

POLITECNICO DI MILANO

SCUOLA DI ARCHITETTURA E SOCIETA'

Corso di Laurea Magistrale in

PROGETTAZIONE DELL'ARCHITETTURA SOSTENIBILE



VALUTARE LA SOSTENIBILITA' NELLA PROGETTAZIONE URBANA:
UN APPROCCIO INTEGRATO

Relatore: Prof. Grazia CONCILIO
Correlatori: Prof. Eugenio MORELLO
Prof. Maria CERRETA
Prof. Sergio PORTA

Studente: **Emma Puerari**
Matricola: **749210**

A.A. 2010/2011

INDICE

Abstract	13
1. Introduzione	15
1.1. Obiettivo	17
1.2. Metodologia	17
1.3. Risultati	18
1.4. Prospettive	19
2. Valutazione e progetto	21
2.1. Ragionare sui valori complessi	23
2.2. Verso sistemi complessi di analisi multicriterio	24
2.3. I modelli a criteri multipli e gli indicatori di sostenibilità	28
2.4. Riferimenti bibliografici	32
3. Strumenti di valutazione	35
3.1. La città sostenibile	37
3.2. I sistemi di indicatori	39
3.2.1 Piano speciale degli indicatori di sostenibilità ambientale dell'attività urbanistica di Siviglia	40
3.2.2. LEED 2009 For Neighborhood Development	41
3.2.3. Il sistema PROPOLIS	41
3.2.4. Indicatori di Sostenibilità Urbana, European Foundation	42
3.2.5. Indice di sostenibilità: un nuovo strumento per le città cinesi	43
3.2.6. Indicatori di sostenibilità urbana in Messico, 2010	44
3.2.7. Altri Indicatori	45
3.3. Verso indicatori di guida per il progetto	47
3.4. La matrice degli indicatori	50
3.4.1. Morfologia	50
3.4.2. Metabolismo urbano	57
3.4.3. Comfort Urbano	59

3.4.4. Sistema ecologico	61
3.4.5. Accessibilità	65
3.4.6. Complessità	68
3.5. Riferimenti bibliografici	71
3.6. Riferimenti sitografici	74
4. Caso Studio	75
4.1. La storia, le caratteristiche, i dati, le analisi	77
4.1.1. La storia, le caratteristiche morfologiche e costruttive	77
4.1.2. I dati	78
4.1.3. Le analisi	78
4.2. I casi studio	80
4.2.1. Caso studio 1, Masterplan	81
4.2.2. Caso studio 2, Masterplan	82
4.2.3. Caso studio 3, Masterplan	83
4.3. Valutazione, risultati e linee guida	83
4.3.1. Metodologia di valutazione	83
4.3.2. Risultati	85
4.3.3. Linee guida	89
4.4. Nuovo progetto migliorativo	97
4.5. Riferimenti bibliografici	103
5. Conclusioni	105
5.1. Risultati	107
5.2. Criticità	108
5.3. Conclusioni	110
5.4. Riferimenti bibliografici	111
6. Allegati	113
7. Bibliografia	201

INDICE DELLE FIGURE

Figura n°01. La ricerca dello spazio delle decisioni	17
Figura n°02. La ricerca dello spazio delle decisioni	29
Figura n°03. Uso di carburante procapite in relazione alla densità abitativa	53
Figura n°04. Densità abitativa in relazione all'uso dell'automobile pro capite nelle città del mondo	54
Figura n°05. Densità abitativa in relazione ai viaggi annuali procapite nelle città del mondo	54
Figura n°06. Ordine di preferibilità dei progetti, mediante somma pesata delle categorie di indicatori, assegnando peso uguale a ciascuna di esse ed esplicitando il contributo di ciascuna categoria per ogni caso studio (elaborato con il programma Definite)	86
Figura n°07. Ordine di preferibilità dei progetti in base ai risultati suddivisi per categoria	87
Figura n°08. Analisi di sensitività (elaborata con il programma Definite)	87
Figura n°09. Ricerca dello spazio dell'alternativa	88
Figura n°10. Confronto tra le densità territoriali in sei tessuti urbani dell'area metropolitana	165
Figura n°11. Andamento delle destinazioni d'uso del suolo e delle densità all'aumentare della distanza dal centro città per il caso studio di Milano	166
Figura n°12. Andamento delle destinazioni d'uso del suolo e delle densità all'aumentare della distanza dal centro città per il caso studio di Milano	166
Figura n°13. Andamento delle destinazioni d'uso del suolo e delle densità all'aumentare della distanza dal centro città per il caso studio di Milano	167
Figura n°14. Andamento delle destinazioni d'uso del suolo e delle densità all'aumentare della distanza dal centro città per il caso studio di Milano	167

INDICE DELLE TABELLE

Tabella n°01. Piano Speciale degli indicatori di sostenibilità Ambientale	40
Tabella n°02. Categorie di sostenibilità urbana in relazione al quadro dimensionale del sistema PROPOLIS	41
Tabella n°03. Indicatori di sostenibilità dell'European Foundation	42
Tabella n°04. Indicatori di sostenibilità per le città cinesi	43
Tabella n°05. Indicatori di sostenibilità urbana in Messico	44
Tabella n°06. Indicatori di accessibilità	45
Tabella n°07. Indicatori di connettività	46
Tabella n°08. Indicatori di forma urbana	47
Tabella n°09. Matrice degli indicatori, suddivisa per categorie	49
Tabella n°10. Stralcio della matrice degli indicatori	50
Tabella n°11. Densità abitative proposte da Hans Blumenfeld	55
Tabella n°12. Densità abitative proposte da Jane Jacobs	55
Tabella n°13. Densità abitative proposte da Le Corbusier	55
Tabella n°14. Densità abitative proposte da Ebenezer Howard	55
Tabella n°15. Densità abitative territorialiali dei tre casi studio analizzati	84
Tabella n°16. Risultati della Categoria Metabolismo Urbano	89
Tabella n°17. Riflessioni e modifiche progettuali, Categoria Metabolismo Urbano	90

Tabella n°18. Risultati della Categoria Comfort Urbano	90
Tabella n°19. Riflessioni e modifiche progettuali, Categoria Comfort Urbano	91
Tabella n°20. Risultati della Categoria Complessità	92
Tabella n°21. Riflessioni e modifiche progettuali, Categoria Comfort Urbano	92
Tabella n°22. Risultati della Categoria Morfologia	93
Tabella n°23. Densità fondiaria media di tre tessuti urbani a confronto	93
Tabella n°24. Densità fondiaria media dei tre casi studio	94
Tabella n°25. Riflessioni e modifiche progettuali, Categoria Morfologia	94
Tabella n°26. Risultati della Categoria Sistema ecologico	95
Tabella n°27. Riflessioni e modifiche progettuali, Categoria Sistema Ecologico	95
Tabella n°28. Risultati della Categoria Accessibilità	96
Tabella n°29. Numero di posti auto necessari.	96
Tabella n°30. Riflessioni e modifiche progettuali, Categoria Accessibilità	97
Tabella n°31. Analisi dei risultati riguardanti la Morfologia Urbana dati dal <i>progetto proposto</i> in relazione al <i>caso studio 1</i> .	98
Tabella n°32. Analisi dei risultati riguardanti il Metabolismo Urbano dati dal <i>progetto proposto</i> in relazione al <i>caso studio 1</i>	99
Tabella n°33. Analisi dei risultati riguardanti il Comfort Urbano dati dal <i>progetto proposto</i> in relazione al <i>caso studio 1</i>	100
Tabella n°34. Analisi dei risultati riguardanti il Sistema Ecologico dati dal <i>progetto proposto</i> in relazione al <i>caso studio 1</i>	101

Tabella n°35. Analisi dei risultati riguardanti l'Accessibilità dati dal <i>progetto proposto</i> in relazione al <i>caso studio 1</i> .	102
Tabella n°36. Analisi dei risultati riguardanti la Complessità dati dal <i>progetto proposto</i> in relazione al <i>caso studio 1</i> .	102
Tabella n°37. Stralcio analisi risultati <i>progetto proposto</i> in relazione al <i>caso studio 1</i>	107

INDICE DEGLI ALLEGATI

Allegato n°01	115
Allegato n°02	125
Allegato n°03	165
Allegato n°04	169

ABSTRACT

Obiettivo

Il lavoro di tesi, partendo dalla costruzione di un sistema di indicatori di sostenibilità urbana che privilegiano un modello di città efficiente e compatta, esplora la valutazione come strumento di supporto alla progettazione urbana.

Tema e applicazione

Vanno diffondendosi sempre più numerosi i sistemi di valutazione e certificazione ambientale alla scala urbana; si tratta di strumenti che, a partire da un insieme di criteri e relativi indicatori ispirati da un modello di città compatta ed efficiente, guidano il processo di progettazione urbana. L'uso mirato di sistemi di indicatori di sostenibilità alla scala della progettazione urbana di quartiere (masterplanning) consente la concettualizzazione del processo di progettazione in uno spazio di azione ad n dimensioni, essendo n il numero di indicatori prescelti allo scopo.

Data la complessità delle dinamiche ambientali messe in gioco dalle trasformazioni urbane, è impossibile definire a priori lo spazio d'azione e diviene necessario considerare la progettazione come un processo di aggiustamenti successivi a partire dalle alternative progettuali disponibili: la progettazione si conforma come una navigazione tra porzioni ridotte di tale spazio rispetto alle quali è possibile valutare le differenti alternative progettuali. La tesi propone quindi un approccio alla progettazione inteso come processo ciclico di valutazione e aggiustamento delle soluzioni di progetto, ovvero come esplorazione dello spazio dell'azione.

Nel lavoro di tesi si è inizialmente messo a punto un sistema di indicatori di sostenibilità urbana a partire dai sistemi di valutazione/certificazione esistenti; il sistema di indicatori creato ha consentito di valutare, per confronto, tre alternative proposte progettuali (elaborate dagli studenti nell'ambito universitario) riferite al quartiere Lorenteggio di Milano; tali alternative hanno consentito di identificare la porzione di spazio dell'azione rispetto alla quale avviare il processo di valutazione e di successiva progettazione.

INTRODUZIONE

1

INTRODUZIONE

1.1. Obiettivo

Il lavoro di tesi, partendo dalla costruzione di un sistema di indicatori di sostenibilità urbana che privilegiano un modello di città efficiente e compatta, esplora la valutazione come strumento di supporto alla progettazione urbana. Propone una concezione di progetto coerente con un modello decisionale dinamico che tenga conto degli impatti prodotti dalle singole componenti sull'ambiente.

1.2. Metodologia

Dopo un'analisi dei metodi di certificazione esistenti per la produzione di un innovativo sistema di indicatori per la valutazione della sostenibilità urbana, si propone un approccio alla progettazione inteso come processo ciclico di valutazione e aggiustamento delle soluzioni di progetto inteso come esplorazione dello spazio dell'azione.

L'uso mirato di sistemi di indicatori di sostenibilità alla scala della progettazione urbana di quartiere (masterplanning) consente la concettualizzazione del processo di progettazione in uno spazio di azione ad n dimensioni, essendo n il numero di indicatori prescelti allo scopo. Data la complessità delle dinamiche ambientali messe in gioco dalle trasformazioni urbane, è impossibile definire a priori lo spazio d'azione e diviene necessario considerare la progettazione come un processo di aggiustamenti successivi a partire dalle alternative progettuali disponibili: la progettazione si conforma come una navigazione tra porzioni ridotte di tale spazio rispetto alle quali è possibile valutare le differenti alternative progettuali.

Sinteticamente è possibile schematizzare una generica situazione con due criteri c_1 e c_2 , e 4 alternative a_1 , a_2 , a_3 , a_4 non dominate, correntemente disponibili. In questa condizione si possono avere due orientamenti per la modificazione dello spazio dell'azione: i) modificazione dell'insieme dei criteri; ii) modificazione dell'insieme delle alternative. La prima può scaturire dal confronto fra le alternative che mette in luce l'esistenza, in alcune di esse, di elementi o di fattori che non sono rappresentati all'interno dei criteri disponibili e che, invece, appaiono rilevanti. Tale modificazione comporta una trasformazione dello spazio dell'azione. La modificazione dell'insieme delle alternative può scaturire da due tipi di esplorazione: i) esplorazione orientata dai criteri rilevanti; ii) esplorazione mirata alla riduzione delle carenze nelle alternative (Concilio, 1999).

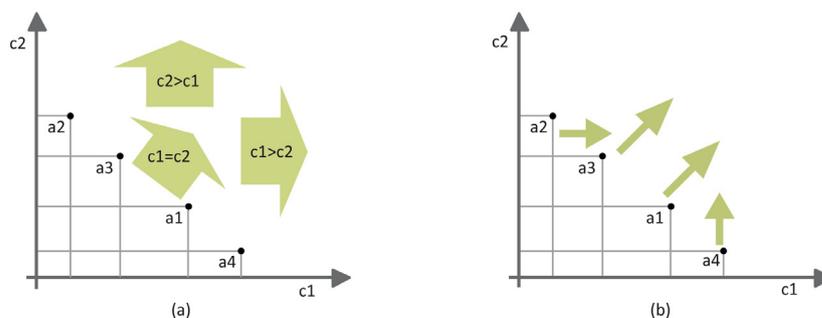


Figura n°01. La ricerca dello spazio delle decisioni, (Fonte: Concilio, G., La conservazione del patrimonio culturale/ambientale: verso i processi di valutazione interattiva, 1999).

Nel primo caso l'esplorazione si svolgerà come in figura 1(a) a seconda della rilevanza dei criteri. Si ipotizzi, estremizzando, che due agenti considerino rispettivamente più rilevanti i criteri c1 e c2, mentre il terzo agente considera i due criteri di pari rilevanza, i tre agenti si muoverebbero alla ricerca di soluzioni migliori di quelle disponibili secondo le direzioni indicate in figura, a partire proprio da quelle alternative disponibili che meglio soddisfano il criterio o l'insieme dei criteri considerati rilevanti. Nell'ambito della pianificazione questo tipo di meccanismo è ulteriormente complicato dal fatto che ciascuna alternativa (piano, progetto o fase storica) si presenta come insieme di micro-alternative e che quindi la ricerca delle alternative considerate migliori si conforma maggiormente come ricerca di possibili trasformazioni delle alternative in gioco verso zone dello spazio decisionale considerate opportune per la decisione in esame.

Nel secondo caso, invece, le alternative andranno ristrutturandosi in virtù degli esiti della valutazione e con riferimento alle caratteristiche, relative a ciascun criterio, che contribuiscono a renderle non dominanti (figura 1(b)): ciascuna alternativa può essere ristrutturata con riferimento a quella caratteristica descrittiva dello spazio decisionale (quel criterio) rispetto alla quale risulta localmente dominata dalle altre alternative disponibili.

Dal risultato delle analisi delle diverse proposte si possono dedurre alcune linee guida che aiutino a muovere le diverse opzioni verso un miglioramento all'interno dello spazio dell'azione; esse vengono dedotte dai risultati ottenuti per ciascun criterio di valutazione. Infatti, un'alternativa può risultare dominante per alcuni criteri e dominata per altri, riflettendo sulle motivazioni di questi risultati si possono dedurre delle strategie operative di intervento per migliorare l'una e/o l'altra alternativa.

Se ci si pone nel caso in cui tutti i criteri hanno pari rilevanza e si analizzano i dati ci si basa sulle performance dei diversi indicatori, ovvero si assume un atteggiamento oggettivo, che si basa sul risultato (indicatore) e sulle sue caratteristiche.

Nel lavoro di tesi si è inizialmente messo a punto un sistema di indicatori di sostenibilità urbana a partire dai sistemi di valutazione/cerificazione esistenti; il sistema di indicatori creato ha consentito di valutare, per confronto, tre alternative proposte progettuali (elaborate dagli studenti nell'ambito universitario) riferite al quartiere Lorenteggio di Milano; tali alternative hanno consentito di identificare la porzione di spazio dell'azione rispetto alla quale avviare il processo di valutazione e di successiva progettazione.

1.3. Risultati

Il lavoro di tesi è stato mirato a verificare l'integrabilità della valutazione nel processo di progettazione. La valutazione, infatti, è stata considerata un vero e proprio strumento di progettazione intesa, quest'ultima, come processo ciclico di disegno della trasformazione e verifica della qualità di questa intesa in senso ambientale. Il lavoro ha consentito di verificare anche che la multidimensionalità e l'intersectorialità propri dell'obiettivo della sostenibilità, possono essere trasformati in criteri capaci di guidare l'azione progettuale.

