'aria nelle canalizzazioni:		
- canali principali	5,0 ÷ 8,0	m/s
- canali secondari (bassa velocità)	2,5 ÷ 5,0	m/s
2) Perdite carico lineari:		
- canali principali	≤ 1	Pa/m
- canali secondari (bassa velocità)	≤ 0,8	Pa/m

Grazie ad un software di calcolo del marchio Edilclima, EC621 – Canali d'aria, è stato possibile predimensionare in modo moderatamente rapido la rete aeraulica, semplicemente disegnando il layout in 3D della rete (si riporta un esempio in figura 5.6) ed impostando i valori sopra descritti, nonché le accidentalità della rete (curve, tee, riduzioni e allargamenti, ecc.).

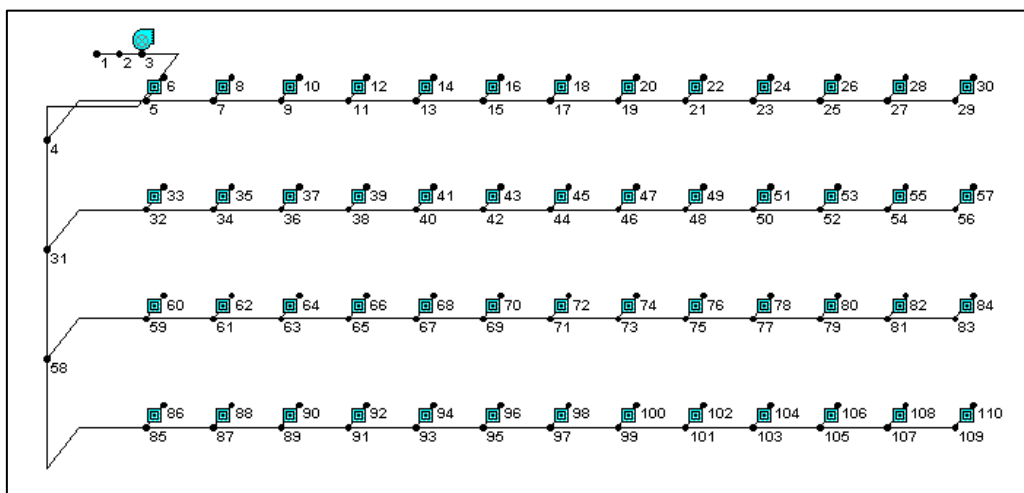


Figura 5.6: Screenshot dell'input grafico del programma di calcolo EC621

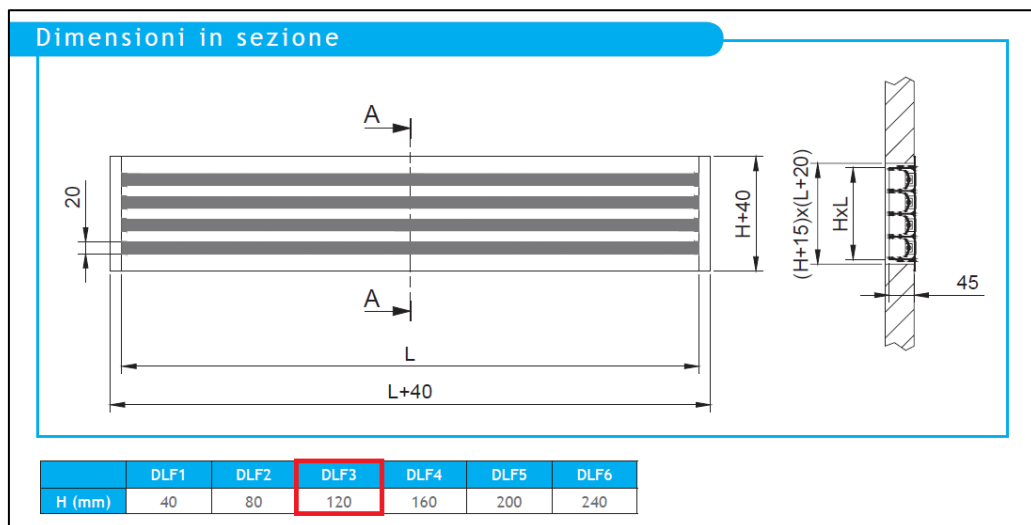
Subito dopo gli stacchi dai montanti, ad ogni piano è stata inserita una serranda di chiusura per poter escludere una zona dell'edificio, per esempio nell'ipotesi che non sia occupata, e successivamente un regolatore di portata per sistemi a portata costante di marca Tecnoventil.

I canali sono costruiti in conformità alle norme ASHRAE e SMACNA, realizzati in lamiera di acciaio zincata a caldo e lo spessore dell'isolante che riveste i canali è stato così previsto:

- 13 mm per i canali all'interno degli ambienti
- 32 mm per i montanti verticali all'interno dei cavedi
- 50 mm per i canali principali presenti in copertura

Il collegamento tra i ventilconvettori, i diffusori e la canalizzazione rigida è effettuato mediante canali a sezione circolare di tipo flessibile, realizzati da una doppia parete in alluminio rinforzata con film in poliestere, rivestimento termoisolante in lana di vetro, tessuto esterno antivapore in alluminio e poliestere.

Infine, il compito della diffusione e ripresa dell'aria in ambiente è affidato a diffusori lineari a feritoia in alluminio DLF3, di dimensione 1500x120 mm, marca Tecnoventil. Di seguito se ne può notare un particolare costruttivo.



*Figura 5.7: Particolare dei diffusori lineari a feritoia DLF Tecnoventil*

Si riporta in tabella 5.5 un esempio di calcolo delle perdite di carico di una parte del circuito aerulico ai fini del dimensionamento della prevalenza del ventilatore dell'UTA ad esso dedicato.

Tabella 5.5: Perdite di carico di una parte del circuito aeraulico di mandata

Ni	Nf	Portata Tratto [m³/h]	Dimensione [mm]	Lung. [m]	Somma accid.	Vel. [m/s]	DP1 [Pa/m]	ΔP lin. [Pa]	ΔP accid. [Pa]	ΔP boc. [Pa]	ΔP tratto (Pa)	ΔP nodo (Pa)
1	2	3228	450x400	1,0	0,00	5,0	0,66	1	0	0	1	1
2	3	3228	450x400	1,0	0,00	5,0	0,66	1	0	0	1	1
3	4	3228	450x400	8,0	1,17	5,0	0,66	5	17	0	23	24
4	5	578	300x150	6,2	9,48	3,6	0,90	6	72	0	78	102
5	6	107	150x150	1,1	0,00	1,3	0,21	0	0	23	23	125
5	7	472	300x150	3,2	0,00	2,9	0,62	2	0	0	2	104
7	8	102	150x150	1,1	0,00	1,3	0,20	0	0	21	21	125
7	9	370	300x150	3,0	0,00	2,3	0,40	1	0	0	1	105
9	10	99	150x150	1,1	0,00	1,2	0,19	0	0	20	20	125
4	11	2650	400x400	3,8	0,05	4,6	0,61	2	1	0	3	27
11	12	789	300x200	6,4	7,87	3,7	0,75	5	63	0	68	95
12	13	123	150x150	1,1	0,00	1,5	0,27	0	0	30	30	125
12	14	665	300x200	3,0	0,00	3,1	0,55	2	0	0	2	96
14	15	120	150x150	1,1	0,00	1,5	0,26	0	0	29	29	125
14	16	546	300x150	3,0	0,00	3,4	0,81	2	0	0	2	99
16	17	115	150x150	1,1	0,00	1,4	0,24	0	0	26	26	125
9	18	271	300x150	1,0	0,00	1,7	0,22	0	0	0	0	105
18	19	98	150x150	1,1	0,00	1,2	0,18	0	0	19	20	125
18	20	172	150x150	6,7	0,39	2,1	0,50	3	1	0	4	110
20	21	87	150x150	1,0	0,00	1,1	0,15	0	0	15	15	125
20	22	85	150x150	3,1	0,00	1,1	0,14	0	0	0	0	110
22	23	85	150x150	1,0	0,39	1,1	0,14	0	0	14	15	125
16	24	431	300x150	1,0	0,00	2,7	0,52	1	0	0	1	99
24	25	114	150x150	1,1	0,00	1,4	0,24	0	0	26	26	125
24	26	317	300x150	1,0	0,00	2,0	0,30	0	0	0	0	100
26	27	111	150x150	1,0	0,00	1,4	0,23	0	0	0	0	100
27	28	111	150x150	1,1	0,39	1,4	0,23	0	0	25	25	125
26	29	206	150x150	5,7	0,00	2,5	0,69	4	0	0	4	104
29	30	104	150x150	1,0	0,00	1,3	0,20	0	0	22	21	125
29	31	102	150x150	3,1	0,00	1,3	0,19	1	0	0	1	104
31	32	102	150x150	1,0	0,39	1,3	0,19	0	0	21	21	125
11	33	1861	400x300	3,8	0,05	4,3	0,65	2	1	0	3	30
33	34	790	300x200	6,4	7,50	3,7	0,75	5	60	0	65	95
34	35	123	150x150	1,1	0,00	1,5	0,27	0	0	30	30	125
34	36	666	300x200	3,0	0,00	3,1	0,55	2	0	0	2	97
36	37	120	150x150	1,1	0,00	1,5	0,26	0	0	29	28	125
36	38	546	300x150	3,0	0,00	3,4	0,81	2	0	0	2	99
38	39	115	150x150	1,1	0,00	1,4	0,24	0	0	26	26	125
38	40	431	300x150	1,0	0,00	2,7	0,52	1	0	0	1	100
40	41	114	150x150	1,1	0,00	1,4	0,24	0	0	26	25	125
40	42	318	300x150	1,0	0,00	2,0	0,30	0	0	0	0	100
42	43	112	150x150	1,0	0,00	1,4	0,23	0	0	0	0	100
43	44	112	150x150	1,1	0,39	1,4	0,23	0	0	25	25	125
42	45	206	150x150	5,7	0,00	2,5	0,69	4	0	0	4	104

45	46	104	150x150	1,0	0,00	1,3	0,20	0	0	22	21	125
45	47	102	150x150	3,1	0,00	1,3	0,19	1	0	0	1	104
47	48	102	150x150	1,0	0,39	1,3	0,19	0	0	21	21	125
33	49	1071	400x200	10,2	7,43	3,7	0,68	7	62	0	69	99
49	50	116	150x150	1,1	0,00	1,4	0,25	0	0	27	26	125
49	51	955	400x200	3,0	0,00	3,3	0,55	2	0	0	2	100
51	52	113	150x150	1,1	0,00	1,4	0,23	0	0	25	25	125
51	53	842	400x200	3,0	0,00	2,9	0,44	1	0	0	1	102
53	54	110	150x150	1,1	0,00	1,4	0,22	0	0	24	23	125
53	55	733	300x200	1,0	0,00	3,4	0,65	1	0	0	1	102
55	56	108	150x150	1,1	0,00	1,3	0,22	0	0	23	23	125
55	57	624	300x200	1,0	0,00	2,9	0,49	0	0	0	0	103
57	58	106	150x150	1,0	0,00	1,3	0,21	0	0	0	0	103
58	59	106	150x150	1,1	0,39	1,3	0,21	0	0	22	22	125
57	60	519	300x200	5,7	0,00	2,4	0,35	2	0	0	2	105
60	61	258	150x200	2,0	1,28	2,4	0,52	1	4	0	5	110
61	62	88	150x150	1,1	0,00	1,1	0,15	0	0	16	15	125
61	63	170	150x150	2,0	0,00	2,1	0,49	1	0	0	1	111
63	64	86	150x150	1,1	0,00	1,1	0,14	0	0	15	14	125
63	65	84	150x150	3,0	0,00	1,0	0,14	0	0	0	0	112
65	66	84	150x150	1,1	0,39	1,0	0,14	0	0	14	14	125
60	67	261	150x200	6,1	0,63	2,4	0,53	3	2	0	5	110
67	68	88	150x150	1,1	0,00	1,1	0,15	0	0	16	15	125
67	69	172	150x150	1,0	0,00	2,1	0,50	0	0	0	0	111
69	70	87	150x150	1,1	0,00	1,1	0,15	0	0	15	14	125
69	71	85	150x150	3,0	0,00	1,1	0,14	0	0	0	0	111
71	72	85	150x150	1,1	0,39	1,1	0,14	0	0	14	14	125

Si noti che, essendo il circuito bilanciato, tutti i tratti con perdita di carico pari a 125 Pa rappresentano il tratto finale che porta al diffusore dell'aria in ambiente; tale perdita di carico corrisponde alla prevalenza che dovrà essere fornita dal ventilatore.

## 5.4.2 La rete idronica

La rete di alimentazione dei fluidi di progetto è un rete a 4 tubi, in modo da poter soddisfare contemporaneamente sia i carichi positivi sia quelli negativi, nei momenti in cui saranno richiesti entrambi in diverse zone dell'edificio. La rete sarà realizzata con tubazioni in acciaio nero isolate con guaina isolante e rivestimento in lamina di alluminio, correnti all'interno del controsoffitto fino ai montanti verticali. Nel solo caso riguardante i servizi igienici si avrà un sistema a collettori del tipo MODUL, con distribuzione del fluido ai radiatori realizzata a pavimento, con tubazioni in rame ricotto.