L'ipotesi di integrabilità è stata opportunamente verificata mettendo a punto un sistema di indicatori di sostenibilità urbana specificatamente orientati a catturare l'efficacia, in termini di sostenibilità, della forma urbana. In particolare, a valle di una ricerca sui sistemi di valutazione esistenti (LEED ND, HQE2R, Plan Especial de Indicadore de Sostenibilidad Ambiental de la Actividad Urbanistica de Sevilla, ecc.) è stata costruita una matrice di valutazione specificatamente ispirata ad un modello di città compatta ed efficiente capace di orientare la progettazione.

La matrice di valutazione, strumento operativo di un approccio consapevolmente

multidimensionale e multisetoriale, vuole rispondere alle sfide proposte dalla complessità della città costruita, e si configura come uno strumento di valutazione multicriteri. L'insieme dei criteri è suddiviso in categorie relative a diversi aspetti del complesso sistema città.

Il sistema di indicatori è stato testato su di un caso studio, il quartiere Lorenteggio a Milano; su di esso sono state prese in considerazione tre proposte progettuali elaborate dagli studenti del corso *Laboratorio di Eco-urbanistica*. Questi progetti, insieme al sistema di indicatori, hanno definito lo spazio dell'azione rispetto al quale avviare il processo integrato di valutazione/progettazione; i risultati della valutazione hanno consentito di delineare le linee guida per la realizzazione di un nuovo progetto che "impara ad essere più sostenibile" dai progetti esistenti e dagli esiti della valutazione.

Il nuovo progetto così costruito è stato nuovamente valutato attraverso la suddetta matrice al fine di dimostrare uno spostamento migliorativo di quest'ultimo nello spazio dell'azione in miglioramento rispetto alle ipotesi progettuali dalle quali deriva.

Il lavoro dimostra come l'integrazione valutazione/progettazione sia possibile e come gli strumenti di valutazione si presentino ad agire come un aiuto, un supporto alla progettazione urbana; essi non definiscono e non propongono un'alternativa ottimale derivata dai calcoli degli indicatori, ma guidano il miglioramento delle alternative analizzate in quanto consentono di uno costruire delle guide dell'azione progettuale in uno spazio di azione senza confini. In questo modo la progettazione è coerente con un modello decisionale dinamico che tiene conto degli impatti prodotti dalle singole componenti o dimensioni del progetto sull'ambiente.

1.4. Prospettive

Il lavoro di tesi dimostra che la valutazione può diventare uno strumento di supporto alla progettazione urbana orientata verso la sostenibilità ambientale. Presenta una concezione di progetto coerente con un modello decisionale dinamico che tiene conto degli impatti prodotti dalle singole componenti del progetto sull'ambiente. Elabora un sistema di indicatori di valutazione innovativo di supporto alla progettazione urbana, è quindi importante individuare i campi di attuazione del sistema di indicatori in modo che esso diventi uno strumento semplice e di facile utilizzo.

Esso può diventare un sistema di semplice utilizzo da parte delle amministrazioni e dei portatori d'interesse per uno studio comparativo di soluzioni progettuali alternative, nel caso, ad esempio, di un bando di concorso per stabilire quale sia la soluzione migliore tra le proposte e quali potrebbero essere i modi di migliorarle; inoltre potrebbe essere utilizzato per confrontare le alternative proposte con l'alternativa zero, ossia quella che esclude qualsiasi decisione di trasformazione (la *no action*), o ancora per confronto confrontare differenti soluzioni urbane di una stessa area in differenti fasi storiche; quest'ultima ci consentirebbe di analizzare gli interventi effettuati nel tempo per verificare se si sta percorrendo la strada corretta o se, forse, le alternative precedenti sono migliori, o ancora per esplorare strategie di intervento non ancora attuate.

Affinché questo strumento divenga realmente una possibile alternativa per la stima della sostenibilità nella pianificazione urbana è importante garantire una sua replicabilità. Dunque, per eseguire la procedura di valutazione non è necessario ovviamente ripercorrere tutto il percorso proposto da questo lavoro, ma comprenderne lo spirito e considerare continuamente i limiti intrinseci di un sistema di valutazione secondo indicatori; essi infatti hanno un valore comparativo di guida alla progettazione e non delineano un'alternativa ottimale, ma quella/e soddisfacente/i.

VALUTAZIONE E PROGETTO

2

VALUTAZIONE E PROGETTO

2.1. Ragionare sui valori complessi

Città e territori sono chiamati ad affrontare le sfide strategiche di uno sviluppo sostenibile, in base alla complessità delle prospettive interagenti, agli interessi e alle preferenze dei soggetti decisori e dei soggetti interessati, tenendo conto delle risorse esistenti, delle diverse forme dei capitali (umano, sociale, economico, ambientale, culturale, ecc.) e delle loro relazioni reciproche (Kirdar, 2003; Fusco Girard et al., 2003).

In questa prospettiva, gli approcci integrati di supporto alle decisioni per la pianificazione e progettazione urbana possono contribuire a generare risultati più efficienti ed efficaci rispetto agli approcci settoriali e, allo stesso tempo, sono in grado di lavorare in uno spazio di decisione (Wiek & Walter, 2009) multidimensionale e intersettoriale (inter-/trans-/multi-/sectoral). L'integrazione è un concetto complesso, caratterizzato da diverse dimensioni che devono essere definite ed esplorate; essa comporta processi verticali e orizzontali, che possono essere diffusi, fluidi, e multidirezionali, relativi a diversi aspetti dello sviluppo territoriale, piuttosto che rigidi, gerarchici, uni-lineari e (Allmendinger & Tewdwr-Jones, 2006). L'integrazione di approcci valutativi significa quindi considerare l'interazione dinamica tra le diverse dimensioni contestuali, in grado di combinare le relazioni esistenti e di esplorare la potenzialità di costruire nuove relazioni (Cerreta, 2010).

Le particolarità e le specificità del contesto, a loro volta, suggeriscono che la scelta dell'approccio integrato più appropriato dipende dalla natura delle diverse strutture decisionali per la gestione del territorio (Leknes, 2001; Mayer et al., 2004) e dal modo di considerarle, esse comportano la necessità di individuare un problema decisionale situato in una prospettiva multidimensionale. In effetti, un processo decisionale può essere considerato un'opportunità piuttosto che un problema (Keeney, 1992), rispetto alla quale si possono creativamente suggerire ulteriori alternative, a partire dalla consapevolezza dei valori esistenti. I valori guida non guidano soltanto la creazione di alternative adeguate, ma sostengono anche l'individuazione di situazioni decisionali.

"Il ragionamento sui valori si pone nel grande vuoto che esiste tra i pensieri creativi non strutturati e gli approcci molto strutturati utilizzati per risolvere i problemi decisionali, rappresenta la struttura mentale che permette di affrontare e valutare le opportunità e i problemi decisionali in modo creativo" (Keeney, 1992, p. 8). Esso suggerisce diversi paradigmi per affrontare le decisioni di pianificazione a partire dall'alternativa standard, incentrata sul paradigma del pensiero, considerando uno sforzo significativo per articolare i valori utilizzati per identificare le opportunità di decisione e di creazione delle alternative. Una comprensione profonda e approfondita dei significati dei valori insiti in un processo decisionale può fornire spunti importanti e sensibili per tutti gli aspetti dello stesso e aiuta a migliorarlo con effetti sinergici sull'identificazione delle opportunità e sulla creazione delle alternative. Il riconoscimento dei valori esistenti è strettamente legato all'individuazione delle opportunità decisionali e guida l'elaborazione della decisione stessa. Comprendere il ruolo dei diversi valori significa riconoscere l'assoluta necessità di andare oltre gli aspetti pratici dello strumento e quindi porsi alcune questioni, ad esempio: *quali valori utilizzo? per analizzare che cosa?, per chi? quali valori in base al punto di vista? quali valori in base al quale tipo di priorità?*

L'approccio basato sui criteri considera come presupposto essenziale la visione multidimensionale degli stessi, una prospettiva complessa, secondo cui è possibile integrare i criteri appartenenti a multiple dimensioni. All'interno di un approccio integrato dei processi decisionali, ragionare sui valori comporta la necessità di includere una prospettiva multidimensionale, che tenga conto degli aspetti materiali e immateriali, dei valori *hard* e dei valori *soft*, dei valori oggettivi e soggettivi, dei valori

usati, dei valori non utilizzati, dei valori intrinseci (Fusco Girard & Nijkamp, 1997; Fusco Girard, 2010) e delle loro relazioni sinergiche e complementari.

Ragionare sui valori complessi significa formulare una strategia di decisione (Liew e Sundaram, 2009) per rispondere a un problema specifico. Significa quindi supportare la strutturazione della gestione integrata del processo decisionale, orientandosi verso l'elaborazione di obiettivi e soluzioni in grado di creare nuovi valori dalla conoscenza della pluralità e dalla specificità del contesto. Con le sue norme spaziali, temporali, culturali, sociali e cognitive, il contesto diventa la struttura su cui le risposte al processo di progettazione possono essere modellate.

La prospettiva integrata cerca di rendere la valutazione un'attività incorporata all'interno del processo di pianificazione, assumendo che ogni volta viene utilizzata con un ruolo diverso (Alexander, 2006). All'interno di una prospettiva integrata di valutazione si facilita il dialogo tra le conoscenze e i valori attraverso la costruzione degli obiettivi e delle azioni, dato che consente l'identificazione di valori e di significati rilevanti connessi, l'esplorazione di opportunità e la creazione di alternative; misura gli eventuali impatti e gli effetti durante la gestione di complessi e molteplici sistemi di priorità.

Un approccio integrato presenta potenzialità e debolezze, sottolinea la necessità di considerare la valutazione e la progettazione come attività reciprocamente incorporate. Si può sostenere che all'interno del campo di approcci integrativi, il riconoscimento del valore assume un ruolo fondamentale ed è strettamente legato a diverse forme di conoscenza, al cui interno sono identificati obiettivi e scenari, sono dedotte le regole decisionali, e dove vengono implementate le valutazioni settoriali al fine di creare una scala di priorità di opzioni alternative.

2.2. Verso sistemi complessi di valutazioni multi-criterio

La valutazione può assumere diversi significati e ruoli all'interno dei processi decisionali, soprattutto se è legata alla pianificazione o progettazione spaziale. E.R. Alexander (2006) sottolinea che la valutazione è intrinseca in tutti i processi decisionali e che un approccio più mirato può essere espresso da "la valutazione nella pianificazione". L'idea di "valutazione interna alla pianificazione" sembra interpretare meglio il concetto di valutazione-pianificazione proposto da Lichfield (1996), dove il binomio permette la spiegazione della stretta interazione e dell'inquadramento reciproco che la valutazione e la pianificazione/progettazione dovrebbero avere: la valutazione è concepita come un aspetto profondamente radicato nella progettazione ed evolve con essa.

L'evoluzione dei metodi di valutazione riflette la relazione stabilita di volta in volta con il processo di pianificazione e anche il modo in cui questi metodi interagiscono con la diversità e la molteplicità di conoscenze e valori. In *Evaluation in planning* (2006), Alexander ripercorre la storia dei metodi adottati in prospettiva della valutazione del processo di pianificazione e individua quattro generazioni principali di metodi, "che rappresentano il progresso dal positivismo empirico all'interazione post-positivista" (Alexander, 2006, p. 11.).

La prima generazione include *Analisi Costi-Benefici* (BCA), *Analisi d'Impatto finanziario* (FIA) e *Analisi costo-efficacia* (CEA) ed è caratterizzata dalla dipendenza da una misurazione scientifica. La seconda generazione combina la misurazione empirica con alcune valutazioni degli obiettivi-risultati, applicate a metodi di *Realizzazione della Matrice degli Obiettivi* (GAM) e metodi di *Valutazione Multi-criterio* (MCE). La terza generazione cerca il valore oggettivo e senza vie di valutazione e comprende i metodi di analisi d'impatto, come la *Pianificazione di Analisi di Bilancio* (PBSA), la *Valutazione di Impatto Ambientale* (VIA), l'*Analisi dell'Impatto Sociale* (SIA). La quarta generazione è orientata all'interazione post-positivista intersoggettiva e *Analisi di Impatto sulla*

Comunità (CIA), e la sua evoluzione nella *Valutazione d'Impatto sulla Comunità (CIE)*, che è la migliore espressione di questa categoria di metodi.

Altre classificazioni si riferiscono a metodi di valutazione dei diversi modelli di pianificazione, che comprendono la pianificazione deliberativa, la pianificazione interattivo-comunicativa, la progettazione coordinativa, la pianificazione come impostazione della struttura e della pianificazione delle relazioni e sono associate a diversi tipi di razionalità, come quella strumentale, sostanziale e comunicativa (Alexander, 1998; Khakee, 2003).

Tuttavia, una corrispondenza diretta tra i metodi di valutazione della pianificazione, i modelli di pianificazione e la forma della razionalità non è così evidente, anche se la diffusione di nuovi paradigmi e l'identificazione di nuove razionalità attivano lo sviluppo di nuovi approcci di valutazione, come i sistemi complessi multi-criterio (Miller & Patassini, 2005; Alexander, 2006; Deakin et al., 2007).

Questo tipo di analisi si può far risalire di principio all'approccio di ottimo economico di Vilfredo Pareto, basato sull'ipotesi che bisogna tenere conto di una pluralità d'interessi, molti dei quali in conflitto. Il concetto di ottimo paretiano riconosce, infatti, la molteplicità e la conflittualità degli obiettivi di cui ciascun soggetto sociale è portatore.

Questo principio è stato ampliato ed adottato dal mondo della produzione sotto la pressione derivata dalla necessità di migliorare la qualità, riducendo possibilmente i costi. E' questo, infatti, il campo in cui è evidente che la massimizzazione di tutti gli obiettivi contemporaneamente non è possibile, perché la massimizzazione di un obiettivo comporta la contemporanea minimizzazione di altri.

L'analisi multicriterio nasce quindi dal riconoscimento della centralità del conflitto e dalla necessità di trovare ad esso delle soluzioni, attraverso l'ampliamento del quadro di riferimento.

In generale non esiste un'unica soluzione a tale conflitto, ma un insieme di soluzioni efficienti dal punto di vista paretiano. Ciò significa che si è chiamati ad confrontare molteplici alternative, cioè ad elaborare dei trade-off tra obiettivi/criteri conflittuali.

Questo processo del quale il conflitto rappresenta un elemento strutturale da affrontare caratterizza tutte le elaborazioni progettuali, a qualunque scala.

Il progetto non può quindi che essere il risultato della ricerca del miglior compromesso tra esigenze tra loro non massimizzabili contemporaneamente: funzionalità, qualità visivo/percettiva, costi di costruzione/manutenzione/gestione. Il processo è completato quando si trova quella soluzione più vicina a quella "ideale", che "compone" tutti i diversi obiettivi e li consegue ad un livello giudicato soddisfacente (Fusco Girard & Nijkamp, 1997).

Le analisi multicriterio possono essere utilizzate per diversi scopi:

1. identificare l'opzione preferibile tra le diverse possibili;
2. individuare un ordine di priorità (completo o incompleto) tra tutte le opzioni considerate;
3. identificare un certo numero ristretto di opzioni (tra tutte quelle proposte) da sottoporre ad una valutazione di tipo più dettagliato;
4. distinguere semplicemente le opzioni accettabili da quelle non accettabili.

Seppure siano stati proposti diversi metodi di valutazione multicriterio è possibile identificare alcune caratteristiche comuni come, ad esempio, la necessità di identificare gli obiettivi ed i criteri, assegnare i pesi ai criteri, costruire una matrice di valutazione, condurre un'analisi di sensitività dei risultati.

In genere, il primo passo nell'applicazione di un metodo di valutazione multicriterio consiste nella costruzione della matrice di valutazione, in cui per colonne si dispongono

le opzioni oggetto della valutazione e per righe i criteri di valutazione: ciascun elemento della matrice rappresenta gli effetti di una data opzione rispetto ad un certo criterio. Le componenti della matrice possono essere costituite sia da dati numerici che da informazioni qualitative, cioè da simboli.

Dopo aver costruito la matrice di valutazione il passo successivo è costituito dall'attribuzione di un punteggio numerico a ciascuna componente della matrice. Tale operazione di "scoring" viene condotta una volta fissata come riferimento una certa scala di preferenza.

In questo modo è possibile omogeneizzare informazioni di diversa natura, espresse con riferimento a differenti scale di valutazione (quantitative e qualitative), tenendo conto che talvolta un numero in valore assoluto maggiore di un altro associato ad un certo indicatore indica un miglior comportamento di un'opzione rispetto ad un'altra e che, invece, in altri casi può valere il viceversa.

Un passaggio successivo può essere rappresentato dalla fase di assegnazione dei pesi a tutti i criteri di valutazione. Questo significa che a ciascun criterio viene assegnato un valore numerico che ne esprima la sua importanza relativa rispetto agli altri criteri; anche in questo caso si può utilizzare l'intervallo compreso tra 0 (zero) ed 1 (uno), dove la sommatoria di tutti i pesi assegnati ai criteri sia proprio pari ad 1 e dove il valore maggiore riconosciuto ad un criterio rappresenta la maggiore importanza del criterio stesso rispetto agli altri.

Allo scopo di ottenere un ordine di preferibilità tra le opzioni alternative considerate, le analisi multicriterio cercano di combinare, utilizzando opportuni algoritmi matematici, i punteggi attribuiti a ciascuna opzione per ciascun criterio ed i pesi attribuiti ai criteri.

In tal senso si possono avere delle tecniche di tipo compensativo, per le quali un basso punteggio ottenuto da una proposta rispetto ad un criterio può essere compensato da un alto punteggio riportato dalla stessa opzione rispetto ad un altro indice, combinando opportunamente i punteggi con i pesi attribuiti ai criteri. Utilizzando altre tecniche questo non accade e, in questi casi, si parla di metodi di tipo non-compensativo.

Si noti che la possibilità di assegnare i pesi ai criteri e di aggregarne i relativi punteggi è possibile se si assume la condizione di mutua indipendenza delle preferenze, cioè se si assume che la preferenza per una certa alternativa rispetto ad un indicatore è indipendente dalla preferenza per la stessa opzione rispetto ad un altro criterio; diversamente si rischierebbe di contare due volte uno stesso criterio.

Inoltre, bisogna considerare che, quando ci si trova innanzi ad un problema decisionale e si cerca di individuare quale metodo di valutazione multicriterio utilizzare in un contesto specifico, bisogna innanzitutto distinguere tra metodi "discreti" e metodi "continui", che implica tener conto del numero di alternative che devono essere valutate.

I problemi di tipo discreto sono quelli che fanno riferimento a un insieme finito di opzioni alternative, mentre quelli di tipo continuo si riferiscono alla possibilità di ottenere risultati che sono infinitamente variabili.

Nella maggior parte dei casi ci si trova, però, nella condizione di avere un numero finito di alternative che devono essere valutate secondo un numero, anch'esso finito, di criteri: come si è già sottolineato il primo passo consiste, in questo caso, nella costruzione della matrice di valutazione, cioè nel collezionare i dati che riflettono il comportamento di ciascuna opzione nei confronti di ogni criterio di valutazione.

Allo scopo di dedurre una graduatoria di preferibilità tra le diverse opzioni oggetto della valutazione multicriterio è necessario introdurre il concetto di "dominanza": si dice che un'opzione domina un'altra opzione se la prima si comporta meglio della seconda almeno rispetto ad un criterio e le due opzioni si comportano allo stesso modo rispetto ai restanti criteri.

Inoltre, un'alternativa domina tutte le altre se questa circostanza si verifica nel

confronto di quella proposta con tutte le altre. Nella pratica è raro che si verifichi la condizione per cui un'opzione domini tutte le altre, così che la valutazione non risulti essere affatto immediata; più spesso, invece, è possibile andare ad identificare quelle opzioni che sono certamente dominate da tutte le altre, in maniera tale da escluderle dalla valutazione.

Per le altre proposte rimanenti è necessario operare un trade-off, cioè comprendere in che modo un comportamento peggiore di una certa alternativa rispetto ad un criterio possa essere compensato da un comportamento migliore di quella stessa opzione rispetto ad un altro criterio.

Ovviamente nel caso non si voglia condurre un trade-off si devono utilizzare esclusivamente dei metodi di tipo non compensativo. Se si accetta la compensabilità tra i criteri (o attributi), cioè la possibilità di operare un trade-off, allo scopo di aggregare i punteggi attribuiti ad ogni alternativa per ciascun criterio e, quindi, individuare un ordine di preferibilità tra le diverse opzioni alternative, è possibile riferirsi alla "teoria dell'utilità multi-attributo" (Keeney & Raiffa, 1976).

Si tratta di una procedura che consiste in tre fasi:

1. la *prima fase* è quella dell'individuazione dei criteri e della costruzione della matrice di valutazione;
2. la *seconda fase* consiste nell'esaminare se i criteri di valutazione individuati sono indipendenti l'uno dall'altro oppure no;
3. nella *terza fase* si valuta il comportamento di ogni singola opzione rispetto a tutti i criteri costruendo una opportuna funzione matematica che associ a ciascuna alternativa un singolo indice numerico, detto "U". Ottenuto il valore di tale indice sintetico per tutte le opzioni alternative è possibile ottenere un ordine completo di preferibilità tra le diverse opzioni, dove l'alternativa preferibile è quella che possiede un più elevato valore di U. Naturalmente il modo più semplice, ma non sempre più efficace, di costruire una funzione matematica in grado di combinare insieme i punteggi attribuiti alle componenti della matrice di valutazione ed i pesi attribuiti ai criteri è quello di costruire un modello di tipo lineare, moltiplicando i punteggi di ciascun criterio per il peso di quel criterio e, quindi, sommando insieme tali punteggi così pesati; in tal modo i valori attribuiti ai diversi criteri possono essere combinati insieme ottenendo un valore complessivo per ciascuna opzione.

Poiché, come si è già evidenziato, il modello additivo ("somma pesata") non è quello più soddisfacente, sono stati sviluppati altri approcci che, comunque, si rifanno alla teoria dell'utilità multi-attributo, ma che utilizzano algoritmi matematici più complessi: ad esempio, nel caso dell'*Analytic Hierarchy Process* (AHP) si opera un confronto a coppie tra criteri (per assegnarne i pesi) e tra le alternative (per dedurne un ordine di priorità), utilizzando il calcolo dell'autovettore principale delle matrici dei confronti a coppie, e si ottiene un indice sintetico (espresso su di una scala da zero ad uno) che esprime il comportamento complessivo di ciascuna alternativa.

Un approccio diverso da quello che fa riferimento alla teoria dell'utilità multi-attributo è quello che si basa, invece, sul concetto di "surclassamento", che esprime un altro tipo di concetto di dominanza. Anche in questo caso vengono attribuiti dei pesi ai diversi criteri di valutazione e, in particolare, si dice che un'opzione surclassa un'altra opzione se la prima supera la seconda rispetto ad un numero abbastanza elevato di criteri di sufficiente importanza (in relazione alla somma dei pesi attribuiti a tali criteri) e, allo stesso tempo, la prima opzione non è superata dalla seconda, nel senso che non si verifica che per qualche criterio essa abbia un comportamento inferiore all'altra in maniera significativa, cioè tale da compromettere il miglior comportamento

complessivo registrato rispetto agli altri criteri considerati.

Operativamente, viene effettuato un confronto a coppie tra tutte le opzioni rispetto a tutti i criteri per comprendere in che misura ciascuna opzione surclassa o meno le altre, anche con riferimento ad alcuni parametri di soglia, che possono essere fissati per ciascun criterio. Nell'applicazione dei metodi basati sulle relazioni di surclassamento può avvenire che, nel caso si verifichino certe condizioni, risulti difficile comparare due opzioni, e si dice che esse sono tra loro "incomparabili". Questa condizione di incomparabilità comporta l'impossibilità di avere un ordine completo di preferibilità tra le diverse opzioni, il che significa poter affermare con certezza che solo determinate alternative sono preferibili ad alcune altre, mentre non è possibile identificare un grado di preferibilità tra alcune opzioni oggetto della valutazione (Fusco Girard et al., 2006).

A livello internazionale sono stati sviluppati molti strumenti al fine di facilitare l'integrazione dei valori ambientali nella pianificazione e progettazione urbana (de Roo & Visser, 2004; Rotmans et al., 2000; Runhaar et al., 2009). Questi strumenti sono applicati per identificare e valutare le funzioni spaziali ma anche gli aspetti più pratici del processo che le definisce, e mirano a orientare la progettazione urbana in senso ambientale. Secondo Runhaar et al. (2009), è possibile identificare due tipi principali di strumenti di pianificazione:

- *Strumenti sostantivi* che assumono la forma di conoscenze sullo stato dell'ambiente urbano attraverso indicatori (GIS, ecc.) e possono essere utilizzati per la produzione di conoscenza. Questa categoria comprende strumenti di pianificazione e progettazione basati su sistemi supportati da computer (PSS), che coprono una vasta gamma di tecnologie di geo-informazione, utilizzati per visualizzare le condizioni ambientali e per esplorare gli effetti degli sviluppi spaziali.
- *Strumenti procedurali*, che facilitano il dialogo, la costruzione del consenso e la negoziazione, stimolando la ricerca e lo sviluppo di soluzioni creative, secondo un approccio di pianificazione interattiva (Amler et al., 1999; Susskind et al., 1999; Valentin & Spangenberg, 2000).

Gli strumenti di pianificazione ibridi, in grado di combinare gli strumenti sostanziali e quelli basati sul processo mirano a facilitare l'integrazione della pianificazione ambientale e urbanistica, la modellazione flessibile e a supportare le decisioni interrelate (Liew & Sundaram, 2009). I metodi di valutazione sviluppati nel contesto della pianificazione, nonostante la loro diffusione e applicazione, non erano in grado di superare il divario tra teoria e pratica. Secondo Alexander (2006), la sfida è creare un quadro di valutazione in grado di essere "sensibile alla complessità, per la comunicazione trasparente, che permetta l'interazione efficace" (p. 274), come *arena* per discutere e risolvere le opinioni contrastanti.

Il lavoro di tesi propone l'utilizzo di strumenti sostantivi ovvero strumenti che restituiscono misure quantitative degli aspetti che caratterizzano il contesto analizzato, tralasciando invece la progettazione interattiva, basata su di un metodo partecipato.

2.3. I modelli a criteri multipli e gli indicatori di sostenibilità

L'uso mirato di sistemi di indicatori di sostenibilità alla scala della progettazione urbana di quartiere (masterplan) consente la concettualizzazione del processo di progettazione in uno spazio di azione ad n dimensioni, essendo n il numero di indicatori prescelti allo scopo (Concilio, 1999).

Gli indicatori sono scelti in base agli obiettivi, che possono essere individuati da

esigenze politiche, dai portatori di interesse o dalla popolazione, ad essi, per ogni alternativa analizzata, viene assegnato un punteggio numerico, in questo modo si possono omogeneizzare informazioni di diversa natura, riferite a scale differenti (Fusco Girard et al, 2006).

Data la complessità delle dinamiche ambientali messe in gioco dalle trasformazioni urbane, è impossibile definire a priori lo spazio d'azione e diviene necessario considerare la progettazione come un processo di aggiustamenti successivi a partire dalle alternative progettuali disponibili (Giampietro, 1999): la progettazione si conforma come una navigazione tra porzioni ridotte di tale spazio rispetto alle quali è possibile valutare le differenti alternative progettuali.

Allo scopo di dedurre una graduatoria di preferibilità tra le diverse opzioni oggetto della valutazione multicriterio è necessario introdurre il concetto di "dominanza": si dice che un'opzione domina un'altra opzione se la prima si comporta meglio della seconda almeno rispetto ad un criterio e le due opzioni si comportano allo stesso modo rispetto ai restanti criteri.

Sinteticamente è possibile schematizzare una generica situazione con due criteri c_1 e c_2 , e 4 alternative a_1 , a_2 , a_3 , a_4 non dominate, correntemente disponibili. In questa condizione si possono avere due orientamenti per la modificazione dello spazio dell'azione: i) modificazione dell'insieme dei criteri; ii) modificazione dell'insieme delle alternative. La prima può scaturire dal confronto fra le alternative che mette in luce l'esistenza, in alcune di esse, di elementi o di fattori che non sono rappresentati all'interno dei criteri disponibili e che, invece, appaiono rilevanti. Tale modificazione comporta una trasformazione dello spazio dell'azione. La modificazione dell'insieme delle alternative può scaturire da due tipi di esplorazione: i) esplorazione orientata dai criteri rilevanti; ii) esplorazione mirata alla riduzione delle carenze nelle alternative (Concilio, 1999).

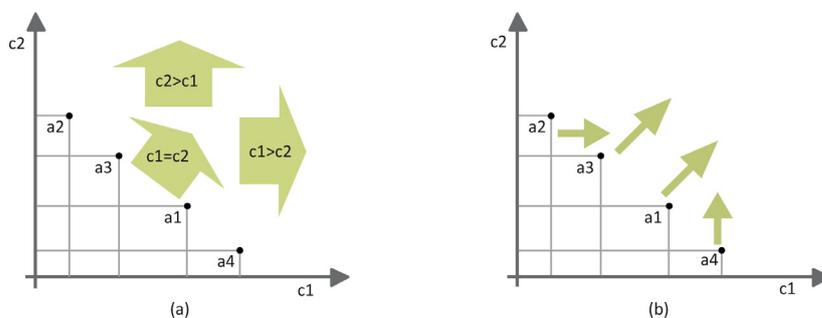


Figura n°02. La ricerca dello spazio delle decisioni, (Fonte: Concilio, G., La conservazione del patrimonio culturale/ambientale: verso i processi di valutazione interattiva, 1999).

Nel primo caso l'esplorazione si svolgerà come in figura 2(a) a seconda della rilevanza dei criteri. Si ipotizzi, estremizzando, che due agenti considerino rispettivamente più rilevanti i criteri c_1 e c_2 , mentre il terzo agente considera i due criteri di pari rilevanza, i tre agenti si muoverebbero alla ricerca di soluzioni migliori di quelle disponibili secondo le direzioni indicate in figura, a partire proprio da quelle alternative disponibili che meglio soddisfano il criterio o l'insieme dei criteri considerati rilevanti. Nell'ambito della pianificazione questo tipo di meccanismo è ulteriormente complicato dal fatto che ciascuna alternativa (piano, progetto o fase storica) si presenta come insieme di microalternative e che quindi la ricerca delle alternative considerate migliori si conforma maggiormente come ricerca di possibili trasformazioni delle alternative in gioco verso zone dello spazio decisionale considerate opportune per la decisione in esame.

Nel secondo caso, invece, le alternative andranno ristrutturandosi in virtù degli esiti della valutazione e con riferimento alle caratteristiche, relative a ciascun criterio, che contribuiscono a renderle non dominanti (figura 2(b)): ciascuna alternativa può essere ristrutturata con riferimento a quella caratteristica descrittiva dello spazio decisionale (quel criterio) rispetto alla quale risulta localmente dominata dalle altre alternative disponibili.

Dal risultato delle analisi delle diverse alternative si possono dedurre alcune linee guida che aiutino a muovere le diverse opzioni verso un miglioramento all'interno dello spazio dell'azione; esse vengono dedotte dai risultati ottenuti per ciascun criterio di valutazione. Infatti, un'alternativa può risultare dominante per alcuni criteri e dominata per altri, riflettendo sulle motivazioni di questi risultati si possono dedurre delle strategie operative di intervento per migliorare l'una e/o l'altra alternativa.

Se ci si pone nel caso in cui tutti i criteri hanno pari rilevanza e si analizzano i dati ci si basa sulle performance dei diversi indicatori, ovvero si assume un atteggiamento oggettivo, che si basa sul risultato (indicatore) e sulle sue caratteristiche.

Un passo successivo può essere rappresentato dalla fase di assegnazione dei pesi ai criteri di valutazione. Questo significa che a ciascun criterio viene assegnato un valore numerico che ne esprima la sua importanza relativa rispetto agli altri criteri; anche in questo caso si può utilizzare l'intervallo compreso tra zero ed uno, dove la sommatoria di tutti i pesi assegnati ai criteri sia proprio pari ad 1 e dove il valore maggiore riconosciuto ad un criterio rappresenta la maggiore importanza del criterio stesso rispetto agli altri (Fusco Girard et al., 2006). In tal senso si possono avere delle tecniche di tipo compensativo, per le quali un basso punteggio ottenuto da un'opzione rispetto ad un criterio può essere compensato da un alto punteggio riportato dalla stessa opzione rispetto ad un altro criterio, combinando opportunamente i punteggi con i pesi attribuiti ai criteri.

Utilizzando altre tecniche questo non accade e, in questi casi, si parla di metodi di tipo non-compensativo. Si noti che la possibilità di assegnare i pesi ai criteri e di aggregarne i relativi punteggi è possibile se si assume la condizione di mutua indipendenza delle preferenze, cioè se si assume che la preferenza per una certa opzione rispetto ad un criterio è indipendente dalla preferenza per la stessa opzione rispetto ad un altro criterio; diversamente si rischierebbe di contare due volte uno stesso criterio.