Il dimensionamento di massima delle reti è stato eseguito valutando le portate in litri/ora da erogare a ogni nodo in funzione della potenza termica assorbita

dall'utenza e dal salto termico nominale fra mandata e ritorno. Successivamente si sono sommate le portate ai nodi della rete fino a raggiungere la portata massima che dovrà essere resa disponibile dalle pompe di circolazione. Sono stati utilizzati i grafici della Caleffi [16], riportati nelle seguenti figure 5.8 e 5.9, fissando come criteri di dimensionamento in linea di massima una perdita di carico tra i 100 ed i 200 Pa/m e una velocità del fluido compresa tra 0,5 e 1,5 m/s.

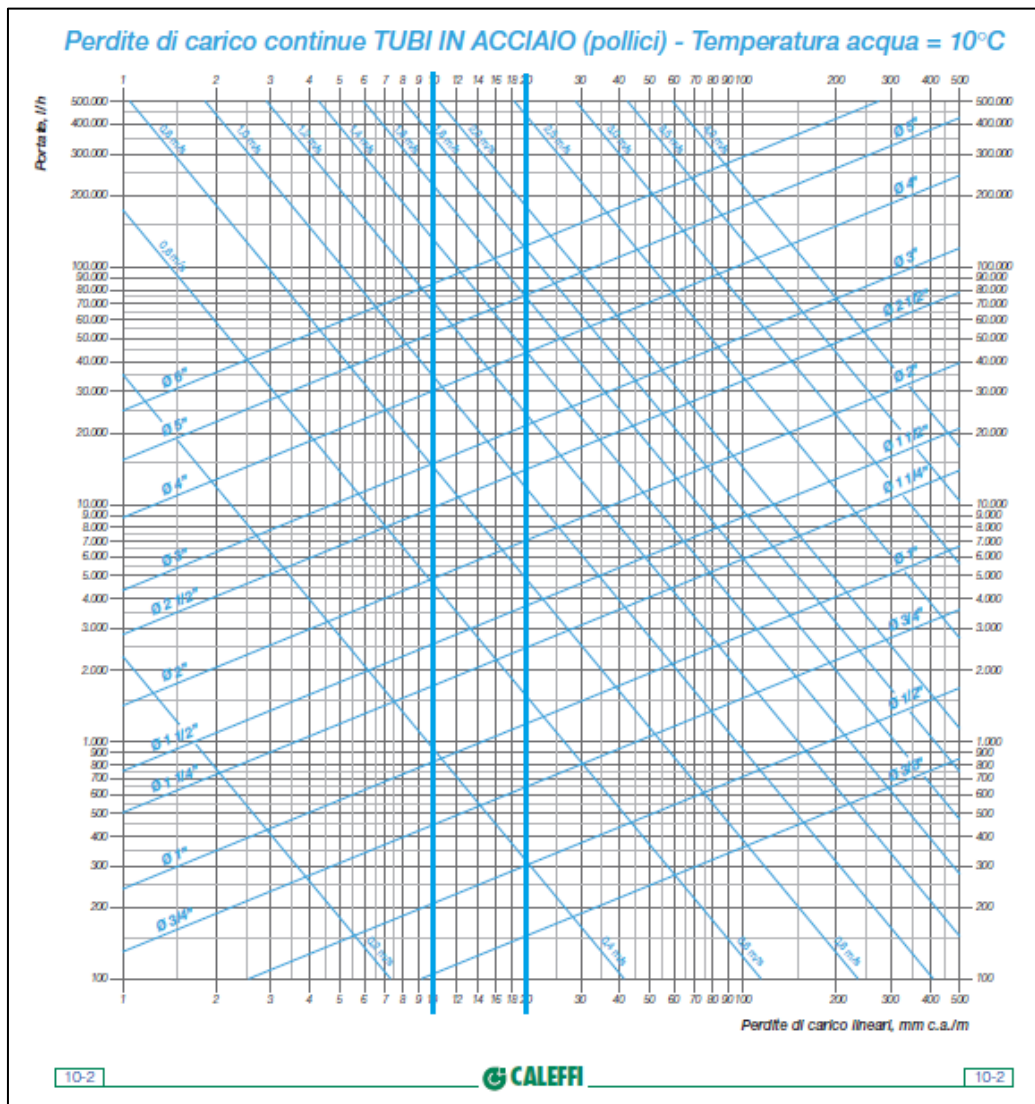
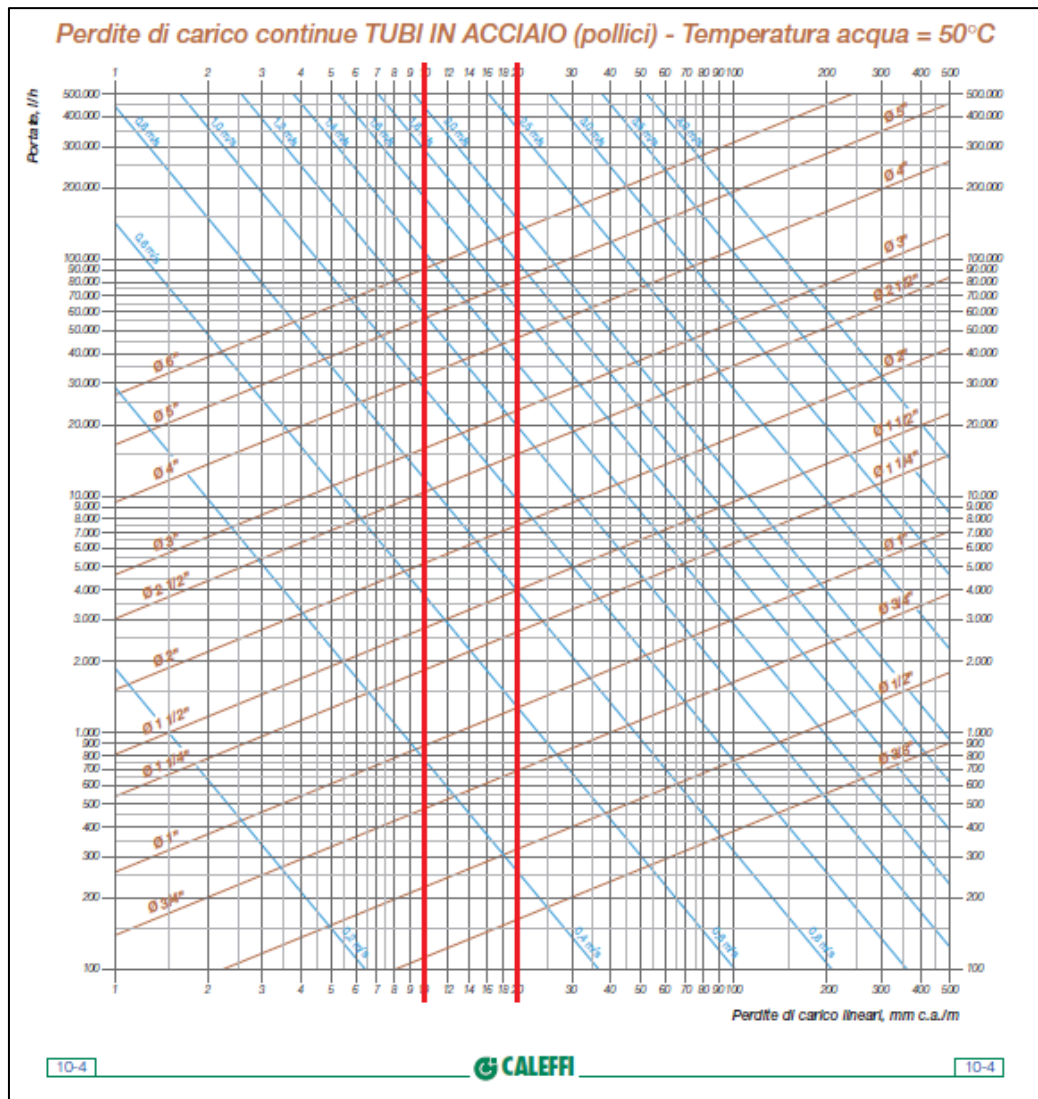


Figura 5.8: Diagramma Caleffi per il dimensionamento del diametro delle tubazioni per l'acqua refrigerata



*Figura 5.9: Diagramma Caleffi per il dimensionamento del diametro delle tubazioni per l'acqua calda*

Lo spessore dello strato di isolamento termico che riveste le tubazioni varia in funzione della temperatura del fluido trasportato, dell'ubicazione e delle dimensioni del diametro dei tratti di rete. Di seguito viene riportata la tabella 5.6, in cui si mostra con che criterio si è scelto di dimensionare tale spessore di isolante.

Tabella 5.6: Spessore isolamento termico tubazioni

<b>RETE CALDA</b>					
All'interno del controsoffitto			In copertura		
$\phi \geq 2''$	→	19 mm	$\phi \geq 2''$	→	30 mm
$1.1/4'' \leq \phi < 2''$	→	13 mm	$1.1/4'' \leq \phi < 2''$	→	25 mm
$\phi < 1.1/4''$	→	9 mm	$\phi < 1.1/4''$	→	20 mm
<b>RETE FREDDA</b>					
All'interno del controsoffitto			In copertura		
$\phi \geq 4''$	→	32 mm	$\phi \geq 4''$	→	32 mm
$2'' \leq \phi < 4''$	→	19 mm	$2'' \leq \phi < 4''$	→	19 mm
$\phi < 2''$	→	13 mm	$\phi < 2''$	→	13 mm

### 5.4.3 La rete idrico-sanitaria

La rete di distribuzione dell'acqua fredda e calda sanitaria, nonché del ricircolo sarà composta da tutte quelle tubazioni che, partendo dalla centrale termica, porteranno l'acqua ai piani ed alle diverse utenze finali. I collegamenti tra le apparecchiature della centrale idrica, e tutte le reti di distribuzione saranno eseguite con tubazioni di acciaio zincato senza saldatura, collegate con raccorderia di ghisa malleabile zincata e/o flange filettate e zincate. Tutte le tubazioni di distribuzione di acqua calda e fredda saranno rivestite inoltre con isolamento in guaina flessibile e le tubazioni poste in vista nelle centrali in copertura ed al piano interrato saranno rifinite con lamierino di alluminio.

In base al numero ed alla tipologia delle utenze presenti all'interno di ogni piano è stato eseguito il dimensionamento dei vari tratti della tubazione dell'acqua fredda e di quella calda e successivamente il dimensionamento dei tratti comuni. Tale dimensionamento è stato eseguito utilizzando il modello di calcolo proposto dalla norma UNI 9182, che riguarda gli impianti di alimentazione di acqua sanitaria. Il metodo tiene conto delle condizioni di esercizio più gravose, che si verificano in corrispondenza della portata massima contemporanea, il cui valore servirà al dimensionamento delle tubazioni e degli altri componenti della rete di distribuzione.

Il metodo utilizzato per calcolare la portata massima contemporanea è quello delle unità di carico [17]: un'unità di carico è quel valore che, assunto convenzionalmente, tiene conto della portata di ogni punto di erogazione, delle sue caratteristiche funzionali e dimensionali e della sua frequenza d'uso; ad ogni unità di carico corrisponde un valore di portata. Nella tabella 5.7 si riportano i valori di unità di carico assegnati dalla norma citata alle utenze che hanno riguardato il progetto in questione.



*Tabella 5.7: Unità di carico per edifici ad uso pubblico (alberghi, uffici, ecc.)*

APPARECCHIO	AFS	ACS	AFS+ACS
Lavabo	1,5	1,5	2
Vaso con cassetta	5	-	5
Doccia	3	3	4

I valori delle unità di carico totali, acqua fredda più acqua calda, verranno utilizzati per dimensionare la tubazione a monte del sistema di preparazione dell'acqua calda sanitaria. Per un determinato valore del numero di unità di carico ottenuto, la norma UNI 9182 fornisce le portate corrispondenti. Nella tabella seguente si riportano tali valori.

*Tabella 5.8: Determinazione della portata massima contemporanea con il metodo delle unità di carico*

Unità di carico	Portata [l/s]	Unità di carico	Portata [l/s]
6	0,30	120	3,65
8	0,40	140	3,90
10	0,50	160	4,25
12	0,60	180	4,60
14	0,68	200	4,95
16	0,78	225	5,35
18	0,85	250	5,75
20	0,93	275	6,10
25	1,13	300	6,45
30	1,30	400	7,80
35	1,46	500	9,00
40	1,62	600	10,00
50	1,90	700	11,00
60	2,20	800	11,90
70	2,40	900	12,90
80	2,65	1000	13,80
90	2,90	1250	15,50
100	3,15	1500	17,50

Nella norma si possono trovare le corrispondenti portate massime contemporanee anche per valori di unità di carico maggiori di quelli qui riportati, mentre per valori di unità di carico non presenti in tabella si ha la possibilità di calcolare i valori di portata corrispondenti attraverso un procedimento di interpolazione lineare.

#### 5.4.4 Scelta delle pompe

Una volta dimensionate tutte le reti delle tubazioni, bisogna scegliere la pompa di circolazione adatta. La funzione della pompa all'interno dell'impianto è quella di fornire al fluido l'energia occorrente per poter defluire nel circuito. La pompa dovrà fornire la quota di energia necessaria per vincere le perdite di carico del circuito. Quindi per poter dimensionare la pompa si è dovuto prima calcolare l'entità delle perdite di carico della rete di distribuzione, che si dividono in due: perdite di carico distribuite e localizzate.

Le perdite di carico distribuite sono state calcolate attraverso l'utilizzo dei diagrammi sopra presentati, da cui, noti i diametri e le portate in l/h, si è ricavato il valore della perdita di carico, in mm c.a./m, corrispondente ad ogni tratto di tubazione e lo si è quindi moltiplicato per la lunghezza del tratto corrispondente.