Inoltre, bisogna considerare che, quando ci si trova innanzi ad un problema decisionale si cerca di individuare quale metodo di valutazione multicriterio utilizzare in un contesto specifico, bisogna innanzitutto distinguere tra metodi "discreti" e metodi "continui", che implica tener conto del numero di alternative che devono essere valutate. I problemi di tipo discreto sono quelli che fanno riferimento ad un insieme finito di opzioni alternative, mentre quelli di tipo continuo si riferiscono alla possibilità di ottenere risultati che sono infinitamente variabili.

Nella maggior parte dei casi ci si trova, però, nella condizione di avere un numero finito di alternative che devono essere valutate secondo un numero, anch'esso finito, di criteri: come si è già sottolineato il primo passo consiste, in questo caso, nella costruzione della matrice di valutazione, cioè nel collezionare i dati che riflettono il comportamento di ciascuna opzione nei confronti di ogni criterio di valutazione.

Allo scopo di dedurre una graduatoria di preferibilità tra le diverse opzioni oggetto della valutazione multicriterio è necessario introdurre il concetto di "dominanza": si dice che un'opzione domina un'altra opzione se la prima si comporta meglio della seconda almeno rispetto ad un criterio e le due opzioni si comportano allo stesso modo rispetto ai restanti criteri.

Inoltre, un'opzione domina tutte le altre se questa circostanza si verifica nel confronto di quella opzione con tutte le altre. Nella pratica è raro che si verifichi la condizione per cui un'opzione domini tutte le altre, così che la valutazione non risulti essere affatto immediata; più spesso, invece, è possibile andare ad identificare quelle

opzioni che sono certamente dominate da tutte le altre, in maniera tale da escluderle dalla valutazione.

Per le altre opzioni rimanenti è necessario operare un trade-off, cioè comprendere in che modo un comportamento peggiore di una certa opzione rispetto ad un criterio possa essere compensato da un comportamento migliore di quella stessa opzione rispetto ad un altro criterio. Ovviamente nel caso non si voglia condurre un trade-off si devono utilizzare esclusivamente dei metodi di tipo non compensativo.

2.4. Riferimenti bibliografici

- Alexander E. R., (ed) (2006). *Evaluation in Planning. Evolution and Prospects*. Ashgate, Aldershot.
- Amler B., Etker D., Eger H., Ehrlich C., Kohler A., Kutter A., von Lossau A., Müller U., Seidemann S., Steurer R., Zimmermann W. (1999). *Land Use Planning: Methods, Strategies and Tools*. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit [<http://www.iapad.org/publications/ppgis/gtzplup.pdf>, access October 2009].
- Allmendinger P., Tewdwr-Jones M (2006) *Territory, Identity and Space: Planning in a Disunited Kingdom*, Routledge, London.
- Cerreta, M., (2010). Thinking through complex Values, in Cerreta, M., Concilio, G., Monno, V., *Making Strategies in Spatial Planning*, Springer, London-New York.
- Concilio, G., (1999). *La conservazione del patrimonio culturale/ambientale: verso processi di valutazione interattiva*. Tesi di dottorato di ricerca in: Metodi di valutazione per la conservazione integrata del patrimonio architettonico, urbano ed ambientale, "Università degli studi di Napoli, Federico II".
- Deakin M., Mitchell G., Nijkamp P., Vreeker R. (eds) (2007). *Sustainable Urban Development. The Environmental Assessment Methods* (Vol. 2), Routledge, London
- de Roo, G., Visser, J. (2004). *Slimme Methoden voor Milieu en Ruimte. Een Analyse van Zestien Toonaangevende Milieubeschouwende Methoden ten Behoeve van Planologische Keuzes* [Methods for the Integration of Environment in Spatial Planning], Faculty of Spatial Sciences, Groningen University, Groningen.
- Funtowicz, S. O., Martinez-Alier, J., Munda, G., Ravetz, J. (2002). *Multicriteria-Based Environmental Policy*. In: Abaza, H., Baranzini, A., (eds) *Implementing Sustainable Development*, UNEP/Edward Elgar, Cheltenham, pp. 53-77.
- Fusco Girard L., (1987). *Risorse Architettoniche e Culturali: Valutazioni e Strategie di Conservazione*. Angeli, Milano.
- Fusco Girard, L., Forte, B., Cerreta, M., De Toro, P., Forte, F., (eds) (2003). *The Human Sustainable City. Challenges and Perspectives from the Habitat Agenda*, Ashgate, Aldershot.
- Fusco Girard, L., Nijkamp, P., (1997). *Le Valutazioni Integrate per lo Sviluppo Sostenibile della Città e del Territorio*, Angeli, Milano.
- Giampietro M. (1999). *Implications of Complexity for an Integrated Assessment of Sustainability Trade-offs: Participative Definition of a Multi-Objective Multiple-Scale Performance Space*, Advanced Study Course on Decision tools and Processes for Integrated Environmental Assessment, Universitat Autònoma Barcelona, September 20th – October 1st.
- Keeney, R. L. (1992). *Value-focused Thinking: A Path to Creative Decision-making*, Harvard University Press, Cambridge.

-
- Keeney R.L., Raiffa, H. (1976), *Decision with Multiple Objectives: Performance and Value Trade-Offs*, Wiley, New York.
- Kirdar Ü., (2003). *A Better and Stronger System of Human Governance*. In: Fusco Girard L, Forte B, Cerreta M, De Toro P, Forte F (eds) *The Human Sustainable City. Challengers and Perspectives from the Habitat Agenda*, Ashgate, Aldershot.
- Leknes, E. (2001). *The Role of EIA in the Decision-Making Process*. *Environmental Impact Assessment Review*, 21(4), pp. 309–334.
- Lichfield, N., (1996). *Community Impact Evaluation*, UCL Press, London.
- Liew, A., Sundaram, D., (2009). *Flexible Modelling and Support of Interrelated Decisions*. *Decision Support Systems*, 46(4), pp.786-802.
- Mayer, I., van Daalen, S., Els, C., Bots, P. W. G., (2004). *Perspectives on Policy Analyses: a Framework for Understanding and Design*. *International International Journal of Technology, Policy and Management*, 4 (2004), pp. 169–191.
- Miller D., Patassini, D., (eds) (2005). *Beyond Benefit Cost Analysis. Accounting for Non-Market Values in Planning Evaluation*, Ashgate, Aldershot.
- Munda, G., (2004). *Social Multi-Criteria Evaluation: Methodological Foundations and Operational Consequences*. *European Journal of Operational Research*, 158(3), pp. 662-677.
- Munda, G., (2008). *Social Multi-Criteria Evaluation for a Sustainable Economy*, Springer, Heidelberg.
- Rosenhead, J. (2005). *Controversy on the Streets: Stakeholder Workshops on a Choice a Carnival Route*. In: Friend J, Hickling A (eds) *Planning Under Pressure: the Strategic Choice Approach*, Butterworth-Heinemann, Oxford, pp. 298-302.
- Rotmans, J., van Asselt, M., Vellinga, P. (2000). *An Integrated Planning Tool for Sustainable cities*. *Environmental Impact Assessment Review*, 20(3), pp. 265-276.
- Runhaar, H., Driessen, P. P. J., Soer, L. (2009). *Sustainable Urban Development and the Challenge of Policy Integration: an Assessment of Planning Tools for Integrating Spatial and Environmental Planning in the Netherlands*. *Environment and Planning B*, 36(3), pp. 417-431.
- Susskind, L., McKearnan, S., Thomas-Larmer, J. (eds) (1999). *The Consensus Building Handbook: a Comprehensive Guide to Reaching Agreement*, Sage, Thousand Oaks.
- Valentin, A., Spangenberg, J. H. (2000). *A Guide to Community Sustainability Indicators*. *Environmental Impact Assessment Review*, 20(3), pp. 381-392.
- Wiek, A., Walter, A. (2009). *A Transdisciplinary Approach for Formalized Integrated Planning and Decision-Making in Complex Systems*. *European Journal of Operational Research*, 197(1), pp. 360-370.
-

STRUMENTI DI VALUTAZIONE

3

STRUMENTI DI VALUTAZIONE

3.1. La sostenibilità alla scala urbana

Il concetto di sviluppo sostenibile è però molto ampio; la sostenibilità è composta da tre componenti fondamentali: la sostenibilità economica (intesa come capacità di generare reddito e lavoro per il sostentamento della popolazione), sostenibilità sociale: (intesa come capacità di garantire condizioni di benessere umano equamente distribuite per classi e genere), sostenibilità ambientale (intesa come capacità di mantenere qualità e riproducibilità delle risorse naturali). Si può definire sviluppo sostenibile “uno sviluppo che soddisfa i bisogni di questa generazione senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni”(Commissione mondiale sull'ambiente e sullo sviluppo, 1987), nel corso della storia le definizioni sono state differenti: nel 1991, ad esempio, l'economista Herman Daly lo definisce come “svilupparsi mantenendosi entro la capacità di carico degli ecosistemi (il peso dell'impatto antropico sui sistemi naturali non deve superare la capacità di carico della natura; il tasso di utilizzo delle risorse rinnovabili non deve essere superiore alla loro velocità di rigenerazione; l'immissione di sostanze inquinanti e di scorie non deve superare la capacità di assorbimento dell'ambiente; il prelievo di risorse non rinnovabili deve essere compensato dalla produzione di una pari quantità di risorse rinnovabili, in grado di sostituirle), ma allo stesso tempo la definizione di sostenibilità ha sempre coinvolto i concetti di uguaglianza sociale e di giustizia.

Le città moderne sfidano questo concetto; sono in continua espansione, sottraggono suolo agli ecosistemi naturali e all'agricoltura, aumentano le loro dimensioni ad una velocità talmente elevata che gli strumenti convenzionali di guida e di controllo di crescita urbana non sono più efficaci per il loro controllo, quindi spesso “crescita” non equivale a qualità dell'ambiente costruito, né a ricchezza della popolazione che lo abita. La popolazione urbana è in continuo aumento, per questo le città assorbono risorse da tutto il mondo ed esportano rifiuti al di là dei loro confini provocando impatti devastanti sulla biosfera.

La crisi ecologica e la questione sociale appaiono quindi sempre più chiaramente problemi non congiunturali, ma strutturali della modernità; la città, soprattutto la città di grande dimensione, è diventata il luogo dove le trasformazioni sono più profonde e in cui è più elevato il degrado ambientale, più bassa è la qualità della vita, più forti sono le diversità e le marginalità prodotte.

La città è la creazione dell'uomo per eccellenza, ma è anche il suo prodotto più fragile, il luogo in cui il progetto moderno può fallire sotto la spinta combinata della crisi economica e sociale. Uno “sviluppo sostenibile” è la risposta per risolvere questi problemi.

Il luogo dove la sfida della sostenibilità può essere vinta è la città, proprio perché il cambiamento deve partire dal miglioramento delle condizioni ambientali di vita, mentre la città contemporanea si muove nel verso opposto.

All'interno dell'idea di sviluppo sostenibile si pongono questioni di complessità ma anche di conflittualità, dovute alla coesistenza di valori fondamentali tra loro in tensione; la sostenibilità, intesa dunque come la capacità di mantenere l'equilibrio dinamico tra polarità eterogenee e conflittuali, rimanda all'idea di mantenimento/conservazione nel tempo, e soprattutto nel lungo periodo, delle condizioni esistenti e di capacità di garantire un supporto, un sostentamento, senza produrre degrado. Il significato di sviluppo sostenibile dovrebbe essere quello di migliorare la qualità della vita o il benessere in modo durevole nel tempo (Fusco Girard & Nijkamp, 1997).

I dieci principi di Melbourne per le città sostenibili (UNEP/IETC, 2002), facenti parte degli impegni per lo sviluppo sostenibile a livello globale, fissano gli obiettivi fondamentali da perseguire per risolvere le criticità provocate dal funzionamento

lineare delle città e condurle verso un funzionamento a metabolismo circolare (Newman & Jennings)¹:

1. promuovere una visione a lungo termine sulle città, basata su sostenibilità intergenerazionale, sociale, equità economica e politica e loro individualità;
2. perseguire sicurezze economiche e sociali a lungo termine;
3. riconoscere il valore intrinseco della biodiversità e degli ecosistemi naturali, proteggendoli e recuperandoli;
4. Rendere le comunità capaci di minimizzare la propria impronta ecologica
5. Basarsi sulle caratteristiche degli ecosistemi nello sviluppo e consolidamento di città sane e sostenibili;
6. Essere in grado di riconoscere e di costruire sulla base delle caratteristiche distintive delle città, inclusi i loro valori culturali ed umani, la loro storia e i loro sistemi naturali;
7. Rafforzare il potere della popolazione e alimentare la partecipazione;
8. Espandere e attivare le reti di cooperazione per lavorare verso un comune futuro;
9. Promuovere sistemi di produzione e consumo sostenibili, attraverso un appropriato uso di tecnologie ambientalmente compatibili e un efficace gestione della domanda;
10. Rendere possibile un costante miglioramento, basato sulla misurabilità, la trasparenza e la buona governance.

I principi fondamentali costituiscono degli obiettivi che devono essere attuati da politiche che promuovano la crescita sostenibile, mediante la messa in pratica dei principi operativi, rappresentati dai dieci principi per una smart growth (Newman & Jennings, 2008; Urban Task Force, 1999).

1. incentivare, negli interventi di trasformazione urbana, una pluralità di funzioni (mix-funzionale);
2. adottare una progettazione che privilegi la compattezza insediativa ;
3. fornire opportunità di scelte abitative per una pluralità di abitanti, proprietari, inquilini, famiglie di diversa composizione (mix-sociale);
4. creare unità di vicinato percorribili a piedi, che siano autonome, cioè che comprendano abitazioni e servizi;
5. incentivare forme insediative che inducano senso di appartenenza e identità;
6. preservare gli spazi aperti, i suoli agricoli, le bellezze naturali e le aree ambientalmente sensibili;
7. investire risorse e opportunità nelle comunità esistenti, al fine di ottenere una crescita territoriale più equilibrata;
8. prevedere una molteplicità di forme di trasporto;
9. fare in modo che le scelte di pianificazione siano attuabili, eque e redditizie;
10. incoraggiare, nei processi decisionali, la partecipazione dei cittadini e dei portatori di interesse.

La progettazione urbana orientata in senso ambientale studia lo spazio costruito con analisi quantitative e qualitative della forma urbana e mira a disegnare morfologie urbane sicure, ricche di connessioni spaziali e sociali, efficienti rispetto all'uso delle risorse ambientali. Non esistono formule o regole certe, la progettazione è un processo

¹ Le città contemporanee si sviluppano secondo un metabolismo lineare, consumano ed inquinano ad un ritmo elevato: infatti l'energia e le risorse sfruttate vengono consumate e non possono essere riutilizzate. Le città a metabolismo lineare minimizzano le risorse utilizzate e massimizzano il loro riciclo, diminuendo il ritmo di consumo.

di conoscenza che aiuta a gestire ampi margini di incertezza. Secondo questo scenario le politiche sul trasporto, sull'uso del territorio, gli investimenti e le politiche fiscali devono essere pianificate seguendo precisi obiettivi, dunque gli effetti a breve e a lungo termine degli interventi devono essere identificati e misurati in modo trasparente, utilizzando un metodo avanzato di valutazione.

3.2. I sistemi di indicatori

Per raggiungere il modello di una città sostenibile si stanno affermando attualmente numerosi *sistemi di certificazione* e *Form Based Design Codes* che agiscono alla scala di quartiere, non considerano la città nella sua totalità, ma agiscono sulla microscala, studiando il quartiere come molecola fondamentale del sistema urbano su cui agire per raggiungere gli obiettivi fondamentali della sostenibilità. Essi si configurano come strumenti che, stabilendo un insieme di indicatori riguardanti i diversi aspetti della sostenibilità e volti al raggiungimento del modello di una città compatta ed efficiente, condizionano il processo di pianificazione/progettazione urbanistica, esplicitando i vantaggi e i punti di criticità dei diversi interventi esistenti o da realizzare.

Assumono un importante ruolo per definire le politiche di sviluppo sostenibile, per questo motivo devono divenire strumenti di misura trasparenti, per evitare dubbi e incomprensioni: infatti servono a facilitare la comunicazione, la consapevolezza e la partecipazione dei cittadini (Commission's European Sustainable Cities Report, 1996). Peter Bosselmann (2008) definisce gli indicatori come strumenti educativi per la comunità per definire, osservare, comparare, interpretare, misurare, modellare, trasformare le diverse alternative analizzate.

Per un utilizzo corretto di questi strumenti di valutazione è necessario però tener presente i loro limiti: infatti "lo spazio di lavoro degli indicatori è lo spazio dell'approssimazione" (Pasqui, 16 Novembre 2011, Lezione ai dottorandi del corso in Pianificazione e Governo del Territorio, Politecnico di Milano) ed è quindi necessario assumere i risultati ottenuti con sorveglianza critica; inoltre i sistemi di indicatori offrono un utile sistema di confronto tra soluzioni alternative, non forniscono degli standard in assoluto, la varietà di possibili alternative, piani, interventi (ecc.) è talmente vasta che realizzare un'operazione del genere non è possibile. Anche la Banca Mondiale definisce gli indicatori come una misura di performance utile a raccogliere informazioni complesse e differenti in un unico modello semplice ed utilizzabile di informazioni, evidenziandone però i limiti e le questioni di incertezza irrisolte (European Foundation, 1998); infatti tutte le organizzazioni coinvolte nella costruzione di sistemi di indicatori sembrano concordare sul fatto che essi siano un utile strumento per le decisioni politiche da attuare (valutazione sul potenziale) e per valutare gli esiti di una politica di pianificazione (indicatori retrospettivi), ma sottolineano allo stesso tempo i loro limiti (World Resources Insitues, 1994).

I sistemi di indicatori costituiscono dunque un sistema di guida fondamentale per la valutazione di un progetto urbanistico o di uno stato attuale: essi trasformano i sistemi fisici e sociali complessi in unità semplici di informazione, permettendo di valutarli e cercando di condurre la pianificazione e i progetti nella direzione migliore.

Esistono diversi sistemi di indicatori di sostenibilità urbana, che si riferiscono ai molteplici aspetti fondamentali per la realizzazione di uno sviluppo sostenibile delle città e sono stati influenzati dalle caratteristiche culturali e sociali dei diversi luoghi dove vengono redatti.

3.2.1 Piano speciale degli indicatori di sostenibilità ambientale dell'attività urbanistica di Siviglia

Il piano speciale degli indicatori di sostenibilità di Barcellona propone un metodo per la realizzazione di uno sviluppo sostenibile della città, mediante uno strumento composto da criteri volti a condizionare il processo di pianificazione urbanistica seguendo il modello di una città compatta, efficiente nelle funzioni metaboliche e socialmente coesa.

Fornisce la base per lo sviluppo di una nuova urbanistica, che mira ad affrontare due grandi sfide della società odierna, ovvero la sostenibilità e l'ingresso nella nuova era dell'informazione e della conoscenza; essi si dividono, all'interno dello strumento di valutazione, in sette categorie (morfologia urbana, spazio pubblico, mobilità, complessità, metabolismo urbano, biodiversità, coesione sociale).

AGENZIA DI ECOLOGIA URBANA DI BARCELONA	
CATEGORIE	INDICATORI
Morfologia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Strade per il traffico veicolare e per il trasporto pubblico; 2. Strade pedonali; 3. Continuità delle connessioni; 4. Evitare le costruzioni chiuse; 5. Dotazione di alberi; 6. Comfort urbano sugli spazi aperti; 7. Disposizione dei lampioni; 8. Riproduzione delle indicazioni nello spazio pubblico.
Mobilità e accessibilità	<ol style="list-style-type: none"> 1. Accessibilità alle fermate del trasporto pubblico; 2. Accessibilità alla rete di piste ciclabili; 3. Accessibilità alle piattaforme logistiche sotterranee; 4. Dotazione di aree di parcheggio; 5. Dotazione di servizi; 6. Dotazione di aree di parcheggio per le biciclette; 7. Accessibilità per i cittadini disabili.
Complessità	<ol style="list-style-type: none"> 1. Complessità urbana; 2. Rapporto tra servizi e residenza; 3. Superficie minima dei locali; 4. Proporzione delle attività di prossimità; 5. Diversità delle attività; 6. Quantità di attività di servizi multimediali.
Metabolismo urbano	<ol style="list-style-type: none"> 1. Autogenerazione energetica delle abitazioni; 2. Autosufficienza idrica della domanda urbana; 3. Minimizzazione dei sistemi di raccolta dei rifiuti urbani; 4. Minimizzazione dei rifiuti generati dalla demolizione; 5. Uso di materiali riciclati e rinnovabili; 6. Dotazione di spazi di autocompostaggio e orti urbani; 7. Dotazione di aree riservate alla raccolta dei rifiuti; 8. Inquinamento sonoro.
Biodiversità	<ol style="list-style-type: none"> 1. Accesso dei cittadini agli spazi verdi; 2. Compensazione ed impermeabilizzazione del suolo; 3. Corridoi verdi; 4. Quantità di coperture verdi; 5. Quantità di superfici verticali verdi; 6. Riserva di spazi verdi all'interno dei cortili; 7. Compattezza corretta; 8. Dotazione di aree di stationamento
Coesione sociale	<ol style="list-style-type: none"> 1. Accesso ai servizi di base; 2. Mix tipologico.
Sostenibilità	<ol style="list-style-type: none"> 1. Efficienza del sistema urbano.

Tabella n°01. Piano Speciale degli indicatori di sostenibilità Ambientale (Fonte: Agenzia di ecologia urbana di Barcellona, 2007).

3.2.2. LEED 2009 For Neighborhood Development

Lo strumento *Leed 2009 For Neighborhood Development* è stato sviluppato dal *Congresso per il New Urbanism* (Chicago) e si propone di ridurre il consumo di suolo esponenziale dovuto all'espansione incontrollata delle città americane. Vuole creare un pattern di design della città che influisca i comportamenti umani che hanno un effetto significativo sulle prestazioni ambientali, per evitare lo sviluppo lineare che attualmente caratterizza le città, causa dell'inquinamento e dell'abbandono dello sviluppo della città tradizionale mixed-use.

Esso è stato progettato per certificare progetti di sviluppo esemplari che ottengano buoni risultati in termini di crescita intelligente, urbanistica ed edilizia.

Lo strumento è principalmente utilizzato per la certificazione di nuovi quartieri sostenibili, ma anche la riqualificazione di aree dismesse, oppure di quartieri esistenti per la loro riqualificazione p vendita.

Esso propone una matrice di 102 indicatori, suddivisi in cinque categorie:

1. Smarth Location and Linkage;
2. Pattern e design del quartiere;
3. Infrastrutture verdi e costruite;
4. Processo di innovazione e design;
5. Priorità regionali.

A ciascun indicatore è necessario assegnare un punteggio compreso in un range, il quale viene assegnato in base all'importanza di ogni criterio.

3.2.3. Il sistema PROPOLIS

L'obiettivo del progetto di ricerca dell'Unione Europea PROPOLIS è quello di valutare diverse strategie urbane e di dimostrare i loro effetti a lungo termine sulle città europee. Per raggiungere questo scopo è stato redatto un insieme di indicatori (35), scelti per la loro rilevanza, rappresentatività, sensibilità politica, prevedibilità del futuro. Essi si inseriscono in tre categorie che riguardano gli aspetti fondamentali della sostenibilità come l'ambiente, la società e l'economia. I risultati degli indicatori sono dedotti mediante diversi metodi, che includono un modulo di valutazione sulla giustizia, un modulo di valutazione economico, un modulo basato su di un sistema GIS-raster. Per valutare le politiche vengono utilizzati sia i metodi multi-criterio, sia i metodi di analisi costi-benefici. Il primo metodo è usato per valutare la dimensione ambientale e quella sociale, mentre l'analisi costi-benefici viene usata per valutare la dimensione economica.

SISTEMA PROPOLIS	
QUADRO DIMENSIONALE	CATEGORIE DELLA SOSTENIBILITA'
Campo ambientale	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cambiamento climatico globale; 2. Inquinamento dell'aria; 3. Consumo di risorse naturali; 4. Qualità ambientale;
Campo sociale	<ol style="list-style-type: none"> 1. Salute; 2. Equità; 3. Opportunità; 4. Accessibilità e traffico.
Campo economico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Benefici economici dovuti al sistema dei trasporti

Tabella n°02. Categorie di sostenibilità urbana in relazione al quadro dimensionale del sistema PROPOLIS (Fonte: Spiekermann & Wegener, 2003).

3.2.4. Indicatori di Sostenibilità Urbana, European Foundation

Il set di indicatori proposto dall'European Foundation (Mega & Pedersen, 1998) è uno strumento utile per guidare le strategie politiche (in prospettiva) e per valutare l'attuazione delle politiche (indicatori retrospettivi). Gli indici individuati sono descrittivi, illustrano lo stato ambientale basandosi su misure reali, concrete e fisiche. Sono stati scelti per podurre un sistema chiaro, semplice, verificabile e riproducibile, ma allo stesso tempo scientifici. Inoltre ogni indicatore si riferisce ad un aspetto diverso delle sostenibilità.

EUROPEAN FOUNDATION	
INDICATORI	OBIETTIVO
1. Indicatore globale del clima	Riduzione delle emissioni inquinanti.
2. Indicatore della qualità dell'aria	Ridurre l'inquinamento dell'aria
3. Indicatore di acidificazione	Ridurre il deposito di componenti acide
4. Indicatore di tossicità	Quantità di emissioni di sostanze tossiche
5. Indicatore di mobilità	Ridurre l'uso di veicoli a motore non necesari.
6. Indicatore di gestione dei rifiuti	Ridurre la quantità di rifiuti inceneriti e riciclati
7. Indicatore di consumo energetico	Ridurre il consumo di energia;
8. Indicatore di consumo dell'acqua	Ridurre la quantità di acqua utilizzata (m ³ /ab).
9. Indicatore degli elementi fastidiosi	Ridurre il ruomore, gli odori e l'inquinamento visuale.
10. Indicatore di giustizia sociale	Ridurre la percentuale di popolazione esclusa ed emarginata
11. Indicatore di qualità delle abitazioni	Offrire a tutti gli abitanti condizioni di abitazione sostenibili.
12. Indicatore di sicurezza urbana	Per garantire la sicurezza della popolazione urbana
13. Indicatore di sostenibilità economica urbana	Garantire la vivibilità economica urbana
14. Indicatore del verde e di spazio pubblico	Garantire una buona percentuale di spazi verdi e pubblici.
15. Indicatore di partecipazione dei cittadini	Aumentare la partecipazione dei cittadini attivi nelle associazioni locali e nelle associazioni culturali.
16. Indicatore unico di sostenibilità	Minimizzare l'impatto di un evento eccezionale (ad es. Olimpiadi) sul metabolismo sostenibile della città.

Tabella n°03. Indicatori di sostenibilità dell'European Foundation (Fonte: Mega & Pedersen,1998)

3.2.5. Indice urbano di sostenibilità: un nuovo strumento per le città cinesi

Le città cinesi negli ultimi vent'anni sono cresciute in modo considerevole, la popolazione urbana è cresciuta di 380 milioni di abitanti e la produzione di agenti inquinanti è cresciuta di cinque volte, per questo i leader cinesi si sono riuniti per sviluppare un possibile cambiamento nel modello di crescita. I temi che si incontrano muovendosi in questa direzione sono legati ma diversi: da un lato la scala dell'urbanizzazione cinese, molto diversa da quella occidentale, dall'altro le pressioni del cambiamento sociale assieme alle aspirazioni dei cittadini cinesi. Le tecnologie e le iniziative disponibili per affrontare queste sfide non sono ancora molte, vi è, infatti, un divario significativo tra il conoscere i problemi e saper attuare le soluzioni per risolverli.

Quindi la Cina può essere un test di prova importante per testare un nuovo sistema di indicatori (Columbia University, Tsinghua University, and McKinsey & Company, 2010), composto da un set di 18 indici suddivisi in cinque categorie di sostenibilità, analizza non solo la sostenibilità dello sviluppo delle città, ma anche il livello di servizi richiesti per un'eventuale aumento di popolazione e l'efficienza nell'uso delle risorse per ciascuna città.

Le cinque categorie rappresentano i temi più importanti per realizzare uno sviluppo sostenibile:

INDICATORI DI SOSTENIBILITA' PER LE CITTA' CINESI	
CATEGORIE	INDICATORI
Bisogni fondamentali	<ol style="list-style-type: none"> 1. Accesso all'acqua pulita; 2. Dimensioni minime abitazioni; 3. Buona salute della popolazione; 4. Scolarizzazione.
Efficienza delle risorse	<ol style="list-style-type: none"> 1. Uso dell'energia; 2. Riciclo e gestione dei rifiuti urbani.
Salute	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diminuzione dell'inquinamento dell'aria; 2. Diminuzione degli inquinanti industriali; 3. Mantenere le acque pulite; 4. Gestione dei rifiuti.
Morfologia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Accesso equo agli spazi verdi; 2. Accesso equo ai mezzi pubblici; 3. Densità abitativa; 4. Densità edilizia; 5. Edifici energeticamente efficienti.
Commissioni di giudizio	<ol style="list-style-type: none"> 1. Protezione ambientale.

Tabella n°04. Indicatori di sostenibilità per le città cinesi (Fonte: Porta & Renne, 2005).

3.2.6. Indicatori di sostenibilità urbana in Messico, 2010

In Messico l'*Executive Branch of the government of Mexico* all'interno del *2007-2012 National Development Plan (PND)* propone un sistema di indicatori per valutare la sostenibilità dello sviluppo urbano. La matrice si riferisce a diversi aspetti utili per guidare lo sviluppo sostenibile di un'area urbana, essi si riferiscono a diverse dimensioni del contesto, da un lato le strutture economiche ed istituzionali, dall'altro quelle ambientali e sociali. Il sistema di valutazione proposto è molto complesso, propone la suddivisione di 166 indicatori suddivisi in 31 categorie (Hernandez-Moreno, S., De Hojos-Martinez, J., 2010).

INDICATORI DI SOSTENIBILITA' URBANA IN MESSICO	
QUADRO DIMENSIONALE	CATEGORIE DELLA SOSTENIBILITA'
Campo economico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Produttività 2. Crescita 3. Sviluppo 4. Consumo 5. Attrezzature infrastrutturali 6. Trasporti 7. Alloggi
Campo sociale	<ol style="list-style-type: none"> 1. Demografia; 2. Scolarizzazione; 3. Salute; 4. Povertà; 5. Sviluppo urbano e regionale; 6. Equità
Campo ambientale	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cambiamento climatico globale; 2. Inquinamento dell'aria; 3. Soglia d'inquinamento; 4. Inquinamento dell'acqua; 5. Altri tipi di inquinamento; 6. Biodiversità; 7. Integrità dell'ecosistema; 8. Consumo di energia; 9. Consumo d'acqua; 10. Consumo di materie prime; 11. Qualità ambientale; 12. Spazi verdi;
Campo istituzionale	<ol style="list-style-type: none"> 1. Politiche e processo decisionale; 2. Gestione ambientale; 3. Strumenti nazionali locali; 4. Strumenti legali internazionali; 5. Informazioni e statistiche; 6. Scienze e ricerche per lo sviluppo sostenibile

Tabella n°05. Indicatori di sostenibilità urbana in Messico (Fonte: Hernandez-Moreno & De Hojos-Martinez, 2010).

3.2.7. Altri Indicatori

Alcuni strumenti si propongono di analizzare solamente un aspetto particolare della sostenibilità, non sono sistemi complessi, composti da un insieme di categorie, ma mirano ad analizzare solamente un carattere particolare della sostenibilità.

Accessibilità solare del tessuto costruito

L'obiettivo dello strumento SunScapes (Morello, 2010) è quello di delineare gli strumenti operativi di analisi alla scala di quartiere e alla scala urbana, che siano in grado di dare risposte veloci e precise circa la qualità ambientale e la performance energetica della forma urbana. Oggetto d'indagine sono principalmente: l'accessibilità solare delle superfici urbane per determinare la potenzialità per lo sfruttamento delle energie passive; l'accessibilità del tessuto urbano alla ventilazione naturale; il consumo energetico degli edifici considerando il contesto urbano specifico; la connettività e la centralità delle reti stradali e delle attività insediate; la percezione visiva degli spazi aperti ricorrendo alle teorie di image theory proposte da Kevin Lynch (1960).