Le perdite di carico localizzate sono state valutate attraverso la seguente espressione:

$$\Delta p_{loc} = \frac{1}{2} \cdot \xi \cdot \rho \cdot w^2 \quad (5.4)$$

dove:

$\Delta p_{loc}$  è la perdita di carico localizzata in Pa

$\xi$  è il coefficiente di perdita localizzata (curve, riduzioni, tes, ecc.), preso da tabelle Caleffi in funzione della velocità del fluido nel tratto considerato

$\rho$  è la massa volumica del fluido (acqua: 1000 kg/m<sup>3</sup>)

$w$  è la velocità del fluido in m/s

Sommando tutte le perdite di carico si ottiene la prevalenza totale richiesta dall'impianto (un esempio è riportato in tabella 5.9), la quale dovrà essere fornita dalla pompa per consentire il corretto deflusso dell'acqua.

Nota la portata e la prevalenza si traccia la curva caratteristica dell'impianto, dopo di che si sceglie la specifica pompa con una curva caratteristica in grado d'intersecare la curva dell'impianto nel suo punto di funzionamento (portata/prevalenza).

Tabella 5.9: Calcolo perdite di carico e portate totali per la rete calda del circuito idronico

Piano	Tratto	DN	Portata	Perdita di carico lineare	Lunghezza tratto	Perdita di carico totale
			[m <sup>3</sup> /h]	[Pa/m]	[m]	[Pa]
PRIMO	A-B	3/4"	0,45	90	2,5	225
	Valvolame	3/4"				12,64
	Localizzate					38
	B-C	1"	0,45	30	6	180
	Localizzate					4,5
	C-D	1"	0,9	100	1	100
	Localizzate					12,1
	D-E	1.1/4"	0,9	25	4,7	117,5
	Localizzate					6,9
	E-F	1.1/4"	1,35	55	1,3	71,5
	Localizzate					15
	F-G	1.1/4"	1,8	100	7,1	710
	Localizzate					51
	G-H	1.1/4"	2,25	140	1,2	168
	Localizzate					27,5
	H-I	1.1/2"	2,25	70	3,6	252
	Localizzate					20
	I-J	1.1/2"	2,7	100	5,1	510
	Localizzate					30
	J-K	1.1/2"	3,15	120	11,7	1404
	Localizzate					73
	K-L	1.1/2"	3,6	170	4	680
	Localizzate					37,5
	L-M	2"	3,6	50	0,6	30
	Localizzate					22
	M-N	2"	4,05	60	6	360
	Localizzate					76
	N-O	2"	4,5	75	6	450
	Localizzate					30
	O-P	2"	4,95	90	6	540
	Localizzate					39
	P-Q	2"	5,4	110	6	660
	Localizzate					50
	Q-R	2"	5,85	130	6	780
	Localizzate					53
	R-S	2"	6,3	140	6	840
	Localizzate					65
	S-T	2"	6,75	160	6	960

Localizzate						69
T-U	2"	7,2	190	5		950
Localizzate						62
U-V	2.1/2"	7,2	50	1		50
Localizzate						28
V-W	2.1/2"	7,65	60	1,8		108
Localizzate						31
W-X	2.1/2"	8,1	65	4,2		273
Localizzate						38
X-Y	2.1/2"	8,55	70	6		420
Localizzate						42
Y-Z	2.1/2"	9	75	6		450
Localizzate						47
AA-AB	2.1/2"	9,45	85	1,1		93,5
Localizzate						50
AB-AC	2.1/2"	9,72	90	4,9		441
Localizzate						53
AC-AD	2.1/2"	10,17	95	6		570
Localizzate						56
AD-AE	2.1/2"	10,62	100	6		600
Localizzate						59
AE-AF	2.1/2"	11,07	110	6		660
Localizzate						62
AF-AG	2.1/2"	11,52	120	6		720
Localizzate						65
AG-AH	2.1/2"	11,97	130	6		780
Localizzate						69
AH-AI	2.1/2"	12,42	140	1,7		238
Localizzate						75
AI-AJ	2.1/2"	12,87	150	16		2400
Localizzate						138
Contabilizzatore						627,2
Localizzate						250
MONTANTE +1/+2	2.1/2"	13267	160	3,8		608
Localizzate						102
MONTANTE +2/+3	4"	26134	70	3,8		266
Localizzate						69
MONTANTE +3/+4	4"	39001	150	3,8		570
Localizzate						147
MONTANTE +4/+5	5"	50068	80	45		3600

	Localizzate					430
	TOTALE COPERTURA	6"	94709	110	7	770
	Localizzate					440
	FANCOIL					11000
<b>TOTALE PERDITE DI CARICO RAMO SFAVORITO [kPa]</b>						<b>38,28</b>
<b>PORTATA TOTALE [m<sup>3</sup>/h]</b>						<b>94,71</b>

Le pompe scelte per i vari circuiti del nostro progetto (fancoils caldo e freddo, UTA caldo, freddo e umidificatore, ACS e ricircolo) sono riportate nella tabella 5.10 seguente e, a titolo illustrativo, si riporta anche una figura relativa ad una delle pompe scelte.

*Tabella 5.10: Dati relativi alle elettropompe di progetto*

<b>Modello</b>	<b>Circuito</b>	<b>Portata [m<sup>3</sup>/h]</b>	<b>Prevalenza [kPa]</b>	<b>Potenza [kW]</b>	<b>Velocita'</b>
KSB Etaline Z 65-160/054.2	UTA freddo	28,5	40	0,5	Variabile
KSB Etaline Z 125-200/404.2	Fancoils freddo	112,7	76	4	Variabile
KSB Etaline Z 50-160/054.2	UTA caldo	34,2	41	0,5	Variabile
KSB Etaline Z 100-200/404.2	Fancoils Caldo	94,7	71	4	Variabile
KSB Trialine N Z 40-160/054	ACS	13	65	0,55	Costante
KSB Trialine N Z 32-200/074 - A/B	Ricircolo ACS	3,96	105	0,75	Costante
KSB Movitec VSF 2-6/B	Umidif. UTA	1	400	0,55	Variabile



*Figura 5.10: Pompa gemellare, marca KSB, serie Etaline*

## 6 Strategia di conseguimento LEED® classe Gold

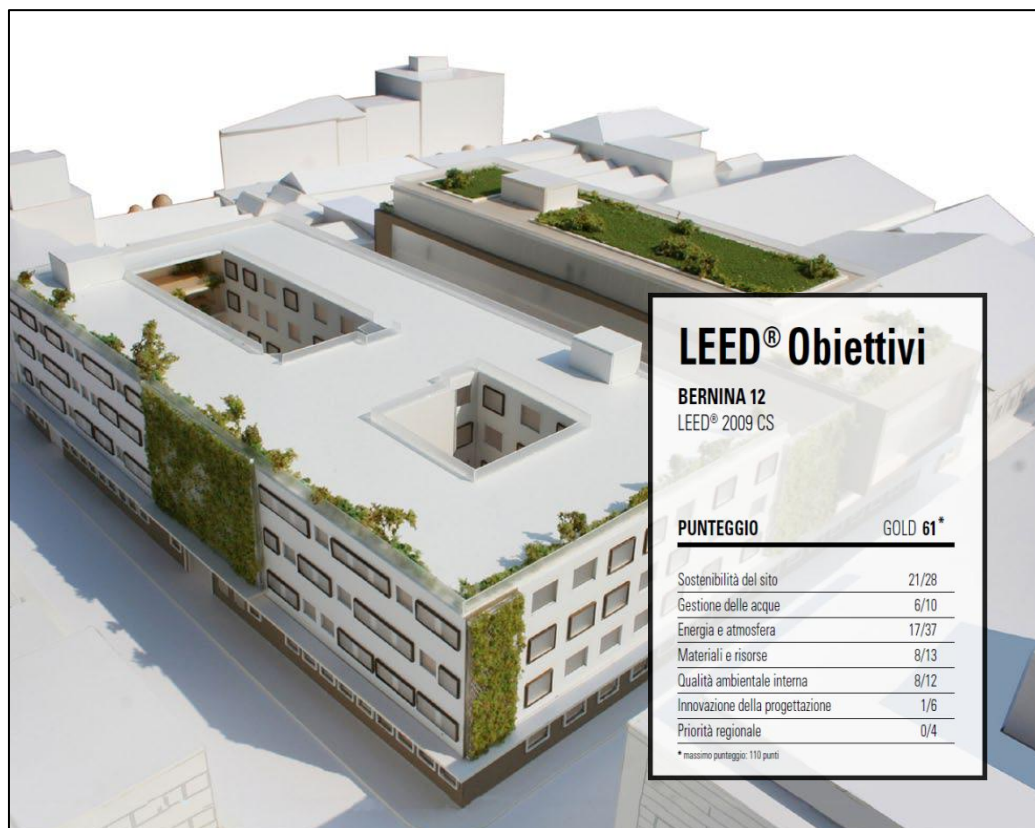



Figura 6.1: Panoramica dell'edificio in ottica LEED®

Tra i documenti relativi al progetto di cui si è parlato finora, vi è anche il capitolato prestazionale LEED®, nel quale sono descritte le caratteristiche minime che devono essere soddisfatte da lavorazioni, materiali e comportamenti affinché il progetto possa conseguire la certificazione LEED® prevista; questo documento, e tutti i suoi allegati, sono un documento di progetto contrattualmente rilevante per la costruzione dell'edificio. Contiene, infatti, i requisiti del Committente, nonché gli oneri e gli obblighi specifici che l'Appaltatore si impegna ad assumere al fine di ottenere la **Certificazione LEED® 2009 for Core & Shell** dell'edificio livello Gold, che la Committenza si è prefissata di raggiungere. Il Committente ha inoltre nominato un proprio LEED Team Manager, con funzioni di controllo e coordinamento delle attività connesse alla Certificazione LEED®, che possiede la qualifica di LEED AP (LEED Accredited Professional).

In allegato al capitolato è inserita la checklist LEED® 2009 for Core & Shell (differisce in alcuni dettagli dalla checklist presentata nel capitolo 2), che si

riporta di seguito, la quale è molto importante e serve per definire quali sono i crediti che si vogliono perseguire e valutare il livello di certificazione ottenibile.

Tabella 6.1: Checklist LEED® 2009 for Core & Shell per il progetto descritto

 <b>LEED 2009 for Core and Shell Development</b> Project Checklist			
<b>21</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>Sustainable Sites</b> <span style="float: right;">Possible Points: <b>28</b></span>
Y	?	N	d/C
<b>Y</b>			C Prereq 1 Construction Activity Pollution Prevention
<b>1</b>			d Credit 1 Site Selection 1
<b>5</b>			d Credit 2 Development Density and Community Connectivity 5
	<b>1</b>		d Credit 3 Brownfield Redevelopment 1
<b>6</b>			d Credit 4.1 Alternative Transportation—Public Transportation Access 6
<b>2</b>			d Credit 4.2 Alternative Transportation—Bicycle Storage and Changing Rooms 2
<b>3</b>			d Credit 4.3 Alternative Transportation—Low-Emitting and Fuel-Efficient Vehicles 3
<b>2</b>			d Credit 4.4 Alternative Transportation—Parking Capacity 2
		<b>1</b>	C Credit 5.1 Site Development—Protect or Restore Habitat 1
		<b>1</b>	d Credit 5.2 Site Development—Maximize Open Space 1
	<b>1</b>		d Credit 6.1 Stormwater Design—Quantity Control 1
	<b>1</b>		d Credit 6.2 Stormwater Design—Quality Control 1
	<b>1</b>		C Credit 7.1 Heat Island Effect—Non-roof 1
<b>1</b>			d Credit 7.2 Heat Island Effect—Roof 1
	<b>1</b>		d Credit 8 Light Pollution Reduction 1
<b>1</b>			d Credit 9 Tenant Design and Construction Guidelines 1
<b>6</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>Water Efficiency</b> <span style="float: right;">Possible Points: <b>10</b></span>
Y	?	N	
<b>Y</b>			d Prereq 1 Water Use Reduction—20% Reduction
<b>4</b>			d Credit 1 Water Efficient Landscaping 2 to 4
	<b>2</b>		d Credit 2 Innovative Wastewater Technologies 2
<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	d Credit 3 Water Use Reduction 2 to 4
<b>17</b>	<b>7</b>	<b>13</b>	<b>Energy and Atmosphere</b> <span style="float: right;">Possible Points: <b>37</b></span>
Y	?	N	
<b>Y</b>			C Prereq 1 Fundamental Commissioning of Building Energy Systems
<b>Y</b>			d Prereq 2 Minimum Energy Performance
<b>Y</b>			d Prereq 3 Fundamental Refrigerant Management
<b>7</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	d Credit 1 Optimize Energy Performance 3 to 21
	<b>4</b>		d Credit 2 On-Site Renewable Energy 4



	2		C	Credit 3	Enhanced Commissioning	2	
2			d	Credit 4	Enhanced Refrigerant Management	2	
3			d	Credit 5.1	Measurement and Verification—Base Building	3	
3			d	Credit 5.2	Measurement and Verification—Tenant Submetering	3	
2			C	Credit 6	Green Power	2	
8	3	2	<b>Materials and Resources</b>				Possible Points: 13
Y	?	N					
Y			d	Prereq 1	Storage and Collection of Recyclables		
4		1	C	Credit 1	Building Reuse—Maintain Existing Walls, Floors, and Roof	1 to 5	
1	1		C	Credit 2	Construction Waste Management	1 to 2	
		1	C	Credit 3	Materials Reuse	1	
1	1		C	Credit 4	Recycled Content	1 to 2	
1	1		C	Credit 5	Regional Materials	1 to 2	
1			C	Credit 6	Certified Wood	1	
8	2	2	<b>Indoor Environmental Quality</b>				Possible Points: 12
Y	?	N					
Y			d	Prereq 1	Minimum Indoor Air Quality Performance		
Y			d	Prereq 2	Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control		
		1	d	Credit 1	Outdoor Air Delivery Monitoring	1	
1			d	Credit 2	Increased Ventilation	1	
1			C	Credit 3	Construction Indoor Air Quality Management Plan—During Construction	1	
1			C	Credit 4.1	Low-Emitting Materials—Adhesives and Sealants	1	
1			C	Credit 4.2	Low-Emitting Materials—Paints and Coatings	1	
1			C	Credit 4.3	Low-Emitting Materials—Flooring Systems	1	
	1		C	Credit 4.4	Low-Emitting Materials—Composite Wood and Agrifiber Products	1	
		1	d	Credit 5	Indoor Chemical and Pollutant Source Control	1	
1			d	Credit 6	Controllability of Systems—Thermal Comfort	1	
1			d	Credit 7	Thermal Comfort—Design	1	
	1		d	Credit 8.1	Daylight and Views—Daylight	1	
1			d	Credit 8.2	Daylight and Views—Views	1	
1	2	3	<b>Innovation and Design Process</b>				Possible Points: 6
Y	?	N					
	1		d/C	Credit 1.1	Innovation in Design: Specific Title	1	
	1		d/C	Credit 1.2	Innovation in Design: Specific Title	1	
		1	d/C	Credit 1.3	Innovation in Design: Specific Title	1	
		1	d/C	Credit 1.4	Innovation in Design: Specific Title	1	
		1	d/C	Credit 1.5	Innovation in Design: Specific Title	1	
1			d/C	Credit 2	LEED Accredited Professional	1	

0	0	4	<b>Regional Priority Credits</b>		Possible Points:	<b>4</b>
Y	?	N				
		1	d/C	Credit 1.1	Regional Priority: Specific Credit	1
		1	d/C	Credit 1.2	Regional Priority: Specific Credit	1
		1	d/C	Credit 1.3	Regional Priority: Specific Credit	1
		1	d/C	Credit 1.4	Regional Priority: Specific Credit	1
<b>61</b>	<b>22</b>	<b>27</b>	<b>Total</b>		Possible Points:	<b>110</b>
Certified 40 to 49 points   Silver 50 to 59 points   Gold 60 to 79 points   Platinum 80 to 110						

È un documento in progress in quanto viene stilato in fase progettuale e aggiornato, se necessario, durante il processo di certificazione, previa approvazione del LEED TM. Nei prossimi paragrafi si analizzeranno i Prerequisiti da soddisfare ed i Crediti che sono stati perseguiti nel progetto, tralasciando i crediti che non sono stati perseguiti.

## 6.1 Sostenibilità del sito

*Prerequisito 1:* ai fini del soddisfacimento del Prerequisito 1 è necessaria l'elaborazione e gestione di un piano di controllo dell'inquinamento da attività di costruzione. Questo si concretizza nei seguenti oneri e obblighi:

- Produrre il piano per il controllo dell'erosione e della sedimentazione (ESC Plan: Erosion and Sediment Control Plan) sulla base del format fornito dal LEED TM; il piano individua le misure atte a prevenire l'erosione e la sedimentazione legata alle acque meteoriche, descrive il trattamento delle acque di dilavamento, descrive le operazioni di manutenzione, identifica il responsabile delle attività relative;
- Predisporre le misure previste e specificamente indicate nel piano;
- Rispettare e far rispettare dalle ditte subappaltatrici le misure previste nel ESC Plan;
- Nominare un responsabile per le ispezioni e verifiche delle misure per il controllo dell'erosione e della sedimentazione e per il piano di gestione della acque di dilavamento inclusi nel ESC Plan;
- Mantenere in efficienza gli impianti installati, eseguendo le attività previste dal ESC Plan, tra le quali sono comprese in particolare:
  - un'ispezione settimanale da parte del responsabile sullo stato di efficienza dei sistemi di controllo dell'erosione e della sedimentazione realizzati.
  - un'ispezione da parte del responsabile entro 24 ore da un evento meteorico significativo, sull'efficacia e sullo stato dei sistemi di controllo dell'erosione e della sedimentazione realizzati

- la messa in atto di eventuali misure correttive in caso quelle presenti non siano sufficienti, o i sistemi adottati abbiano subito danneggiamenti e diventino inefficaci, o il cantiere abbia subito modifiche che rendono inefficaci in parte o totalmente i sistemi adottati;
- L'Appaltatore deve modificare il piano ogni qualvolta vi sia un cambiamento nelle misure per il controllo dell'erosione e della sedimentazione e per la gestione delle acque meteoriche o nelle operazioni di manutenzione e deve riportare le eventuali azioni correttive nel resoconto delle ispezioni settimanali.

*Credito 1:* riguarda la selezione del sito. In particolare, durante il processo di selezione del sito, è necessario preferire aree che non includono elementi sensibili o siti considerati inappropriati. Bisogna scegliere per l'edificio una localizzazione idonea e progettarlo con la minima impronta per minimizzare il disturbo delle aree ambientalmente sensibili, come per esempio aree agricole, siti precedentemente non antropizzati, ecc.

*Credito 2:* riguarda la selezione del sito. In particolare, durante il processo di selezione del sito, è necessario preferire insediamenti urbani con accesso pedonale a molteplici servizi. In questo modo si indirizza lo sviluppo edilizio verso aree urbane dove sono già presenti servizi ed infrastrutture, proteggendo le aree verdi e preservando l'habitat e le risorse naturali.

*Credito 4.1:* per conseguire il punteggio relativo al Credito 4.1 è necessario eseguire un rilievo dei mezzi di trasporto utili ai futuri occupanti dell'edificio per identificarne le esigenze di mobilità e localizzare l'edificio vicino a sistemi di trasporto di massa. In questo modo si riduce l'inquinamento e l'impatto ambientale generati dal traffico automobilistico.

*Credito 4.2:* la finalità del Credito 4.2 è la stessa del credito precedente, ma per il suo conseguimento occorre progettare un edificio dotato di attrezzature per i mezzi di trasporto alternativi rappresentati dalle biciclette, quali portabiciclette, depositi e spogliatoi con docce.

*Credito 4.3:* prevede la fornitura di servizi di appoggio al trasporto come parcheggi preferenziali per i veicoli a bassa emissione e stazioni di rifornimento di carburante alternativo. Inoltre si deve considerare la possibilità che le stazioni di rifornimento siano utilizzabili anche dai vicini in modo da condividere costi e benefici.

*Credito 4.4:* riguarda il dimensionamento della capacità del parcheggio, la quale deve essere minimizzata in modo da non superare il valore minimo stabilito dalle prescrizioni degli strumenti urbanistici locali, e la previsione di parcheggi preferenziali per carpool/vanpool per il 10% del totale dei posti macchina previsti.

*Credito 7.2:* disciplina l'utilizzo dei materiali di copertura. In particolare occorre utilizzare materiali che abbiano un Indice di Riflessione Solare (SRI) maggiore

o uguale a 78 per un minimo del 75% della superficie complessiva della copertura.

$$\frac{\text{Area di copertura che soddisfa SRI}}{\text{Area totale di copertura}} \cdot \frac{\text{SRI della copertura}}{\text{SRI richiesto}} \geq 75\% \quad (6.1)$$

*Credito 9:* prevede la redazione di un capitolato di pilotage per i conduttori, che dia indicazioni sui criteri da adottare per il completamento dei lavori a loro carico, in modo da non inficiare la certificazione.

## 6.2 Gestione delle acque

*Prerequisito 1:* obbliga all'adozione di apparecchiature di erogazione dell'acqua che consentano un risparmio idrico del 20% rispetto al Baseline (edificio base di riferimento). Si può utilizzare rubinetteria standard tradizionale, con possibilità di funzionare a basse portate grazie all'ausilio di aeratori disponibili in commercio. Le cassette di cacciata devono poter essere tarate almeno a 6 litri/flusso.

*Credito 1:* per ottenere l'intero punteggio di questo credito è necessario azzerare l'utilizzo di acqua potabile per l'irrigazione. Si adotta un sistema di raccolta delle acque meteoriche con capacità tale da soddisfare l'intero fabbisogno annuo di acqua per irrigazione.

*Credito 2:* riguarda l'aumento dell'efficienza nell'uso dell'acqua attraverso l'adozione di apparecchiature di erogazione dell'acqua che consentano un risparmio idrico del 30% (2 punti) rispetto al Baseline (edificio base di riferimento). Si può utilizzare rubinetteria standard tradizionale, con possibilità di funzionare a basse portate grazie all'ausilio di aeratori disponibili in commercio. Le cassette di cacciata devono poter essere tarate almeno a 4,2 litri/flusso.

## 6.3 Energia e atmosfera

*Prerequisito 1:* necessita dell'adozione di un processo di Commissioning per i sistemi energetici dell'edificio; sono da sottoporre a Commissioning i seguenti impianti:

- Impianti di riscaldamento, ventilazione, aria condizionata e refrigerazione (HVAC&R) attivi e passivi nonché i sistemi di regolazione automatica e controllo ad essi associati;
- Sistemi di contabilizzazione dell'energia;

- Sistemi di controllo dell'illuminazione naturale e artificiale;
- Sistemi di produzione dell'acqua calda sanitaria;
- Impianti di produzione di energia rinnovabile;

Gli oneri e obblighi relativi al processo di Commissioning sono i seguenti:

- Nominare un responsabile per l'interfaccia con la CxA (Commissioning Authority);
- Inserire nei contratti di subappalto le condizioni richieste dal piano di Commissioning;
- Partecipare alle riunioni di Commissioning;
- Pianificare le attività in relazione alle attività di test previste nel piano di Commissioning, e fornire alla CxA il piano dei lavori per tutti gli impianti;
- Dare il supporto alle attività di test sugli impianti soggetti a Commissioning che saranno previste nel Piano di Commissioning, che comprende tre fasi: ispezione dell'installazione, test delle prestazioni, valutazione dei risultati;
- Far compilare dagli installatori degli impianti le liste di controllo (prestartup/startup/functional checklists) sulle attività di commissioning degli impianti previste nel Commissioning Plan;
- Estendere ai subappaltatori l'obbligo di supporto alle attività di test sugli impianti soggetti a Commissioning previste nel Piano di Commissioning;
- Estendere ai subappaltatori l'obbligo specifico di fornire il piano dei lavori per tutti gli impianti alla CxA;
- Eseguire le attività di Testing Adjustment and Balancing come richiesto nei documenti di appalto;
- Effettuare le sedute di formazione/informazione per gli addetti alla conduzione e manutenzione degli impianti e per gli utilizzatori.

*Prerequisito 2:* il protocollo LEED®, con EA Prerequisito 2, prevede delle prestazioni energetiche minime che l'edificio da certificare è tenuto a garantire. Per il calcolo delle suddette prestazioni propone inoltre due opzioni di calcolo distinte:

- OPZIONE 1: procedura semplificata per la determinazione della prestazione energetica dell'edificio;
- OPZIONE 2: simulazione energetica in regime dinamico dell'intero edificio.

La scelta dell'opzione di calcolo non è certo indifferente in quanto in EA Credito 1 il protocollo LEED® assegna da 1 a 19 punti all'edificio, in base al grado di ottimizzazione delle prestazioni energetiche, se quantificate con la seconda opzione di calcolo; viceversa, se il calcolo viene effettuato con l'opzione 1, i punti ottenibili sono solo da 1 a 3.

Si rimanda la trattazione delle due opzioni di calcolo ai paragrafi successivi (6.3.1 e 6.3.2). In fase di progetto è stata fatta la modellazione energetica in

regime dinamico dell'intero edificio in accordo allo standard ASHRAE 90.1, appendice G [18].

*Prerequisito 3:* questo prerequisito vieta l'utilizzo di refrigeranti a base di CFC (CloroFluoroCarburi) e di HCFC (IdroCloroFluoroCarburi) negli impianti di climatizzazione/refrigerazione ed obbliga ad eliminare gli Halons (idrocarburi alogenati) dagli impianti antincendio negli edifici esistenti. I fluidi refrigeranti CFC ed HCFC sono stati anche banditi dal commercio dal Protocollo di Montreal del 1990, a causa della loro azione di distruzione dell'ozono stratosferico.

*Credito 1:* prevede il calcolo delle prestazioni energetiche dell'edificio, come si è già esplicitato per il Prerequisito 2, e verrà analizzato nei prossimi paragrafi.