La tecnica proposta ha la doppia funzione di fornire strumenti per l'analisi della performance ambientale urbana e strumenti per la corretta progettazione ambientale della forma urbana. Essa misura il *fattore di vista del cielo*, cioè la porzione visibile del cielo da qualsiasi punto dello spazio analizzato ed è correlabile con la capacità del suolo di riflettere la quantità di calore accumulato, la quantità di *aree verdi a terra*, che favoriscono l'evapotraspirazione, controllando il fenomeno dell'isola di calore urbana.²

ACCESSIBILITA' SOLARE	
CATEGORIE	INDICATORI
Fattore di vista del cielo (SVF)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Valore medio dell'intera area; 2. Valore medio degli spazi aperti intera area; 3. Valore medio delle coperture; 4. Valore medio dell'area d'analisi ristretta; 5. Spazi aperti nell'area d'analisi ristretta; 6. Coperture nell'area analisi ristretta.
Aree verdi a terra	<ol style="list-style-type: none"> 1. Quantità di aree verdi a terra.
Accessibilità solare	<ol style="list-style-type: none"> 1. m² ombra all'ora generati sugli spazi aperti; 2. % ombra generata mediamente sugli spazi aperti; 3. % spazi aperti in ombra, alle ore 10:00; 4. % spazi aperti in ombra, alle ore 12:00; 5. % spazi aperti in ombra, alle ore 14:00; 6. m² spazi aperti permanentemente in ombra; 7. % spazi aperti permanentemente in ombra; 8. n° medio ore d'ombra sulle aree verdi; 9. % superficie aree verdi in ombra per ora di sole nel giorno in esame; 10. numero medio di ore di luce diretta sullo spazio verde.

Tabella n°06. Indicatori di accessibilità (Fonte: Morello,2010).

² Il fenomeno dell'isola di calore dipende dalla geometria urbana che intrappola le radiazioni entranti sulla città e in parte dall'impiego di materiali urbani altamente assorbenti.

Connettività del tessuto costruito

La connettività stradale è un elemento fondamentale per la buona progettazione urbana (Morello, 2010). Una rete di strade ben connessa si comporta meglio ai fini della mobilità sostenibile, poiché favorisce i pedoni e le biciclette.

Gli indicatori proposti da questo strumento tracciano una possibile risposta pratica ai fini della misurabilità della connettività urbana e sono finalizzati allo stabilire metodi di verifica all'interno dei processi decisionali per l'incremento della mobilità sostenibile pedonale e ciclabile. Questi indici si rivelano particolarmente utili per gli studi comparativi, soprattutto nel caso in cui è necessario confrontare un prima e un dopo su uno stesso sito di indagine.

CONNETTIVITA' DEL TESSUTO URBANO	
CATEGORIE	INDICATORI
Indicatori relativi alla rete stradale	<ol style="list-style-type: none"> 1. Indice di connessione; 2. Indice di circuitazione; 3. Densità delle intersezioni; 4. Densità stradale; 5. Rapporto connessioni/nodi; 6. Connettività interna; 7. Connettività esterna; 8. Rapporto griglia/pattern; 9. Connessione dei nodi;
Indicatori relativi all'isolato urbano	<ol style="list-style-type: none"> 1. Area media dell'isolato; 2. Densità degli isolati; 3. Estensione massima dei fronti stradali.
Analisi PedShed	

Tabella n°07. Indicatori di connettività (Fonte: Morello,2010)

Indicatori di Forma Urbana

Gli Indicatori di sostenibilità urbana presentati in questo strumento mettono al centro dell'attenzione la vita che si svolge lungo le strade e quali sono i fattori che la arricchiscono. In questo caso si considerano principalmente quella componenti di forma e di carattere del quartiere che contribuiscono alla ricchezza e all'interazione sociale (Porta & Renne, 2005). Questo metodo aiuta quindi a creare un collegamento tra il progetto urbano e la sostenibilità.

Gli indicatori della forma urbana aiutano a collegare il disegno della città alla sostenibilità perché permettono di misurare e confrontare il disegno urbano di strade e quartieri, di misurarne l'impatto sullo sviluppo economico, ambientale e sul benessere della comunità.

I risultati della ricerca permettono di confrontare in modo sistematico la valutazione dell'assetto urbano esistente e dei progetti per analizzare le differenti alternative. Deve essere considerato come uno strumento e quindi non prescrive gli elementi "buoni" o "cattivi" all'interno di un progetto, ma può innescare una discussione su quello che può essere definito utile o meno.

INDICATORI DI FORMA URBANA	
CATEGORIE	INDICATORI
Indicatori del tessuto urbano	<ol style="list-style-type: none"> 1. Accessibilità; 2. Diversità di uso del suolo; 3. Mappa aree pubbliche/private; 4. Sorveglianza naturale; 5. Permeabilità; 6. Numero di edifici; 7. Numero di isolati.
Indicatori del tipo di strada	<ol style="list-style-type: none"> 1. Esposizione al cielo; 2. Continuità delle facciate; 3. Trasparenza delle facciate; 4. Influenza sociale di una strada; 5. Complessità visiva; 6. Quantità di edifici visibili da un punto nello spazio; 7. Possibilità di seduta; 8. Detrattori.

Tabella n°08. Indicatori di forma urbana (Fonte: Porta & Renne, 2005) .

3.3. Verso indicatori guida per il progetto

A partire dai sistemi di valutazione esistenti si costruisce un gruppo di indicatori di sostenibilità nella progettazione urbana, che si propongono di certificare e/o guidare i progetti di trasformazione a scala di quartiere.

Tutti gli indicatori scelti sono volti alla realizzazione di una città moderna, compatta ed efficiente; si propongono di misurare le tre dimensioni della sostenibilità, cioè quella ambientale, economica e sociale, sono utili per valutare le strategie di pianificazione urbana e i loro effetti a lungo termine sulle città.

Essi vogliono guidare lo sviluppo delle città verso il raggiungimento degli obiettivi fondamentali individuati dall'*Agenzia Ambientale Europea* (1995):

1. Diminuire il consumo di spazio e risorse naturali;
2. Razionalizzare e rendere più efficienti i flussi urbani;
3. Proteggere la salute della popolazione urbana;
4. Assicurare un accesso equo alle risorse e ai servizi;
5. Mantenere la diversità sociale e culturale.

Per realizzare questi intenti gli indicatori inseriti nel sistema sono stati selezionati mediante alcuni criteri:

1. *Rilevanza*: gli indicatori devono essere rappresentativi e descrivere i diversi aspetti significativi della sostenibilità;
2. *Unicità*: affinché il sistema di indicatori sia di facile utilizzo non tutti gli indici idonei possono essere inseriti nella matrice, ma solo quelli che rappresentano differenti aspetti della sostenibilità;
3. *Sensibilità politica*: solo gli indici utili a descrivere aspetti che coinvolgono le decisioni politiche devono essere inseriti all'interno della matrice;
4. *Prevedibilità*: esiste un numero amplissimo di indicatori per la valutazione, ma dato che l'obiettivo è quello di guidare la pianificazione, è necessario considerare solamente gli indici che sono davvero in

grado di prevedere gli impatti degli interventi proposti;

5. *Fattibilità*: è importante garantire che ciascun indicatore possa essere misurato e valutato; poiché si propone uno strumento utilizzabile sia per giudicare situazioni esistenti, ma anche progetti a scala di masterplan; è quindi necessario evitare quegli indici che richiederebbero una scala di progettazione troppo raffinata e creerebbero un problema di reperibilità dei dati.

Per la composizione di questo set di indicatori si è preso come esempio quello proposto dall' *Agenzia Ecologica Urbana di Barcellona*. La scelta è stata motivata dal fatto che la struttura del sistema spagnolo è organizzata in modo efficiente e leggibile, divide gli indicatori in categorie, riferite ciascuna ad un aspetto fondamentale della città contemporanea.

Gli obiettivi, le linee di attuazione, i significati e le modalità di calcolo di ogni indicatore sono esplicitate in modo chiaro ed approfondito. Inoltre è un sistema europeo, quindi propone alcune misure utili per analizzare problemi di città europee, altre matrici di indicatori, prodotte in continenti differenti, propongono analisi di problemi distanti da quelli europei, ad esempio un sistema prodotto in Cina (*The urban Sustainability Index: A New Tool for Measuring China's Cities, 2010*) espone la necessità di cambiare il modello di crescita cinese per guidarlo verso uno sviluppo sostenibile, riferendosi però a problematiche dovute alla crescita quasi esplosiva delle città cinesi avvenuta negli ultimi anni, complicazione opposta a quelle che il mondo occidentale è chiamato ad affrontare oggi.

Si è quindi scelto di suddividere gli indicatori in sei categorie, che si riferiscono ad aspetti fondamentali per la realizzazione di una città moderna e compatta:

1. Morfologia Urbana;
2. Metabolismo Urbano;
3. Comfort Urbano;
4. Sistema Ecologico;
5. Accessibilità;
6. Complessità.

MORFOLOGIA URBANA	METABOLISMO URBANO	COMFORT URBANO	SISTEMA ECOLOGICO	ACCESSIBILITA'	COMPLESSITA'
Densità edilizia	Percentuale di conservazione dell'esistente	Fattore di vista del cielo	Permeabilità del suolo	Aree di transizione pubblico-privato	Diversità delle tipologie edilizie
Densità abitativa	Rapporto superficie involucro/ Volume	Aree verdi a terra	Dotazione di spazio verde pubblico per persona	Accessibilità alle fermate del trasporto pubblico	Dotazione di servizi per il quartiere
Densità stradale sull'unità di superficie	Superfici verticali orientate a sud	% di ombra generata mediamente sugli spazi aperti	Dotazione di alberi nello spazio pubblico per superficie costruita	Accessibilità alla rete di piste ciclabili	Diversità delle funzioni
Rapporto copertura del suolo di	Superfici verticali orientate da sud/est a sud/ovest	% degli spazi aperti permanentemente in ombra (%).	Viali alberati	Parcheggi situati a bordo strada	
Altezza media edifici	Rapporto zone passive/zone non passive		Metabolismo energetico dei sistemi vegetali	Accessibilità dei cittadini agli spazi verdi	
Compattezza corretta			Biodiversità	Indice di connessione	
Fronti con affacci su strada				Indice di circuitazione	
Fronti continui lungo strada				Densità di intersezioni	
				Connettività interna	
				Rapporto connessioni/nodi	
				Estensione media degli isolati	
				Numero isolati per unità di superficie	

Tabella n°09. Matrice degli indicatori, suddivisa per categorie.

Per una più facile comprensione del significato e degli obiettivi di ciascun indicatore è stata prodotta una tabella che riassume tutti gli indicatori, specificando il riferimento di provenienza, la descrizione del loro significato, gli obiettivi, le modalità di calcolo e gli eventuali valori di riferimento da considerare (vedi allegato 1); sono inoltre state prodotte delle schede riassuntive della stessa tabella, in modo da facilitare la replicabilità del sistema di indicatori (allegato 2).

	IND.	SISTEMA DI PROVENIENZA	DESCRIZIONE	OBIETTIVI	DATI	CALCOLO	U.D.M.	SOGLIA
Morfologia Urbana	Densità edilizia	Meta Berghauser Pont, Per Haupt, Spacematrix, Space, Density and Urban Form, Nai Publisher	Descrive l'intensità dell'edificazione. Mette in relazione la quantità di superficie costruita all'unità di superficie considerata.	Mira ad assicurare una densità abbastanza alta, evitando la dispersione del tessuto urbano.	De=densità edilizia; Slp=superficie lorda di pavimento; St=superficie territoriale.	De=Slp/St	m ² /m ²	-
	Densità abitativa	-	Descrive la pressione compiuta dalla popolazione presente sulla superficie territoriale.	Mira alla creazione di una rete di trasporti pubblici efficiente. Un'adeguata densità abitativa rappresenta un'opportunità per il risparmio di suolo, energia e risorse.	Da=densità abitativa; ab= numero di abitanti; St=superficie territoriale.	Da=ab/St	ab/ha	400<Da<500

Tabella n°10. Stralcio della matrice degli indicatori.

3.4. La matrice degli indicatori

3.4.1. Morfologia urbana

Progettare la morfologia urbana non significa solamente definire la forma dei luoghi dove le persone vivono, ma è un'azione che coinvolge anche altri aspetti, come conoscere le connessioni tra le persone e i luoghi, i flussi, la natura degli spazi costruiti e il modo in cui essi sono frequentati, usati e mantenuti. La progettazione della morfologia urbana, per assicurare la crescita sostenibile di un'area per un lungo periodo, si deve occupare sia dei problemi di progettazione morfologica dello spazio, di disegno architettonico, di paesaggio, sia di quelli delineati dalla crescita economica e dai mezzi di trasporto. Dal punto di vista morfologico gli elementi fondamentali per perseguire l'obiettivo della sostenibilità sono: creare una città policentrica e compatta, assicurare una densità abitativa adeguata per garantire la sopravvivenza di un mix funzionale, progettare la gerarchia stradale, in modo da facilitare la diffusione della mobilità a piedi e in bicicletta, integrabile con mezzi di trasporto pubblico.

Una città policentrica permette agli abitanti di non dipendere da un unico centro per servizi e lavoro, facilitando una mobilità sostenibile, allo stesso tempo la città compatta diviene una struttura flessibile che mette in relazione le parti e la totalità; una chiara e corretta articolazione degli spazi pubblici non connette solamente quartieri differenti, ma anche le comunità di un quartiere con le altre, connette le persone con le loro case, le scuole, i posti di lavoro e le istituzioni sociali. La città contemporanea, caratterizzata da uno sviluppo incontrollato, è, invece, composta da grandi aree a bassa densità, spesso lontane dal centro urbano, nonostante esso rappresenti il cuore della vita urbana e il centro dei servizi commerciali, allo stesso tempo le aree a bassa densità, occupate da residenze hanno un limitato mix funzionale; mentre la città compatta è

composta da una struttura organizzata in fasce concentriche caratterizzate da diverse densità, con il centro posto sui nodi di interscambio del trasporto pubblico (fermate dei tram, dei treni e della metropolitana), seguendo i criteri dell'efficienza localizzativa (Urban Task Force, 1999; Jenks, Burton & Williams, 1996, 2000). L'obiettivo di questa strutturazione della trama urbana è quello di stabilire dei confini chiari della città per contenere lo sprawl e ridurre l'utilizzo delle automobili.

Dunque l'elemento fondamentale che compone la città è il quartiere, il modo in cui si definiscono le relazioni all'interno dei quartieri determina il funzionamento efficiente della città. Il quartiere, per divenire molecola base della città, deve generare una sensazione di appartenenza degli abitanti alla zona e deve assicurarne la sicurezza; non è sufficiente che esso sia abitato, ma deve ospitare un insieme di usi e di transazioni formali ed informali a sostegno della vita quotidiana, in questo modo ciascun quartiere assume un ruolo differente all'interno del tessuto urbano, accrescendo la complementarietà dei vari elementi ed enfatizzandone l'identità.

La città sostenibile è formata dall'interconnessione di reti e di luoghi che massimizzano l'interazione sociale; i metodi per raggiungere questo obiettivo sono diversi: assicurare una mobilità sostenibile, il mix di usi, l'interazione tra sistemi di trasporto, la compattezza, la gerarchia della struttura urbana, la coabitazione con la natura (Urban Task Force, 1999; Jenks, Burton & Williams, 1996, 2000). E' necessario quindi creare per le persone spazi sicuri, confortevoli, diversi e attraenti: determinati luoghi possono essere sentiti come propri dalla popolazione solo se forniscono opportunità per la socializzazione, per l'interazione e l'apprendimento reciproco.

Gli spazi per la socializzazione devono reinterpretare le qualità degli spazi urbani esistenti valorizzandoli, perché la conoscenza del passato diventi la base per l'innovazione; le persone si muovono agevolmente negli spazi urbani se essi sono facilmente raggiungibili, ben integrati fisicamente e visivamente con le aree che li circondano. Gli spazi pubblici forniscono questa sensazione di sicurezza se ben progettati e leggibili da parte di chi li vive, la forma urbana deve definire le strade e gli spazi aperti, i fronti stradali degli edifici devono essere continui, la forma delle strade deve determinare un chiaro disegno degli spazi pubblici.

E' necessario che gli spazi urbani utilizzino risorse locali intrinseche dei propri contesti per ridurre al massimo l'uso di energia; inoltre essi devono rispondere alle esigenze di diversi utenti e gruppi sociali della città per questo deve essere un insieme di usi e forme differenti. Allo stesso tempo essi devono essere sufficientemente flessibili da rispondere ai cambiamenti futuri rispetto al loro uso, allo stile di vita della popolazione e alla demografia.

Gli indicatori di valutazione della morfologia urbana hanno come obiettivo la promozione delle politiche utili per facilitare lo sviluppo di una città sostenibile, il sistema propone alcuni indicatori fondamentali (allegato 1 e allegato 2).