*Credito 4:* riguarda l'adozione di apparecchiature di climatizzazione e refrigerazione che per tipologia e contenuto di fluido frigorigeno, nonché per livelli di trafileamento in funzionamento e a fine vita, soddisfino il requisito  $LCGWP \leq 13$ , come definito nelle linee guida LEED® Italia 2009 NC:

$$LCGWP = \frac{[GWP_r \cdot (L_r \cdot Life + M_r) \cdot R_c]}{Life} \quad (6.2)$$

dove:

LCGWP	(Lifecycle Global Warming Potential) è il potenziale di riscaldamento globale nel ciclo di vita [ $\text{kgCO}_2/(\text{kW} \cdot \text{anno})$ ]
$GWP_r$	(Global Warming Potential of Refrigerant) è il potenziale di riscaldamento globale del refrigerante (da 0 a 12.000 $\text{kgCO}_2/\text{kg}$ di refrigerante)
$L_r$	(Refrigerant Leakage Rate) è la perdita annua percentuale di refrigerante (da 0,5% a 2%)
$M_r$	(End of Life Refrigerant Loss) sono le perdite di refrigerante a fine vita (da 2% a 10%)
$R_c$	(Refrigerant Charge) è la carica del refrigerante (da 0,065 a 0,65 $\text{kg}$ di refrigerante per $\text{kW}$ di potenza frigorifera alle condizioni standard EUROVENT)
Life	è la vita utile delle apparecchiature (si assume il valore di 10 anni)

*Credito 5.1:* riguarda l'adozione di un sistema di contabilizzazione dei principali consumi energetici dell'edificio, costituito da sottocontatori del sistema centralizzato. Occorre inoltre sviluppare un piano di misurazione e verifica dei consumi e adottare un piano correttivo nel caso in cui i risultati del piano di misurazione e verifica indichino che non sono stati raggiunti gli obiettivi energetici previsti.

*Credito 5.2:* prevede l'adozione di un sistema di contabilizzazione dei consumi singoli, contabilizzato centralmente. È inoltre necessario sviluppare un piano di

misurazione e verifica che documenti e informi i futuri conduttori dell'opportunità fornita da tale soluzione e dei metodi per ottenerne vantaggi. Anche in questo caso va adottato un piano correttivo qualora i risultati del piano di misurazione e verifica indicassero che non sono stati raggiunti gli obiettivi energetici previsti.

*Credito 6:* per il presente credito occorre stipulare un contratto di fornitura di energia da fonti rinnovabili, per almeno due anni, che copra almeno il 35% dei consumi elettrici stimati.

### 6.3.1 Procedura di calcolo semplificata

Ai fini del presente calcolo, per prestazione energetica dell'edificio il protocollo LEED® intende la somma dei fabbisogni di energia primaria per: climatizzazione invernale ed estiva, produzione di acqua calda sanitaria, illuminazione ed energia di processo (l'energia di processo rappresenta tutti i consumi di energia che non sono contenuti nelle precedenti voci, includendo a titolo indicativo apparecchiature per uffici e per uso generico, lavatrici ed asciugatrici, illuminazione non inclusa nell'ammontare della potenza elettrica per illuminazione ammissibile e altre voci di consumo, come ad esempio pompe per la movimentazione dell'acqua da giardino).

Le soglie di punteggio e le relative percentuali minime di miglioramento della prestazione energetica rispetto ai valori limite sono riportate nella seguente tabella:

*Tabella 6.2: Criteri di assegnazione punteggio EA Credito 1, attraverso il metodo di calcolo semplificato*

<b>EDIFICIO NUOVO</b>	<b>EDIFICIO ESISTENTE</b>	<b>PUNTI</b>
10%	5%	Prerequisito
15%	10%	1
20%	15%	2
≥25%	≥20%	3

La procedura di calcolo del valore percentuale di miglioramento della prestazione energetica dell'edificio rispetto ai valori minimi di riferimento secondo protocollo LEED® è la seguente:

- Calcolare gli indici di fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale ( $EP_i$ ) ed estiva ( $EP_e$ ) dell'edificio di progetto secondo norma UNI/TS 11300:2008 Parti 1, 2 e 3 con riferimento al calcolo in condizioni standard e i corrispondenti valori limite ( $EP_{i,lim}$  e

- $EP_{e,lim}$ ) in relazione alla destinazione d'uso, rapporto di forma e zona climatica, come indicato nelle norme stesse.
- Calcolare l'indice di fabbisogno di energia primaria per la produzione dell'acqua calda sanitaria (ACS) dell'edificio di progetto ( $EP_{acs}$ ), in relazione al sistema energetico proposto, facendo riferimento alla norma UNI/TS 11300-2:2008; determinare il valore limite dell'indice di fabbisogno di energia primaria per la produzione dell'acqua calda sanitaria ( $EP_{acs,lim}$ ) considerando il calcolo del quantitativo di ACS secondo UNI/TS 11300-2:2008, applicando i medesimi rendimenti di distribuzione e di erogazione dell'edificio di progetto e applicando un rendimento convenzionale di generazione pari all' 80%.
  - Calcolare l'indice di fabbisogno di energia primaria per l'illuminazione artificiale dell'edificio di progetto ( $EP_{ill}$ ) come rapporto tra il Lighting Energy Numeric Indicator (LENI) calcolato secondo UNI EN 15193:2008 e il rendimento del sistema elettrico nazionale ( $\eta_{el}$ ); determinare il valore limite dell'indice di fabbisogno di energia primaria per l'illuminazione artificiale ( $EP_{ill,lim}=LENI_{annexF}/\eta_{el}$ ) utilizzando il valore di LENI indicato dalla norma UNI EN 15193 all'interno della tabella contenuta nell'Annex F: Tab. F.1 "Benchmark default value", in relazione alla destinazione d'uso. Per quanto riguarda le residenze si faccia riferimento al valore convenzionale di LENI pari a 13 kWh/m<sup>2</sup> anno.
  - Calcolare il valore dell'indice di fabbisogno di energia primaria di processo dell'edificio ( $EP_{proc}$ ). L'energia di processo fa riferimento al fabbisogno energetico, come definito dallo Standard ASHRAE 90.1.2007. Il consumo di energia primaria per i carichi di processo è normalmente assunto pari al 25% della somma dei valori limite degli indici di fabbisogno di energia primaria.
  - Calcolare la produzione energetica degli impianti a fonte rinnovabile ( $EP_{rinn}$ ), espressa in energia primaria, in conformità con quanto stabilito in EA Credito 2. Nel calcolo degli altri indici di fabbisogno di energia primaria ( $EP_i$ ,  $EP_e$ ,  $EP_{acs}$ ,  $EP_{ill}$ ) occorre escludere il contributo delle fonti rinnovabili. La produzione energetica degli impianti da fonte rinnovabile deve essere considerata solo in questo indice ( $EP_{rinn}$ ).
  - Calcolare la riduzione percentuale di fabbisogno di energia primaria totale dell'edificio rispetto alla somma dei fabbisogni limite con la seguente espressione:

$$\left( 1 - \frac{EP_i + EP_e + EP_{acs} + EP_{ill} + EP_{proc} - EP_{rinn}}{EP_i + EP_e + EP_{acs} + EP_{ill} + EP_{proc}} \right) \cdot 100 \quad (6.3)$$



In ragione della riduzione percentuale così ottenuta si determina il punteggio conseguito in EA Credito 1.

### 6.3.2 Simulazione energetica in regime dinamico

Ai fini del conseguimento di EA Credito 1, bisogna dimostrare un miglioramento percentuale dell'indice di prestazione energetica dell'edificio di progetto, rispetto alla stima dei consumi di energia primaria del corrispondente edificio di riferimento. La stima dei consumi dell'edificio di riferimento deve essere fatta seguendo il Building Performance Rating Method riportato nell'appendice G della norma ANSI/ASHRAE 90.1-2007 (recentemente sostituita dalla successiva ASHRAE 90.1-2010) per mezzo di un modello di simulazione numerica dell'intero edificio. I punti sono assegnati in funzione dell'energia risparmiata per il funzionamento globale dell'edificio (simulazione energetica). Le soglie di punteggio con le relative percentuali di energia primaria risparmiata sono riportate nella tabella seguente:

*Tabella 6.3: Criteri di assegnazione punteggio EA Credito 1, attraverso la simulazione energetica dell'edificio in regime dinamico*

<b>EDIFICIO NUOVO</b>	<b>EDIFICIO ESISTENTE</b>	<b>PUNTI</b>
10%	5%	Prerequisito
12%	8%	3
14%	10%	4
16%	12%	5
18%	14%	6
20%	16%	7
22%	18%	8
24%	20%	9
26%	22%	10
28%	24%	11
30%	26%	12
32%	28%	13
34%	30%	14
36%	32%	15
38%	34%	16
40%	36%	17
42%	38%	18
44%	40%	19
46%	42%	20
48%	44%	21

L'appendice G della norma ASHRAE 90.1-2007 richiede che l'analisi energetica, eseguita secondo con il Building Performance Rating Method, includa tutti i consumi di energia previsti dal progetto e quelli ad esso associati. Per ottenere punti in questo credito attraverso questa opzione, il progetto dovrà rispettare sia le disposizioni obbligatorie di EA Prerequisito 2, quali le disposizioni obbligatorie della norma ASHRAE 90.1-2007, opportunamente modificate per l'adattamento alla realtà italiana (sezioni 5.4, 6.4 limitatamente agli impianti di ventilazione e condizionamento, 8.4, 9.4 e 10.4) e le disposizioni contenute nel D.Lgs. 192/2005 (come modificato ed integrato dal D.Lgs. 311/2006 e dal DPR 59/09), sia i seguenti punti:

- includere tutti i consumi di energia del progetto e quelli ad esso associati.
- Essere comparato con un edificio di riferimento, che rispetti i requisiti dell'appendice G della norma ASHRAE 90.1-2007, con alcune variazioni per l'adattamento alla realtà italiana. In particolare si richiede che l'edificio di riferimento rispetti i valori limite di trasmittanza elencati nei punti 2, 3 e 4 dell'Allegato C del D.Lgs. 192/2005 (come modificato ed integrato dal D.Lgs. 311/2006 e dal DPR 59/09). Nel caso di valori limite di indici di prestazione diversi tra l'appendice G della norma ASHRAE 90.1-2007 e la normativa nazionale italiana, deve essere selezionato il valore limite più restrittivo. Il consumo di energia primaria per i carichi di processo è normalmente assunto pari al 25% del consumo complessivo d'energia primaria dell'edificio di riferimento.

Per EA Credito 1, i carichi di processo devono essere identici nella valutazione dell'indice di prestazione sia dell'edificio di riferimento che dell'edificio di progetto proposto. Tuttavia, i progettisti possono seguire l'Exceptional Calculation Method (ASHRAE Standard 90.1-2007 G2.5) per documentare le misure adottate per la riduzione dei carichi di processo. La documentazione sulla riduzione dei carichi energetici di processo deve includere una lista delle ipotesi fatte sia per il progetto di riferimento che per l'edificio di progetto, e le informazioni teoriche o empiriche a supporto di tali ipotesi.

Il miglioramento percentuale totale (risparmio energetico) dell'edificio di progetto rispetto all'edificio di riferimento si calcola con l'equazione seguente:

$$\text{Miglioramento percentuale} = \left( 1 - \frac{\text{Performance dell'edificio nel caso di progetto}}{\text{Performance dell'edificio nel caso di riferimento}} \right) \quad (6.4)$$

## 6.4 Materiali e risorse

*Prerequisito 1:* per il suo soddisfacimento bisogna predisporre un'area facilmente accessibile all'intero edificio, appositamente dedicata alla raccolta e stoccaggio dei rifiuti, prodotti durante la gestione dell'edificio, da destinare al riciclo. Tra i rifiuti devono essere compresi come minimo carta, cartone, vetro, plastica e metalli.

*Credito 1:* riguarda il mantenimento delle strutture e dell'involucro dell'edificio esistente (inclusi i solai portanti e le coperture). In fase di progetto si è redatto disegni che mostrano la posizione dei componenti strutturali, muri esterni e tramezze, porte e finestre esterne, identificandoli per tipologia e computandone le quantità (per m<sup>2</sup> di superficie); per ciascuna tipologia è indicata la superficie esistente e la superficie di quelli di cui è previsto il mantenimento; travi e pilastri non vengono computati separatamente ma la loro superficie è considerata parte delle più ampie superfici a cui fungono da sostegno. I solai vengono computati in pianta. Questo credito, ovviamente, ha riguardato solamente l'edificio A in quanto oggetto di ristrutturazione.

*Credito 2:* per ottenere il punteggio relativo a questo credito occorre riciclare e/o recuperare i rifiuti non pericolosi derivanti dalle attività di costruzione e demolizione. Sviluppare e implementare inoltre un piano di gestione dei rifiuti di cantiere che identifichi i materiali da non conferire in discarica e se questi siano separati in loco in modo differenziato o meno. I calcoli possono essere fatti secondo il peso e il volume, mantenendo poi la stessa unità di misura per tutti i calcoli. La soglia percentuale minima di rifiuti da riciclare o recuperare per ogni punto è la seguente:

- 50% → 1 punto;
- 75% → 2 punti.

*Credito 4:* prevede l'acquisto di materiali con alto contenuto di riciclato pre o post consumo ed il calcolo, in valore sul costo totale dei materiali da costruzione permanentemente inseriti nell'edificio, della percentuale del contenuto di riciclato in rapporto al valore complessivo dei materiali da costruzione impiegati (il contenuto di riciclato pre-consumo vale la metà rispetto al valore di post-consumo), con l'obiettivo di raggiungere almeno il 10% (1 punto). Componenti meccaniche, elettriche ed idrauliche, e speciali articoli quali ascensori e impianti sono esclusi da questo calcolo. Si considerano solo i materiali permanentemente installati nel progetto.

Si considera come costo totale dei materiali la percentuale del 45% del costo totale di costruzione, stabilito come valore predefinito del costo dei materiali del progetto secondo le voci appartenenti al Construction Specification Institute (CSI) Master Format (2004 Edition) divisions 03-10, 31.60.00, 32.10.00 32.30.00 e 32.90.00.

In alternativa si determina il reale costo dei materiali attraverso la redazione del CME (Computo Metrico Estimativo) o documento similare indicando le voci appartenenti al Construction Specification Institute (CSI) Master Format (2004 Edition) divisions 03-10, 31.60.00, 32.10.00 32.30.00 e 32.90.00.

*Credito 5:* riguarda l'acquisto di materiali provenienti da ambito definito regionale dal rating LEED 2009 Core & Shell USGBC, cioè che siano stati estratti, lavorati e manufatti entro un'area di raggio 800 km, avente come centro il sito di costruzione, per un ammontare minimo del 10% sui costi (1 punto).

*Credito 6:* ai fini del conseguimento del punteggio relativo a questo credito l'appaltatore deve utilizzare almeno il 50% del legno (calcolo basato sui costi) di tipo certificato.

## **6.5 Qualità ambientale interna (IAQ)**

*Prerequisito 1:* per tutti i progetti aventi spazi ventilati naturalmente o meccanicamente questo prerequisito obbliga ad assicurare almeno le portate di ventilazione indicate nella UNI EN 15251, con riferimento alla classe II. Per gli edifici non residenziali si deve fare riferimento alla categoria “low polluting buildings” e, inoltre, devono essere rispettati i criteri progettuali della UNI EN 13779.

*Prerequisito 2:* prevede il divieto di fumo entro una distanza di almeno 8 metri dagli ingressi e dalle finestre apribili. Occorre inoltre definire con opportuna segnaletica le zone in cui sia consentito o vietato fumare oppure vietare il fumo su tutta la proprietà.

*Credito 2:* questo credito tratta l'incremento dei ricambi d'aria al fine di migliorare la qualità dell'aria interna degli ambienti e promuovere il comfort, il benessere e la produttività degli occupanti. Devono essere assicurate come minimo le portate di ventilazione indicate nella UNI EN 15251, con riferimento alla classe I.

*Credito 3:* per questo credito occorre sviluppare ed implementare il piano di gestione della Qualità dell'Aria Interna del costruito (IAQ management plan) secondo “IAQ Guidelines for Occupied Buildings under construction, 2nd edit. 2007” - SMACNA, applicando le misure previste. L'IAQ management plan dovrà essere prodotto dell'appaltatore sulla base di un modello fornito dalla CxA e accettato dalla committenza.

*Credito 4.1:* per assolvere a questo credito tutti gli adesivi, primers, e sigillanti devono soddisfare i limiti di contenuto in VOC (Volatile Organic Compounds) indicati nella tabella 6.4, riportata di seguito.

Tabella 6.4: Limiti VOC relativi all'ultimo aggiornamento GEV Emicode ECI  
(Testing Method ed. 03.03.2009)

PRODOTTI	LIMITI DI EMISSIONE VOC [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	
1. Prodotti liquidi	100	
1.1 Primers		
1.1.1 a base acqua		
1.1.2 non a base acqua		
1.2 Rivestimenti antiscivolo		
1.2.1 a base acqua		
1.2.2 non a base acqua		
1.3 Membrane/consolidanti anti-umidità (rivestimenti e primers)		
1.3.1 a base acqua		
1.3.2 non a base acqua		
2. Prodotti in polvere (a base di legante inorganico)		200
2.1 Prodotti livellanti a base cemento o intonaco		
2.2 Adesivi per piastrelle e stucchi per fughe		
2.3 Malte fluide impermeabilizzanti	500	
3. Prodotti in pasta (a base di legante organico)		
3.1 Adesivi per pavimentazioni resilienti, parquet, piastrelle		
3.2 Sistemi di fissaggio per pavimentazioni resilienti		
3.3 Rivestimenti e sigillanti impermeabili		
3.4 Livellanti (a base acqua o reattivi)	500 dopo 1 giorno	
3.5 Prodotti in polvere con alto contenuto di legante organico		
4. Prodotti pronti all'uso che non richiedono reticolazione chimica o indurimento fisico		
4.1 Sottostrati per installazione di pavimentazioni		
4.2 Sottostrati fonoassorbenti	300	
4.3 Nastri e membrane autoadesive		
4.4 Profili per installazioni	150	
5. Sigillanti per giunti (a base acqua o reattivi)		
6. Vernici per parquet		

Il credito differisce fondamentalmente tra il rating US ed il Rating Italia in quanto il rating US si riferisce al contenuto di VOC espresso in g/litro (per prodotto senza acqua) mentre il criterio Italiano si riferisce all'emissione di VOC in  $\text{mg}/\text{m}^3$  o  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (milligrammi o microgrammi di VOC per  $\text{m}^3$  di aria).

Tutti i materiali devono altresì rispettare i limiti di emissione di sostanze cancerogene, tossiche o mutagene (CMR).

*Credito 4.2:* secondo questo credito le pitture usate all'interno dell'edificio devono attenersi ai criteri riportati nel DLgs 27 marzo 2006, n. 161

(recepimento della Direttiva 2004/42/CE), il quale disciplina il contenuto massimo ammissibile di VOC all'interno delle formulazioni di pitture. Si riportano in tabella 6.5 i valori da rispettare.

*Tabella 6.5: Limiti VOC per pitture*

CATEGORIA DI PRODOTTO	LIMITE VOC [g/l]
Pitture per interni per soffitto o pareti	20
Pitture per finiture e rivestimenti interni di legno o metallo	100
Vernici e impregnanti per legno	70
Fissativi e mani di fondo per pitture	20
Pitture reattive	100

*Credito 4.3:* tutti i pavimenti impiegati devono soddisfare i requisiti di produzione e di prova previsti dallo Standard di prova delle emissioni di VOC del California Department of Health Services (Standard Practice for the Testing of Volatile Organic Emissions from Various Sources Using Small-Scale Environmental Chambers), tenendo conto anche degli aggiornamenti del 2004.

*Credito 6:* prevede l'adozione di regolatori di temperatura dedicati per ogni modulo d'ufficio, atti a garantire il comfort termico dei singoli utenti o di gruppi di persone che utilizzano gli spazi collettivi.

*Credito 7:* il progetto dev'essere concepito per rispondere alla norma ASHRAE 55-2004 "Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy", dimostrandone la conformità in accordo con la sezione 6.1.1.

*Credito 8.2:* il progetto dev'essere concepito per garantire, in almeno il 90% degli spazi occupati in modo continuativo, che attraverso le superfici trasparenti, poste ad un'altezza misurata a partire dal piano di calpestio compresa tra 0,85 e 2,3 m, gli occupanti abbiano una visione diretta verso l'ambiente esterno senza ostacoli interposti.

## **6.6 Innovazione nella progettazione**

*Credito 2:* per questo credito è richiesto che almeno uno dei principali componenti del gruppo di progettazione deve essere un Professionista Accreditato LEED (LEED AP).

## **6.7 Priorità regionale**

Per questa sezione tutti i crediti presenti non sono stati considerati perseguibili in fase di Pre assesment (valutazione preliminare).





## **7 Analisi relativa ad EA Credito 1**

In ultima istanza si è deciso di effettuare un'analisi riferita ad EA Credito 1, data l'importanza del contributo ponderale che esso è in grado di offrire in ambito di certificazione LEED®. Infatti, come si è potuto osservare nel capitolo precedente, assolvendo ai requisiti del credito in oggetto si ha la possibilità di ottenere un punteggio che da solo rappresenta quasi il 20% del punteggio massimo complessivo previsto per un edificio, nonché il 35% della soglia minima necessaria per il conseguimento della classe Gold (60 punti). Inoltre non va dimenticato che, rispettando le disposizioni di EA Credito 1, ci si può mettere nelle condizioni di incrementare ulteriormente il punteggio ottenibile grazie ai diversi crediti ad esso correlati.

### **7.1 Crediti correlati**

Il consumo di energia dell'edificio può essere ridotto utilizzando sistemi di coibentazione, illuminazione, ventilazione, riscaldamento e condizionamento migliori rispetto a quelli imposti dalle normative vigenti. Inoltre, i consumi di energia possono essere ulteriormente ridotti utilizzando materiali di copertura adatti al contesto climatico in cui è inserito l'edificio e ottimizzando l'illuminazione esterna. A questo proposito si faccia riferimento ai seguenti prerequisiti e crediti:

- EA Prerequisito 2: Prestazioni energetiche minime
- SS Credito 7.2: Effetto isola di calore: coperture
- SS Credito 8: Riduzione dell'inquinamento luminoso

Oltre a ridurre i consumi di energia attraverso misure di efficienza energetica, i progettisti possono mitigare gli impatti legati ai consumi energetici utilizzando fonti energetiche rinnovabili, facendo riferimento ai seguenti crediti:

- EA Credito 2: Produzione in sito di energie rinnovabili
- EA Credito 6: Energia verde

Le prestazioni energetiche dell'edificio e la qualità dell'ambiente interno devono però essere attentamente coordinate. A tal fine è necessaria un'opportuna sinergia tra le diverse strategie implementate nei seguenti prerequisiti e crediti:

- QI Prerequisito 1: Prestazioni minime per la qualità dell'aria
- QI Credito 1: Monitoraggio della portata dell'aria di rinnovo
- QI Credito 2: Incremento della ventilazione
- QI Credito 6.1: Controllo e gestione degli impianti: illuminazione
- QI Credito 6.2: Controllo e gestione degli impianti: comfort termico
- QI Credito 7.1: Comfort termico: progettazione
- QI Credito 7.2: Comfort termico: verifica
- QI Credito 8: Luce naturale e visuale verso l'esterno

Anche la riduzione dei consumi di acqua (in particolar modo acqua calda sanitaria) può determinare significativi risparmi energetici. Ciò chiama in causa i requisiti del seguente credito:

- GA Credito 3: Riduzione dell'uso dell'acqua

## 7.2 Edificio di riferimento vs. Edificio di progetto reale

La simulazione energetica in regime dinamico dell'intero edificio, indispensabile al fine di ottenere il massimo punteggio reso disponibile da EA Credito 1, è stata realizzata dal LEED Team Manager, in collaborazione con architetti e ingegneri facenti parte del gruppo di progettazione relativo al progetto esecutivo. I risultati delle simulazioni hanno evidenziato la possibilità di ottenere 7÷8 punti sui 21 totali, come è stato già reso noto nel capitolo 6.

Nel corso del presente lavoro, non avendo a disposizione le simulazioni appena citate, sono stati rieseguiti i calcoli in regime dinamico grazie al software EC601 della Edilclima, com'era già stato anticipato.

Il metodo di valutazione delle prestazioni energetiche dell'edificio, su cui si basa l'Opzione 2 di calcolo di EA Credito 1, viene spiegato nell'appendice G dello Standard ASHRAE 90.1-2007. Il metodo fornisce criteri prestazionali per le componenti generali, elencate in tabella 7.1.

*Tabella 7.1: Sezioni dello Standard ASHRAE 90.1-2007 e argomenti trattati*

<b>Sezioni ASHRAE/IESNA 90.1-2007</b>	
Sezione 5	Involucro edilizio
Sezione 6	Riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria (inclusa la ventilazione per le autorimesse, le protezioni dal gelo, il recupero dell'energia dall'aria di ricambio e l'energia recuperata mediante la condensazione negli impianti di riscaldamento dell'acqua)
Sezione 7	Impianti di riscaldamento dell'acqua (incluse le piscine)
Sezione 8	Energia elettrica (compresi tutti gli impianti di distribuzione dell'energia elettrica)
Sezione 9	Illuminazione (comprese le luci dei segnali d'uscita di sicurezza, le luci per la parte esterna dell'edificio e per le autorimesse)
Sezione 10	Altri impianti (inclusi i motori elettrici permanentemente allacciati)

Il Performance Rating Method è uno strumento atto a dimostrare l'incremento di prestazione rispetto all'ASHRAE/IESNA 90.1-2007 attraverso un modello

interattivo che permetta la comparazione dei consumi di energia primaria del progetto proposto rispetto a quelli del progetto di riferimento. Si richiede lo sviluppo di un modello energetico per il progetto proposto, il quale è poi utilizzato come base per la generazione del modello energetico per l'edificio di riferimento. La metodologia di modellazione descritta nel Performance Rating Method permette di identificare gli effetti combinati delle misure di efficienza energetica, proposte in fase progettuale, sulle diverse componenti dell'edificio. Per esempio, variando la potenza dell'illuminazione di progetto, si influenzano sia i consumi energetici per il riscaldamento che quelli per il condizionamento. Nella maggioranza dei casi ci saranno quindi dei vantaggi che andranno oltre quelli propri per la sola illuminazione, con risparmi maggiori nei climi più caldi e minori in quelli più freschi.

Di seguito viene presentata la tabella 7.2, la quale riassume i requisiti della modellazione energetica estrapolati dall'appendice G dell'ASHRAE 90.1-2007, per progetti standard.

*Tabella 7.2: Requisiti per la modellazione dell'edificio*

<b>EDIFICIO DI RIFERIMENTO</b>	<b>EDIFICIO DI PROGETTO</b>
<b>Profilo di utilizzo</b>	
Uguali a quelli di progetto Eccezione: i profili di utilizzo possono essere diversi da quelli di progetto nel caso in cui l'edificio di progetto preveda misure di efficienza non standard	Utilizzare i profili di funzionamento realmente previsti nell'edificio di progetto. Gli orari di funzionamento diversi tra il modello dell'edificio proposto e quello di riferimento devono essere chiaramente descritti
<b>Orientazione</b>	
Sono necessarie 4 simulazioni dell'edificio di riferimento per calcolarne le prestazioni. Per i valori minimi di SHGC (Solar Heat Gain Coefficient) si fa riferimento ai limiti fissati dalla norma ASHRAE 90.1-2007 in funzione della zona climatica americana. Per il calcolo delle zone climatiche corrispondenti alle città italiane, in alternativa all'appendice B della ASHRAE 90.1-2007, si può assumere: Nord Italia → Zona 4A; Centro-Sud → Zona 3A.	Modellare l'edificio proposto così come è stato progettato.