Densità edilizia

L'indice di densità edilizia (Meta Berghauer Pont & Per Haupt, 2010) mira a garantire la vitalità delle aree, stabilendo un modello di crescita compatto (Jenks, Burton, Williams, 2000), rappresenta una parametrizzazione del grado di occupazione del suolo, volta a garantire la formazione di condizioni urbane creando un nuovo tessuto, limitando la dispersione dell'edificato e l'occupazione massiva del territorio, dato che ci confrontiamo con la riduzione delle risorse energetiche e di suolo. Questo indicatore propone una nuova parametrizzazione dello stato di occupazione del territorio, mettendo in relazione la quantità di superficie costruita con la superficie territoriale del quartiere: riflette l'intensità dell'edificazione in modo indipendente dalla composizione programmatica, si può calcolare su diverse scale.

Cerca di promuovere la pianificazione ordinata ed equilibrata negli usi e nelle funzioni per aumentare la mobilità pedonale e mediante mezzo pubblico, opponendosi all'uso massivo dell'automobile. Mira a diminuire lo spreco di risorse e di tempo, a creare l'ambiente ideale per favorire l'interazione sociale, la comunicazione tra le persone e le istituzioni, che costituiscono l'essenza della città. Il raggruppamento di più unità abitative in un unico volume compatto offre vantaggi economici ed energetici, riduce infatti, oltre all'occupazione del suolo, il costo della mano d'opera per la costruzione degli edifici e la quantità di materiali utilizzati.

L'indice di densità edilizia mette in relazione la superficie lorda di pavimento e la superficie territoriale: valori più bassi indicano quindi una minore occupazione del suolo.

Densità abitativa

La densità abitativa è considerata una delle variabili fondamentali per la sostenibilità ambientale di una città, così come il disegno spaziale delle infrastrutture, i sistemi di trasporto, la modalità degli usi del suolo, i comportamenti umani (Human Space Laboratory, 2008). Viene spesso associata all'idea di sovraffollamento e di congestione, ma in realtà può essere un'opportunità per il risparmio di suolo, di energie e di risorse.

Per sostenere un trasporto pubblico efficiente ed assicurare un buon funzionamento dei servizi e delle attività commerciali è necessario concentrare attorno ai nodi del trasporto pubblico una sufficiente densità di popolazione (abitanti e lavoratori). Se la densità cresce, le comunità sono incentivate ad investire in mezzi di trasporto alternativi, abbandonando l'automobile, aumentando i servizi di trasporto pubblico e di massa, promuovendo i programmi di bike e ride-sharing. La strategia della città policentrica mira ad aumentare la densità intorno ad alcuni centri minori, ai nodi del trasporto pubblico, insieme alle attività commerciali, ai nodi di interscambio, ecc. La distanza massima che le persone sono disposte a percorrere a piedi per raggiungere questi centri è di 800 m, corrispondente ad un tempo limite di dieci minuti, che devono quindi essere posti secondo raggi di questa natura per disincentivare l'uso del mezzo privato.

Come dimostrato dallo studio di Newman e Kenworthy (1989) tra densità urbana (abitanti/ha) e uso del mezzo privato (uso annuo di carburante, MJ) esiste una stretta correlazione: nelle città più dense di matrice europea e in alcune megalopoli mondiali (Tokyo, Hong Kong, Mosca) l'uso del mezzo privato è di fatto molto inferiore rispetto alle città australiane e americane. A una maggiore densità corrisponderebbero: in primo luogo una riduzione degli spostamenti (minori in lunghezza e in numero) e questo grazie a una maggiore varietà delle destinazioni d'uso; in secondo luogo un "incoraggiamento" all'uso del trasporto pubblico, della mobilità ciclabile e pedonale.

A sostegno di questa tesi, Kenworthy e Laube (1996) hanno studiato il rapporto tra l'uso dell'automobile e la densità della popolazione nelle principali metropoli mondiali, ribadendo la necessità di ripensare il rapporto tra forma urbana (densità) e modalità di trasporto se si vuole perseguire il modello della città sostenibile.

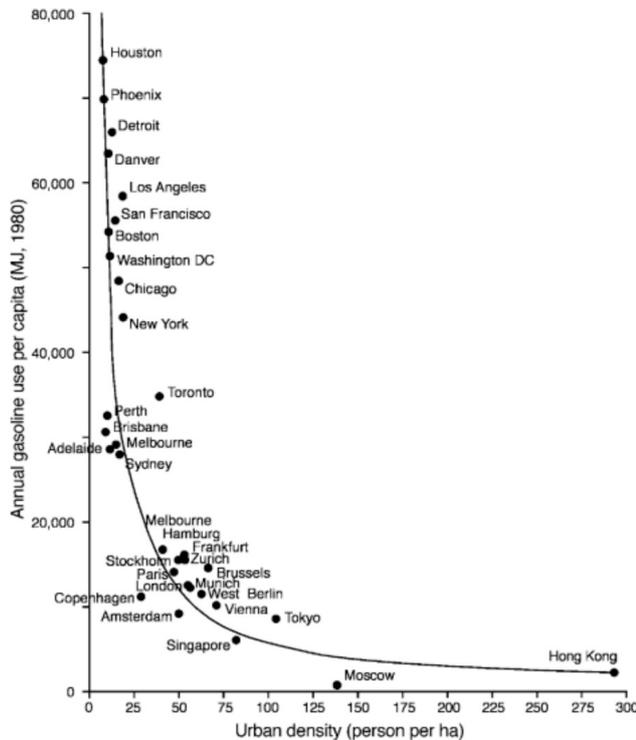


Figura n°03. Uso di carburante procapite in relazione alla densità abitativa (1980), (Newman and Kenworthy, 1989).

Se per Newman e Kenworthy costruire città compatte è condizione sufficiente per ottenere una riduzione dei consumi energetici e dell'uso dell'automobile, per altri autori (Mindali et al., 2004) rappresenta solo una condizione necessaria ma non sufficiente. Infatti, la città compatta genera delle condizioni urbane, sociali e di mobilità che devono poter essere sfruttate al meglio per ridurre i consumi energetici legati al trasporto.

Lo studio di Newman e Kenworthy (1989) è stato spesso utilizzato come giustificazione per promuovere strategie urbanistiche rivolte alla densificazione dei centri abitati. Il concetto della "città compatta" (Jenks et al., 1996, 2000) che ha caratterizzato il dibattito urbanistico nel corso degli anni '90 trova nella pubblicazione del report della Urban Task Force di Londra la sua concretizzazione. La città policentrica prospettata da Richard Rogers è organizzata attorno a poli urbani (transit oriented district, TOD) disposti in maniera gerarchica attorno a grandi reti di trasporto pubblico. Proprio la densità territoriale è il fattore che meglio definisce la consistenza di tali insediamenti.

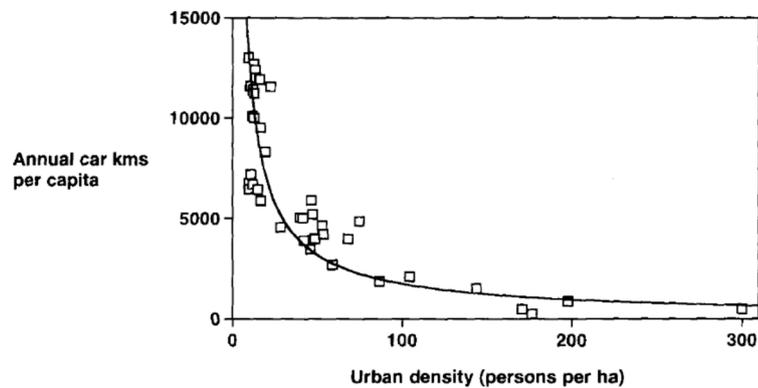


Figura n°04. Densità abitativa in relazione all'uso dell'automobile pro capite nelle città del mondo, 1990 (Kenworthy, 1996)

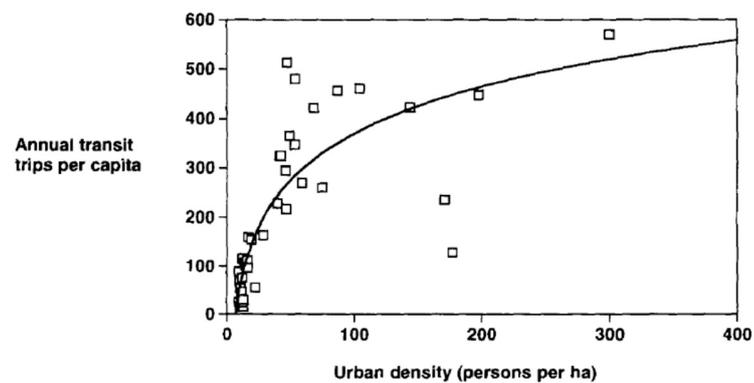


Figura n°05. Densità abitativa in relazione ai viaggi annuali procapite nelle città del mondo, 1990 (Kenworthy, 1996)

Molti autori hanno cercato di definire un valore ottimale di densità abitativa, spesso facendo riferimento al modello della città preindustriale, in cui la mobilità pedonale costringeva a mantenere i tessuti urbani molto densi³.

Per i centri urbani, Hans Blumenfeld (2010) fa riferimento a valori di densità fondiaria compresi tra le 12 e le 60 unità abitative per acro (ca. 60/300 ab/ha). Il valore minimo indicato corrisponde a quanto Ebenezer Howard suggeriva per le Garden City (1898), Jane Jacobs (1961) si spinge oltre e propone densità comprese tra un minimo di 50 e un massimo di 150 unità abitative per acro (ca. 250/750 ab/ha), più in linea con le alte densità caratteristiche della città metropolitana, lo stesso Le Corbusier (1943) definiva in 120-150 unità per acro le densità ottimali per la Cité Radieuse. Christopher Alexander, invece, per la costruzione delle comunità locali definisce come dimensione ottimale quella di 500 abitanti per unità di vicinato, definita da 300 yard di diametro, corrispondenti grossomodo a 85 ab/ha. Sempre Alexander suggerisce tre gradienti di densità urbana, senza specificare valori ottimali assoluti, ma delegando la decisione alla popolazione e facendo riferimento allo specifico contesto culturale e sociale (Alexander, 1977, p.156).

³ Il time Travel budget (Marchetti, 1994) è definito in circa un'ora ed esprime la propensione dell'uomo a spostarsi, considerando come variabili il tempo ed i costi monetari.

Facendo invece riferimento a densità territoriali, comprensive quindi anche del verde urbano e delle strade intorno ai lotti costruiti, Kenworthy e Laube (2001) propongono valori di circa 7 unità abitative per acro (ossia circa 35 ab/ha).

1. Hans Blumenfeld:

min	59 ab/ha
max	297 ab/ha
min	12 d.u./acre
max	60 d.u./acre

Tabella n°11. Densità abitative proposte da Hans Blumenfeld

2. Jane Jacobs:

min	247 ab/ha
max	741 ab/ha
min	50 d.u./acre
max	150 d.u./acre

Tabella n°12. Densità abitative proposte da Jane Jacobs.

3. Le Corbusier, Radiant City:

min	593 ab/ha
max	741 ab/ha
min	120 d.u./acre
max	150 d.u./acre

Tabella n°13. Densità abitative proposte da Le Corbusier.

4. Ebenezer Howard, Garden City:

	59 ab/ha
	12 d.u./acre

Tabella n°14. Densità abitative proposte da Ebenezer Howard.

Nonostante i diversi tentativi fatti nel corso della storia per definire un valore di densità abitativa corretto da assumere come esempio, non è possibile definire la densità abitativa ottimale per costruire centri urbani vitali e in grado di sostenere un adeguato trasporto pubblico, essa dipende dal contesto ambientale, storico e culturale. Per ciascun luogo di intervento è necessario eseguire un'analisi adeguata delle densità abitative dei diversi tessuti urbani per poter avere un quadro generale e definire una possibile densità corretta.

Densità stradale sull'unità di superficie

La densità stradale sulla superficie territoriale è una misura che rappresenta lo sviluppo lineare delle strade all'interno di un'area di analisi (Meta Berghauser Pont, Per Haupt, 2010). Uno sviluppo stradale adeguato garantisce l'accessibilità ai servizi urbani di base e favorisce la mobilità pedonale e ciclabile, allo stesso tempo deve evitare la dispersione urbana e lo spreco di suolo.

Questo indicatore promuove una pianificazione dell'espansione urbana per aumentare la mobilità a piedi e mediante mezzo pubblico, evitando una proliferazione dei percorsi definiti "non necessari", ovvero quelle strade che, per morfologia o posizione, non vengono utilizzate, aumentando la percezione di insicurezza sul territorio. La densità stradale su di una determinata area, oltre ad essere un indice della morfologia del tessuto urbano è anche un indicatore di accessibilità, dunque maggiore è la densità stradale, più un'area è accessibile e più si facilita lo sviluppo di una mobilità sostenibile.

Rapporto di copertura del suolo

Il calcolo del rapporto di copertura è una parametrizzazione della compattezza dell'edificato, essa verifica lo stato di occupazione e di spreco del suolo, mettendo in relazione la superficie coperta e la superficie territoriale (Meta Berghauser Pont & Per Haupt, 2010). L'unione di più unità abitative in unico volume compatto garantisce un risparmio dell'uso del suolo, diminuisce il costo della mano d'opera e la quantità di materiali utilizzati. Allo stesso tempo un edificio compatto riduce la superficie dell'involucro e il consumo di energia, un valore troppo basso di compattezza delle costruzioni indica però un considerevole sviluppo in altezza degli edifici, che causerebbe una dispersione di energia molto elevata attraverso le pareti dell'involucro edilizio; è quindi necessario stabilire dei valori di soglia che indichino un valore minimo ed un valore massimo entro cui si possono collocare i risultati (Baker & Steemers, 1992).

Altezza media degli edifici

Definire un'altezza media degli edifici adatta ad un determinato contesto significa progettare la struttura del territorio e mantenere controllato quindi l'impatto della morfologia del quartiere all'interno del tessuto urbano (Meta Berghauser Pont & Per Haupt, 2010). Edifici troppo alti o troppo bassi rispetto al contesto creerebbero aree molto riconoscibili morfologicamente rispetto al contesto, creando il rischio di divenire dei ghetti, sia per ricchi che per poveri, non riuscendo a creare un adeguato mix-tipologico e sociale.

Si propone quindi un valore ideale, definito dall'altezza media del contesto, che diventa un obiettivo da raggiungere per non discostarsi troppo dalla realtà circostante all'area di analisi.

Compattezza corretta

L'indice di compattezza corretta (Agenzia di ecologia urbana di Barcellona, 2007) è una parametrizzazione che corregge il valore di densità edilizia, misura la pressione che esercita il volume edificato sullo spazio pubblico attenuante⁴. Considerando che una densità edilizia troppo elevata possa delineare caratteristiche negative e danneggiare la città stessa, causando sovraffollamento e congestione. L'alternanza di aree costruite con dello spazio pubblico attenuante permette di raggiungere l'equilibrio tra spazio libero, adatto alle relazioni sociali, e spazio costruito.

L'indicatore mette in relazione due aspetti basilari dello spazio cittadino: le funzioni che caratterizzano gli aspetti lavorativi della vita quotidiana e le relazioni che avvengono nello spazio pubblico e di dominio comune, spazi di relazione tra i cittadini e la natura; propone quindi la permeabilità del suolo urbano e dello spazio pubblico come fattore di decompressione.

Si considera quindi come un valore più basso, determinato o da un'area più estesa di spazio pubblico attenuante, o da una volumetria edificata minore, sia esplicativo di una maggiore attenuazione della pressione esercitata dalle costruzioni.

Fronti con affacci su strada

La sorveglianza naturale dello spazio pubblico accresce il senso di sicurezza dei pedoni, i fronti con affacci su strada permettono di creare la sensazione che ci sia sempre "uno sguardo costante sulla strada" (Porta & Renne, 2005) e quindi assicurare una maggior frequentazione delle strade da parte dei pedoni.

La mappa dei fronti e dei retro e il calcolo in percentuale della quantità di fronti presenti permette di capire quali sono i punti in cui la sorveglianza è facilitata dalla presenza di finestre, portoni e vetrine che affacciano direttamente sulla strada, cercando di evitare la creazione di aree insicure e poco frequentate.

Fronti continui lungo la strada

La continuità delle facciate lungo la strada contribuisce a dare un senso di sicurezza definendo lo spazio pubblico; esso può essere letto come una componente che rende una strada più accogliente e quindi maggiormente frequentata (Porta & Renne, 2005).