<b>Involucro</b>	
<p>Modellare l'involucro dell'edificio di riferimento utilizzando la tabella G3.1.5. I muri fuori terra, le coperture, i solai devono essere modellati usando tipologie di elementi leggeri (tabella 12 della UNI EN ISO 13790:2008). La percentuale di chiusure trasparenti verticali modellata per il progetto di riferimento deve essere pari al minimo fra il valore reale dell'edificio proposto e il 40% della superficie lorda delle strutture opache verticali.</p>	<p>Le componenti dell'edificio devono essere modellate così come rappresentate negli elaborati progettuali. Modellare qualsiasi eccezione utilizzando la tabella G3.1.5.</p>
<p>Utilizzare, nel progetto di riferimento, finestre fisse poste sul filo esterno delle murature perimetrali, senza alcun sistema di ombreggiatura.</p>	<p>Le proiezioni delle ombre delle pareti dell'edificio, che riducono gli apporti solari attraverso le componenti finestrate, possono anche essere modellate nel progetto proposto per dimostrare la riduzione dei consumi confrontandoli con il modello di riferimento. Dispositivi manuali interni per il controllo dell'ombreggiatura, come ad esempio persiane o tende, non possono essere modellati in nessuno dei due modelli. Al contrario, dispositivi automatici per il controllo dell'ombreggiamento possono essere modellati per questo credito per il progetto proposto.</p>
<p>Modellare tutte le coperture con una riflettanza pari a 0,30</p>	<p>“Tetti freddi” (con finiture chiare che hanno un basso valore di assorbimento di calore) possono essere modellati nel progetto proposto per mostrare l'impatto nella riduzione degli apporti di calore.</p>
<b>Sistemi di illuminazione</b>	
<p>L'illuminazione viene modellata utilizzando il Building Area Method (sezione 9.5 dell'ASHRAE 90.1-2007) o lo Space-by-Space Method (sezione 9.6 dell'ASHRAE 90.1-2007)</p>	<p>L'edificio proposto deve essere modellato con la densità di potenza installata e deve conteggiare tutte le installazioni luminose in sito.</p>

<p>Non si considerano sistemi di controllo di illuminazione basati sulla luce naturale, su sensori di occupazione o programmabili.</p>	<p>Qualsiasi sistema di controllo di illuminazione basato sulla luce naturale o su sensori di occupazione può essere modellato direttamente nella simulazione energetica del progetto proposto.</p>
<p>L'illuminazione non inclusa nella densità di potenza per illuminazione interna ammissibile, essendo classificata come energia di processo, deve essere identica a quella del caso di progetto.</p>	<p>L'illuminazione non inclusa nella densità di potenza per illuminazione interna ammissibile, deve essere modellata nel progetto proposto, questa tipologia di illuminazione dovrà essere considerata come energia di processo.</p>
<p><b>Tipologia degli impianti HVAC</b></p>	
<p>La tipologia di impianto HVAC di riferimento deve essere determinata con riferimento all'edificio proposto (area, destinazione d'uso, numero dei piani) utilizzando le tabelle G3.1.1.A e G3.1.1.B della norma ASHRAE 90.1-2007.</p>	<p>Il tipo, la quantità, la potenza massima e l'efficienza degli impianti HVAC del progetto proposto devono rispecchiare i parametri del progetto reale ad eccezione dei casi in cui sia l'impianto di riscaldamento che di condizionamento non siano stati progettati.</p> <p>Se non è stato specificato un impianto di condizionamento, il progetto proposto dovrà includere un impianto di condizionamento modellato identicamente a quello dell'edificio di riferimento.</p> <p>Se non è stato specificato un impianto di riscaldamento, il progetto proposto dovrà assumere che il riscaldamento avvenga per mezzo di sistemi a resistenze elettriche.</p>
<p>La capacità delle componenti HVAC per l'edificio di riferimento deve essere sovradimensionata del 15% per il condizionamento e del 25% per il riscaldamento.</p>	<p>I sistemi HVAC devono rispecchiare la potenza di progetto e l'efficienza del sistema.</p>
<p>I periodi con carichi non appropriati (temperatura al di fuori dell'intervallo di progetto) non possono eccedere le 300 ore annue.</p>	<p>Uguale al caso di riferimento.</p>

I tassi di ricambio d'aria devono essere identici a quelli del caso di progetto.	Il caso di progetto deve rispecchiare i tassi di ventilazione previsti nel progetto.
I ventilatori devono essere modellati come continuamente funzionanti durante i periodi di occupazione dell'edificio e con funzionamento ciclico in periodi in cui non è prevista occupazione.	I sistemi HVAC modellati nel caso di progetto dovrebbero rispecchiare i periodi ed i tassi di ventilazione previsti, così come la potenza dei ventilatori.
L'energia per la ventilazione deve essere separata da quella dell'impianto di condizionamento.	Uguale al caso di riferimento.
Negli impianti HVAC di riferimento si dovranno modellare gli economizzatori e gli impianti di recupero del calore dall'aria di rinnovo solo se normative o regolamenti locali lo richiedono.	Modellare i recuperatori se previsti nel progetto.
I requisiti specifici per alcune componenti del sistema (chillers, boilers, pompe di calore) sono indicati in G3.1.3 o in regolamenti locali più restrittivi.	I requisiti specifici devono rispecchiare quelli effettivamente previsti nel progetto.
<b>Energia di processo</b>	
I carichi di processo devono essere identici a quelli dell'edificio di progetto, così come il numero di occupanti e i periodi di occupazione.	L'energia di processo include equipaggiamento da ufficio e ad uso generale, PC, ascensori e scale mobili, attrezzatura per cucina e refrigeratori, lavatrici e asciugatrici, ecc. La tabella G-B del manuale d'uso dell'ASHRAE 90.1-2007 fornisce una densità di potenza accettabile per le diverse destinazioni d'uso, che potrà essere incorporata nel modello energetico dell'edificio. Il consumo di energia primaria di processo deve essere uguale almeno al 25% delle prestazioni totali dell'edificio di riferimento.
<b>Produzione di acqua calda</b>	
I sistemi di produzione di acqua calda devono utilizzare la stessa fonte di	La tipologia di sistemi di produzione di acqua calda e le relative prestazioni

energia dell'edificio di progetto. I requisiti specifici per queste componenti sono indicati in G3.1.3.	devono rispecchiare quanto previsto nell'edificio di progetto.
---	--

Una differenza importante tra edificio di riferimento e di progetto è rappresentata dall'assenza di schermature solari nel primo caso. Questa differenza infatti crea un divario considerevole tra i carichi estivi nei diversi modelli energetici. Di seguito si riportano le figure 7.1 e 7.2, grazie alle quali si può notare quanto appena descritto.

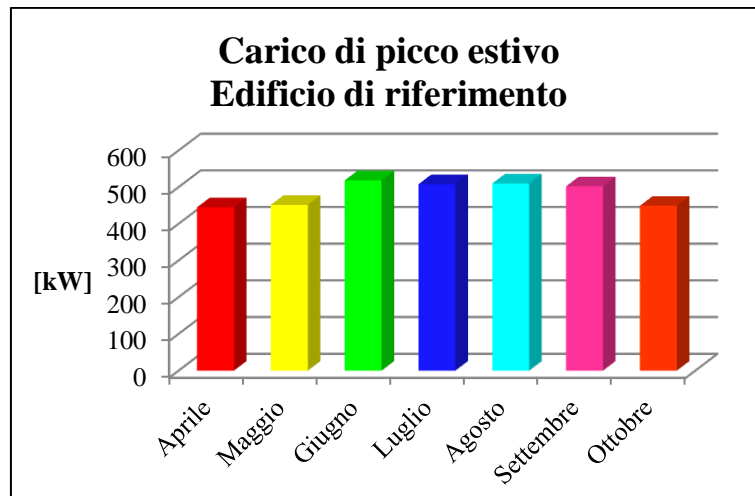


Figura 7.1: Carichi termici estivi relativi all'edificio di riferimento

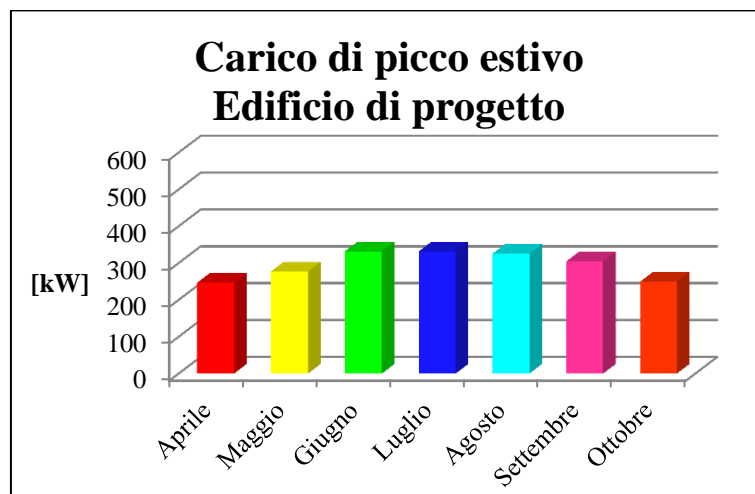


Figura 7.2: Carichi termici estivi relativi all'edificio di progetto

I risultati finali ottenuti si sono rivelati concordanti con le valutazioni già fatte nel capitolo precedente e sono riportati nella tabella seguente.

*Tabella 7.3: Risultati delle simulazioni energetiche*

	<b>Edificio di riferimento</b>	<b>Edificio di progetto</b>	
<b>Impiego finale</b>	<b>Consumo di energia primaria [kWh/m<sup>3</sup>anno]</b>		<b>Risparmio Energia primaria</b>
Riscaldamento invernale	10,08	7,82	22,4%
Condizionamento estivo	17,62	12,26	30,4%
Illuminazione	19,33	13,53	30%
Energia di processo	15,70	15,70	0%
Consumo totale dell'edificio	62,73	49,31	<b>21,4%</b>

### 7.3 Analisi delle possibili migliorie tecniche

In questo paragrafo vengono presentate delle proposte per migliorare ulteriormente la prestazione energetica dell'edificio di progetto. In particolare sono state fatte delle ipotesi con lo scopo di raggiungere la classificazione PLATINUM della certificazione LEED®; questo vuol dire totalizzare almeno 80 punti.

Osservando la checklist LEED®, presentata nel capitolo 6, ci si accorge che per garantire il risultato appena descritto è necessario incrementare il punteggio totale di almeno 19 punti.

EA Credito 1 offre la possibilità, da solo, di aggiungere 14 punti ai 61 già perseguiti, partendo da una base di 7 su 21, quindi si ha la consapevolezza che, agendo solamente su di esso non si riuscirebbe a raggiungere lo scopo.

Le modifiche rispetto al progetto iniziale, ipotizzate a tal fine, sono le seguenti:

- Modulo vetrato non più composto da doppio vetrocamera basso emissivo, ma da vetrocamera triplo
- Coibentazione delle pareti perimetrali e della copertura realizzata con 20 cm di polistirene espanso invece che 10 cm
- Installazione di pompe di calore polivalenti acqua-acqua, anziché aria-acqua, con la possibilità di sfruttare COP più elevati (figura 7.3)



- Installazione di sistemi di dimmerazione per il controllo della potenza assorbita dall'impianto di illuminazione in funzione della luminosità naturale
- Installazione di un campo fotovoltaico da 6,9 kW sulla copertura dell'edificio



*Figura 7.3: Pompa di calore polivalente acqua-acqua Climaveneta*

Dopo aver fatto tali assunzioni, si è ripetuta la simulazione energetica per il nuovo edificio ipotizzato ed i risultati sono quelli riportati di seguito, in tabella 7.4. Grazie a questi risultati si ha la possibilità di ottenere 19 dei 21 punti messi a disposizione da EA Credito 1, quindi di passare da 61 a 73 punti totali. Oltre a questo, però, l'installazione del campo fotovoltaico e del sistema di dimmerazione dell'illuminazione permettono di conseguire un altro punto ciascuno, relativi rispettivamente a EA Credito 2 e SS Credito 8. Altri 2 punti relativi alla sezione Energia e Atmosfera si possono ottenere attuando un Commissioning avanzato, eseguito direttamente o stipulando un apposito contratto, in aggiunta a quanto già previsto in EA Prerequisito 1.

Tabella 7.4: Risultati delle simulazioni energetiche


	<b>Edificio di riferimento</b>	<b>Edificio di progetto</b>	
<b>Impiego finale</b>	<b>Consumo di energia primaria [kWh/m<sup>3</sup>anno]</b>		<b>Risparmio Energia primaria</b>
Riscaldamento invernale	10,08	4,73	22,4%
Condizionamento estivo	17,62	4,69	30,4%
Illuminazione	19,33	10,83	30%
Energia di processo	15,70	15,70	0%
Rinnovabili generate in sito	0	0,97	/
Consumo totale dell'edificio	62,73	34,98	<b>44,2%</b>

Riducendo del 50% l'uso dell'acqua potabile per il convogliamento dei liquami dell'edificio, tramite l'utilizzo di apparecchiature (per esempio toilette e orinatoi) che attuano un contenimento nell'uso dell'acqua, oppure mediante l'utilizzo di acque non potabili, si possono perseguire ulteriori 2 punti relativi a GA Credito 2.

Infine, per quanto riguarda la sezione Qualità ambientale Interna, sono stati considerati i crediti 1 e 4.4. Il primo riguarda l'installazione di un sistema di monitoraggio della portata dell'aria di rinnovo per assicurare il mantenimento dei requisiti minimi di ventilazione di progetto, mentre il secondo prevede che tutti i prodotti in legno composito ed in fibre vegetali utilizzati all'interno dell'edificio non contengano aggiunte di resine urea-formaldeide. Entrambi i crediti mettono a disposizione 1 punto.

Di seguito, in tabella 7.5, si riporta la nuova checklist, che tiene conto di tutte le accortezze descritte in questo paragrafo. Da essa si può notare che si riuscirebbe a raggiungere un totale di 81 punti aspettati, ottenendo così la certificazione LEED® for Core & Shell in classe PLATINUM.

Tabella 7.5: Checklist LEED® 2009 for Core & Shell per il progetto ipotizzato

				<b>LEED 2009 for Core and Shell Development</b> Project Checklist	
<b>22</b>	<b>4</b>	<b>2</b>		<b>Sustainable Sites</b> <span style="float: right;">Possible Points: <b>28</b></span>	
Y	?	N	d/C		
<b>Y</b>			C	Prereq 1	Construction Activity Pollution Prevention
<b>1</b>			d	Credit 1	Site Selection <span style="float: right;">1</span>
<b>5</b>			d	Credit 2	Development Density and Community Connectivity <span style="float: right;">5</span>
	<b>1</b>		d	Credit 3	Brownfield Redevelopment <span style="float: right;">1</span>
<b>6</b>			d	Credit 4.1	Alternative Transportation—Public Transportation Access <span style="float: right;">6</span>
<b>2</b>			d	Credit 4.2	Alternative Transportation—Bicycle Storage and Changing Rooms <span style="float: right;">2</span>
<b>3</b>			d	Credit 4.3	Alternative Transportation—Low-Emitting and Fuel-Efficient Vehicles <span style="float: right;">3</span>
<b>2</b>			d	Credit 4.4	Alternative Transportation—Parking Capacity <span style="float: right;">2</span>
		<b>1</b>	C	Credit 5.1	Site Development—Protect or Restore Habitat <span style="float: right;">1</span>
		<b>1</b>	d	Credit 5.2	Site Development—Maximize Open Space <span style="float: right;">1</span>
	<b>1</b>		d	Credit 6.1	Stormwater Design—Quantity Control <span style="float: right;">1</span>
	<b>1</b>		d	Credit 6.2	Stormwater Design—Quality Control <span style="float: right;">1</span>
	<b>1</b>		C	Credit 7.1	Heat Island Effect—Non-roof <span style="float: right;">1</span>
<b>1</b>			d	Credit 7.2	Heat Island Effect—Roof <span style="float: right;">1</span>
<b>1</b>			d	Credit 8	Light Pollution Reduction <span style="float: right;">1</span>
<b>1</b>			d	Credit 9	Tenant Design and Construction Guidelines <span style="float: right;">1</span>
<b>8</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		<b>Water Efficiency</b> <span style="float: right;">Possible Points: <b>10</b></span>	
Y	?	N			
<b>Y</b>			d	Prereq 1	Water Use Reduction—20% Reduction
<b>4</b>			d	Credit 1	Water Efficient Landscaping <span style="float: right;">2 to 4</span>
<b>2</b>			d	Credit 2	Innovative Wastewater Technologies <span style="float: right;">2</span>
<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	d	Credit 3	Water Use Reduction <span style="float: right;">2 to 4</span>
<b>32</b>	<b>4</b>	<b>1</b>		<b>Energy and Atmosphere</b> <span style="float: right;">Possible Points: <b>37</b></span>	
Y	?	N			
<b>Y</b>			C	Prereq 1	Fundamental Commissioning of Building Energy Systems
<b>Y</b>			d	Prereq 2	Minimum Energy Performance
<b>Y</b>			d	Prereq 3	Fundamental Refrigerant Management
<b>19</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	d	Credit 1	Optimize Energy Performance <span style="float: right;">3 to 21</span>
<b>1</b>	<b>3</b>		d	Credit 2	On-Site Renewable Energy <span style="float: right;">4</span>
<b>2</b>			C	Credit 3	Enhanced Commissioning <span style="float: right;">2</span>
<b>2</b>			d	Credit 4	Enhanced Refrigerant Management <span style="float: right;">2</span>
<b>3</b>			d	Credit 5.1	Measurement and Verification—Base Building <span style="float: right;">3</span>

3			d	Credit 5.2	Measurement and Verification—Tenant Submetering	3	
2			C	Credit 6	Green Power	2	
8	3	2	<b>Materials and Resources</b>				Possible Points: 13
Y	?	N					
Y			d	Prereq 1	Storage and Collection of Recyclables		
4		1	C	Credit 1	Building Reuse—Maintain Existing Walls, Floors, and Roof	1 to 5	
1	1		C	Credit 2	Construction Waste Management	1 to 2	
		1	C	Credit 3	Materials Reuse	1	
1	1		C	Credit 4	Recycled Content	1 to 2	
1	1		C	Credit 5	Regional Materials	1 to 2	
1			C	Credit 6	Certified Wood	1	
10	1	1	<b>Indoor Environmental Quality</b>				Possible Points: 12
Y	?	N					
Y			d	Prereq 1	Minimum Indoor Air Quality Performance		
Y			d	Prereq 2	Environmental Tobacco Smoke (ETS) Control		
1			d	Credit 1	Outdoor Air Delivery Monitoring	1	
1			d	Credit 2	Increased Ventilation	1	
1			C	Credit 3	Construction Indoor Air Quality Management Plan—During Construction	1	
1			C	Credit 4.1	Low-Emitting Materials—Adhesives and Sealants	1	
1			C	Credit 4.2	Low-Emitting Materials—Paints and Coatings	1	
1			C	Credit 4.3	Low-Emitting Materials—Flooring Systems	1	
1			C	Credit 4.4	Low-Emitting Materials—Composite Wood and Agrifiber Products	1	
		1	d	Credit 5	Indoor Chemical and Pollutant Source Control	1	
1			d	Credit 6	Controllability of Systems—Thermal Comfort	1	
1			d	Credit 7	Thermal Comfort—Design	1	
	1		d	Credit 8.1	Daylight and Views—Daylight	1	
1			d	Credit 8.2	Daylight and Views—Views	1	
1	2	3	<b>Innovation and Design Process</b>				Possible Points: 6
Y	?	N					
	1		d/C	Credit 1.1	Innovation in Design: Specific Title	1	
	1		d/C	Credit 1.2	Innovation in Design: Specific Title	1	
		1	d/C	Credit 1.3	Innovation in Design: Specific Title	1	
		1	d/C	Credit 1.4	Innovation in Design: Specific Title	1	
		1	d/C	Credit 1.5	Innovation in Design: Specific Title	1	
1			d/C	Credit 2	LEED Accredited Professional	1	
0	0	4	<b>Regional Priority Credits</b>				Possible Points: 4
Y	?	N					
		1	d/C	Credit 1.1	Regional Priority: Specific Credit	1	

		<b>1</b>	d/C Credit 1.2	Regional Priority: Specific Credit	1
		<b>1</b>	d/C Credit 1.3	Regional Priority: Specific Credit	1
		<b>1</b>	d/C Credit 1.4	Regional Priority: Specific Credit	1
<b>81</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>Total</b>		<b>Possible Points: 110</b>
Certified 40 to 49 points   Silver 50 to 59 points   Gold 60 to 79 points   Platinum 80 to 110					



## Conclusioni

Questo elaborato ha avuto come scopo l'analisi e l'approfondimento di un caso di progettazione reale di un edificio di nuova edificazione certificato attraverso il protocollo americano LEED®.

La certificazione LEED®, seppur notevolmente diffusa in ambito di edilizia internazionale, vede in Italia solo 16 casi già certificati, ma ben 98 in fase di accreditamento, tra i quali quello presentato nel corso del presente lavoro.

La procedura LEED® si basa su un sistema di tipo volontario e analizza le fasi di progettazione, costruzione e gestione di edifici sostenibili, di diverse destinazioni d'uso, o aree territoriali. Date le caratteristiche e la destinazione d'uso dell'edificio relativo al progetto descritto nel presente studio, il protocollo utilizzato è stato il LEED® 2009 for Core & Shell, avendo come obiettivo la classificazione GOLD.

I motivi che hanno spinto verso questa filosofia di progettazione sono stati quelli di ridurre i consumi energetici e le conseguenti emissioni di gas serra in atmosfera, massimizzando così il benessere degli utenti finali.

L'ottenimento della certificazione LEED® ha permesso di ottenere sia vantaggi economici che ambientali, tra i quali:

- un riconoscimento per aver realizzato prestazioni virtuose nel campo dell'edilizia;
- una riduzione dei costi operativi, accrescendo il valore dell'immobile;
- un risparmio energetico pari al 21,4% ed idrico pari al 25%, analizzati confrontando l'edificio di progetto con un edificio campione appositamente modellato;
- una migliore qualità dell'aria ambientale interna e quindi un minor rischio di creare la cosiddetta sick building syndrome (sindrome dell'edificio malato), che può garantire una maggiore produttività;
- una riduzione delle emissioni nocive di gas serra;
- una dimostrazione dell'impegno della Committenza nei confronti della tutela dell'ambiente e della sensibilità e responsabilità sociale;
- una riduzione dei rifiuti inviati in discarica.

Pertanto i vantaggi competitivi per aver adottato gli standard LEED® sono identificabili soprattutto nella grande qualità finale del manufatto e nel notevole risparmio dei costi di gestione.

Avendo fatto delle scelte progettuali che hanno permesso il conseguimento di una classe GOLD, abbiamo dimostrato nel corso della presente tesi come sia possibile conseguire una classe superiore, PLATINUM, mediante alcuni accorgimenti progettuali e realizzativi, non utilizzati direttamente nell'edificio considerato ma che potranno essere usati come "linee guida" per la progettazione di edifici futuri.





## BIBLIOGRAFIA

- [1] Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile ENEA: Rapporto energia e ambiente – Analisi e scenari 2009, novembre 2010.
- [2] World Commission on Environment and Development: Our Common future, Oxford University Press, Oxford, 1987
- [3] Vertice mondiale sullo sviluppo sostenibile: Dichiarazione, Rio de Janeiro, 1992
- [4] Vertice mondiale sullo sviluppo sostenibile: Piano di azione, Johannesburg, 2002
- [5] Vertice mondiale sullo sviluppo sostenibile, Dichiarazione, Johannesburg, 2002
- [6] Green Building Council Italia, U.S. Green Building Council: Green building – Nuove costruzioni e ristrutturazioni, Sistema di valutazione LEED NC 2009 Italia, Aggiornamento ottobre 2011
- [7] Decreto Legislativo 5 febbraio 1997 n. 22, cosiddetto Decreto Ronchi. Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio.
- [8] [http://it.wikipedia.org/wiki/Dichiarazione\\_ambientale\\_di\\_prodotto](http://it.wikipedia.org/wiki/Dichiarazione_ambientale_di_prodotto)
- [9] <http://www.certificazioneleed.com/mappatura-prodotto/>
- [10] <http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/energia-ambiente-e-innovazione-1/anno-2012/n.-1-gennaio-febbraio-2012-1/il-piano-d2019azione-per-l2019efficienza-energetica>
- [11] Co.Aer, A.N.I.M.A., Gruppo Italiano Pompe di Calore: Libro bianco sulle pompe di calore, 2<sup>a</sup> edizione, marzo 2010
- [12] Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas, AEEG: Delibera EEN 3/08 – Aggiornamento del fattore di conversione dei kWh in tonnellate equivalenti di petrolio connesso al meccanismo dei titoli di efficienza energetica, marzo 2008
- [13] Prof. Giuliano Cammarata, Facoltà di ingegneria di Catania: Impianti termotecnici – Volume 1, ottobre 2011
- [14] Mia Ala-Juusela: Guidebook To IEA Ecbs Annex 37, Low Exergy Systems For Heating And Cooling Of Buildings
- [15] Mario Doninelli: I circuiti e i terminali degli impianti di climatizzazione – Quaderno 2 Caleffi
- [16] Marco e Mario Doninelli: Tabelle e diagrammi perdite di carico aria e acqua – Quaderni Caleffi
- [17] UNI 9182: Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua fredda e calda - Criteri di progettazione, collaudo e gestione, agosto 2008

- [18] American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers ASHRAE: Standard 90.1.2010 – Normative appendix G, Performance Rating Method
- [19] L. Di Fraia: Seminario – Certificazione energetica ed impianti di illuminazione; norma UNI EN 15193/2008, Napoli, 24 giugno 2009

## **ALLEGATI**

- Allegato 1 – Coordinamento impianti a soffitto – Parte 1
- Allegato 2 – Coordinamento impianti a soffitto – Parte 2
- Allegato 3 – Coordinamento impianti a soffitto – Parte 3
- Allegato 4 – Coordinamento impianti in copertura
- Allegato 5 – Schema altimetrico canalizzazioni dell'aria – UTA 1
- Allegato 6 – Schema altimetrico canalizzazioni dell'aria – UTA 2
- Allegato 7 – Schema altimetrico tubazioni idroniche
- Allegato 8 – Schema altimetrico tubazioni impianto idrico sanitario
- Allegato 9 – Schema funzionale centrale termica
- Allegato 10 – Tipico sezioni ai piani
- Allegato 11 – Impianti in copertura – Sezioni