Questo indicatore esamina la natura dei fronti degli edifici come una condizione per stabilire quale rapporto che c'è tra spazio pubblico e spazio privato lungo la strada e descrive la potenziale diversità del panorama urbano. Un'alta quantità di fronti continui lungo la strada definisce a dare un senso di sicurezza, definendo lo spazio pubblico.

3.4.2. Metabolismo urbano

Le città danneggiano l'ambiente naturale e consumano le risorse energetiche e naturali in modo insostenibile: esse assorbono risorse da ogni parte del globo ed esportano residui al di là dei loro confini, consumano significative quantità di risorse ed hanno un grande impatto sull'ambiente ben più ampio di quanto esse possono gestire entro i loro confini.

L'impronta ecologica città è una misura della pressione sulla natura che viene imposta dal venire incontro ai bisogni della popolazione, rappresenta l'area di territorio

⁴ Lo spazio pubblico attenuante è formato da aree che, per le sue caratteristiche, è capace di favorire, in gradi differenti, le relazioni tra le persone e le relazioni del soggetto con le aree naturali (gli spazi verdi, di convivenza, di stazionamento).

necessaria a sostenere i correnti livelli di consumo delle risorse e di rifiuti prodotti da quella popolazione. Ridurre l'impronta ecologica di una città è un contributo positivo verso la sostenibilità.

Dunque, è necessario che le città contemporanee si muovano verso uno sviluppo a metabolismo circolare, abbandonando lo sviluppo lineare che le caratterizza (Newman & Jennings, 2008). Le città contemporanee incamerano e sfruttano le materie prime presenti anche al di fuori dei loro confini rendendole inutilizzabili ed esportandole al di fuori dei limiti urbani. Questo sviluppo non è autorigenerante e quindi non è sostenibile, per questo le città devono cercare di ridurre la domanda di energia e risorse e di utilizzare risorse rinnovabili, riducendo l'inquinamento e i rifiuti prodotti.

Oggi ci confrontiamo con la riduzione delle risorse energetiche e di suolo, è dunque necessario riutilizzare il suolo già modificato, costruire all'interno dei limiti urbani in aree facilmente accessibili, evitando uno sviluppo della città in senso orizzontale: diventa sempre più importante rivolgersi verso un modello di crescita compatto, che determina una riduzione della domanda di energia e materie prime (Jenks, 1996).

È importante considerare la possibilità di ridurre i consumi energetici della città mediante diverse strategie, che possono comprendere da un lato l'attenzione per il recupero dell'edilizia esistente (Costanza, 1980), dall'altro l'attenzione per una nuova morfologia urbana attenta a limitare il consumo di suolo e alla possibilità di assicurare guadagni energetici agli edifici già mediante la forma e l'orientamento delle costruzioni.

Percentuale di conservazione dell'esistente

Gli interventi urbani su aree già edificate propongono sempre il problema della conservazione dell'edilizia esistente: ovvero la considerazione sul fatto che sia meglio ristrutturare gli edifici presenti, oppure demolire e successivamente ricostruire nuove costruzioni.

I nuovi edifici passivi richiedono molta meno energia per il mantenimento delle loro funzioni rispetto agli edifici esistenti, ma bisogna sempre tener presente che le nuove costruzioni, non importa quanto ecosostenibili, richiedono una grande quantità di energia per essere costruiti.

Si considera quindi che gli edifici esistenti possono essere considerati "verdi" perché già esistono. Il concetto di "energia incorporata" aiuta a focalizzare il problema: si consideri come l'operazione di costruzione degli edifici sia particolarmente energivora, richiede infatti l'estrazione delle materie prime, la loro trasformazione in materiali da costruzione, il loro trasporto sul luogo del cantiere, l'assemblamento della nuova struttura, se, inoltre, si sostituisce un edificio esistente bisogna considerare anche l'energia spesa per la demolizione delle costruzioni precedenti (Blengini, 2009).

È quindi sicuramente necessaria un'operazione di valutazione dello stato di conservazione dell'edilizia esistente, per poter decidere la tipologia di intervento da attuare, ovvero se, caso per caso, è necessario demolire o conservare e recuperare gli edifici presenti sull'area d'intervento. Generalmente si considera auspicabile il mantenimento della maggior quantità possibile di edilizia esistente per conservare anche l'identità culturale del luogo. Si giudica come positivo il valore percentuale di volumetria conservata più alto.

Guadagni energetici passivi

L'illuminazione degli spazi urbani costituisce una fonte di approvvigionamento energetico per gli edifici, è quindi utile stabilire il potenziale grado di sfruttamento degli apporti gratuiti passivi derivati dalla captazione solare ai fini del risparmio energetico.

Si utilizza uno strumento utile per stabilire una strategia di conservazione e

risparmio energetico, il *Metodo LT, Lighting and Thermal Method* (Baker & Steemers, 1992, 2000), che tiene conto dei consumi per riscaldamento, raffrescamento e illuminazione sintetizzati in un indice finale di energia primaria per superficie (*Mwh/m²y*). Il metodo LT è utilizzato per stabilire ordini di priorità e indicatori approssimativi di efficacia, non calcola il fabbisogno energetico di un edificio, esso considera alcuni fattori: le condizioni climatiche locali, l'orientamento delle facciate, l'area e il tipo dei vetri, le ostruzioni da parte di edifici adiacenti o dello stesso edificio, il livello di illuminazione, i guadagni energetici interni, efficienza del sistema di riscaldamento e raffrescamento.

Si propone per l'analisi un metodo LT semplificato, che non tiene conto di alcuni dati troppo specifici (efficienza del sistema di illuminazione e di riscaldamento). Da un lato è possibile definire le possibili dispersioni che possono avvenire attraverso le superfici disperdenti dell'involucro mediante il *rapporto tra la superficie disperdente dell'involucro e il volume costruito* si considera come positivo il valore più basso: infatti più è alto il valore ottenuto, maggiore è la quantità di superficie disperdente esposta al contatto con l'aria e, di conseguenza, maggiori le perdite di calore. Dall'altro la *percentuale delle superfici verticali orientate verso sud e da sud/ovest a sud/est* indica la quantità di superfici che possono garantire un guadagno passivo grazie alla radiazione solare presenti all'interno dell'area analizzata, ovviamente più alto è il valore, più è positivo, i guadagni energetici possono essere maggiori.

Infine, è possibile definire la quantità *zone passive e non passive*⁵ presenti all'interno dell'area analizzata: si considerano zone passive quelle contigue alla facciata, fino ad una distanza doppia rispetto all'altezza interpiano (nel nostro caso 6 m), questo indicatore esplicita come, progettando in modo adeguato la forma delle costruzioni e la morfologia urbana, possa essere possibile prevedere e realizzare un guadagno energetico per gli edifici.

3.4.3. Comfort urbano

La forma urbana gioca un ruolo determinante al fine di perseguire la sostenibilità ambientale (Morello, 2009), la sua progettazione consente di attuare azioni efficaci mirando ad una migliore qualità dell'ambiente urbano. Per qualità ambientale si intende una serie di proprietà e caratteristiche tipiche dello spazio fisico che riguardano e condizionano l'uomo e gli altri esseri viventi; la definizione è dunque molto ampia, comprende sia gli aspetti quantitativi (il consumo energetico) sia quelli di carattere qualitativo (aspetti psico-fisiologici correlati al benessere della persona). Il fine della progettazione architettonica è il benessere della persona, si considera quindi una qualità riferita solamente all'uomo.

Spesso la questione ambientale viene affrontata solamente con riferimento alla scala architettonica, sono stati infatti compiuti molti progressi per migliorare le prestazioni energetiche degli edifici, ma è fondamentale che essa coinvolga tutto il processo, dalla pianificazione urbana alle tecnologie architettoniche: in architettura si possono ottenere scarsi risultati se essi non sono sostenuti da un ambiente circostante progettato correttamente, non è sufficiente quindi replicare case a basso consumo per ottenere una maggiore sostenibilità dell'ambiente urbano. La valutazione della qualità ambientale e del comfort urbano avverrà quindi alla meso-scala dell'urban design, in cui le relazioni tra interno ed esterno giocano un ruolo fondamentale nel definire la qualità ambientale dello spazio costruito, permettendo di identificare le diverse zone di comfort ambientale degli spazi interni ed esterni (Givoni, 1998; Littlefair, 1998;

⁵ Le zone passive sono aree caratterizzate da un fabbisogno energetico e di illuminazione talmente basso, che il calore e la luce forniti dagli apporti solari possono soddisfarne la domanda, le zone non-passive, al contrario, sono aree che richiedono l'utilizzo di energia proveniente da fonti artificiali per soddisfare il loro fabbisogno energetico.

Littlefair, et al., 2000).

Dopo aver identificato le questioni ambientali, si propongono strumenti di valutazione del comfort ambientale e urbano sui casi studio analizzati, per poi poter distinguere alcune linee guida per l'elaborazione di strategie progettuali per la realizzazione di un nuovo progetto urbanistico.

L'accessibilità solare è sicuramente uno dei temi importanti per la produzione di energia da fonti rinnovabili (il sole) e per la garanzia di un'adeguata qualità degli spazi aperti e chiusi (benessere psico-fisiologico).

Si propongono quindi degli strumenti operativi di analisi alla scala di quartiere o scala urbana che possano essere in grado di dare risposte abbastanza precise sull'accessibilità solare e sulla performance energetica della forma urbana.

Il primo gruppo di strumenti calcola il contributo energetico dei guadagni solari incidenti sulle superfici urbane, un altro strumento di analisi e progettazione mira a calcolare l'accessibilità solare, quantificando le zone d'ombra generate dal layout degli edifici sugli spazi aperti e sulle superfici urbane. Assicurare un numero di ore di irraggiamento diretto negli ambienti costruiti non è garanzia di effettivo risparmio energetico o qualità ambientale, poiché diverse ore del giorno sono caratterizzate da diverse irradiazioni solari.

I modelli impiegati per le analisi ambientali sono stati sviluppati da Baker, Ratti e Richens a partire dalla fine degli anni '90 presso il Martin Centre dell'università di Cambridge e successivamente approfonditi presso il Senseable City Laboratory del Massachusetts Institute of Technology (Morello & Ratti, 2009, 2005).

Attraverso le tecniche di *image processing*, i modelli digitali tridimensionali possono essere indagati in maniera automatica mediante algoritmi di calcolo finalizzati all'analisi ambientale. Ai fini della costruzione del modello e della sua successiva analisi digitale, le mappe vengono elaborate e riportate su un supporto bidimensionale conservando l'informazione tridimensionale riguardante le altezze degli oggetti rilevati. Si ottengono di conseguenza oggetti a 2.5 dimensioni definiti con il nome di *Digital Elevation Model (DEM)*⁶.

Apporti energetici gratuiti e isola di calore urbana

Con il calcolo delle superfici solari, si sottolinea come l'irraggiamento solare, oltre ad essere determinante per l'illuminazione degli spazi urbani, costituisce anche una fonte di approvvigionamento energetico, è quindi utile stabilire il potenziale grado di sfruttamento degli apporti gratuiti passivi derivati dalla captazione solare ai fini del risparmio energetico.

L'urban design si occupa non soltanto della questione energetica degli spazi chiusi, ma anche delle questioni ambientali degli spazi aperti. Il controllo del microclima in città pone direttamente in relazione le variabili ambientali con la vita sociale degli abitanti, poiché un ambiente aperto confortevole è in grado di agevolare la permanenza delle persone divenendo un luogo di socialità e di produttività.

Al contrario, situazioni di disagio negli ambienti aperti possono essere ricondotte al fenomeno dell'isola di calore urbana, dipendenti in parte dalla geometria della città che intrappola le radiazioni entranti sul territorio urbano e in parte dall'impiego di materiali urbani altamente assorbenti.

Si è quindi ritenuto indispensabile dedicare alcuni strumenti di analisi ambientale al calcolo del dis-comfort termico generato negli spazi aperti. Per esempio, uno degli

⁶ Per *Digital Elevation Model (DEM)* si intende una rappresentazione topografica digitale definita dalle coordinate spaziali piane x e y e dalla descrizione numerica dell'elevazione z. A differenza di altre rappresentazioni topografiche, il DEM è restituito in formato raster, cioè un'immagine bidimensionale che associa ad ogni pixel un valore di altezza. Da questa immagine bidimensionale è possibile ottenere una rappresentazione tridimensionale mediante tecniche di *image processing*.

indici semplificati che consente di porre in relazione la forma del costruito con il processo di generazione dell'isola di calore urbana è il *fattore di vista del cielo*, calcolabile in ogni punto dello spazio aperto e per una porzione sufficientemente estesa di territorio urbano. Questo indice, infatti, esprime la porzione di cielo visibile da ogni punto dello spazio ed è direttamente correlabile alla capacità del suolo di riflettere verso il cielo il calore accumulato durante la giornata, restituendo cioè un modello semplificato per descrivere l'isola di calore urbana.

Si è ritenuto importante considerare tra le variabili che determinano l'isola di calore urbana anche quei fattori dipendenti dall'azione progettuale, principalmente i materiali urbani artificiali e naturali (*percentuale di aree verdi a terra*) e la geometria della forma urbana (Girdharan & Lau, 2004). Dal calcolo e dalla sovrapposizione di questi indici si identificano i punti critici, in cui si potrebbe generare il fenomeno dell'isola di calore urbana.

La scala delle criticità consente di indirizzare e programmare le operazioni di manutenzione atte al miglioramento delle condizioni ambientali degli spazi aperti.

Accessibilità solare degli spazi aperti e chiusi

Le geometrie delle maglie stradali dovrebbero essere dettate da precise regole per permettere al maggior numero di superfici urbane di poter beneficiare o proteggersi dalla primaria fonte energetica passiva in architettura, ovvero il sole.

Un altro strumento di analisi e progettazione mira quindi a calcolare l'*accessibilità solare degli spazi aperti e chiusi*, quantificando le zone d'ombra generate dal layout degli edifici sugli spazi aperti e sulle superfici urbane. Non è sufficiente ottimizzare l'accessibilità solare degli interventi di nuova costruzione, ma è doveroso al contempo garantire l'irraggiamento solare degli edifici esistenti interessati dalla presenza di nuovi volumi urbani.

Per questo si prevede l'utilizzo di un'ulteriore applicazione, che prevede invece il calcolo delle solar envelope introdotte negli anni '70 da Ralph L. Knowles, ossia superfici solari tridimensionali da sovrapporre a un'area edificabile con la peculiarità di non ostruire per più di n ore l'incidenza solare sui siti adiacenti; si tratta di superfici dettate dal percorso solare reale che consentono di superare i limiti delle norme basate sugli angoli di ostruzione contenute nei tradizionali regolamenti edilizi.

Tuttavia, assicurare un numero di ore di irraggiamento diretto negli ambienti costruiti non è garanzia di effettivo risparmio energetico o qualità ambientale, poiché le diverse ore del giorno sono caratterizzate da diverse irradianze solari. Inoltre, il metodo proposto non considera il contributo fondamentale della radiazione diffusa, riducendo a sole due categorie (sole e ombra) le condizioni di ingresso per il calcolo. Anziché il conteggio delle ore di sole e ombra per determinare le superfici solari, si propone quindi di calcolare l'effettivo irraggiamento solare captato dalle superfici urbane, dando un'accezione energetica al concetto originario delle *solar envelope* di Knowles (Morello & Ratti, 2005).

Questo passaggio è possibile qualora, oltre al percorso solare, si conosca anche l'effettiva radiazione solare incidente (diretta e diffusa) calcolata e ripartita sulla volta celeste per la località in esame.

3.4.4. Sistema ecologico

La funzione paesaggistica del verde urbano si concretizza nella sua incidenza sul paesaggio della città, esso si inserisce nello spazio fisico, per questo coinvolge l'architettura e la pianificazione urbanistica e può essere d'aiuto per il raggiungimento della sostenibilità ambientale. L'uso corretto e consapevole della vegetazione nella

pianificazione ha un'azione mitigatrice e igienica sull'habitat urbano, controlla la qualità del microclima, parametro fondamentale per assicurare il benessere dell'uomo.

La concentrazione della popolazione mondiale in aree urbanizzate causa il fenomeno dell'isola di calore urbana, fattore dovuto all'accumulo di energia termica in città causato dall'edificazione di tipo intensivo, dalla diffusione delle superfici impermeabili unite alla presenza insufficiente di vegetazione (Morello, 2009). Le cause del surriscaldamento dell'aria sono diverse, come, ad esempio, il calore dovuto all'irraggiamento solare, le attività urbane, la conformazione del tessuto della città, il tipo di suolo utilizzato. I diversi tipi di suolo causano effetti differenti sull'ambiente circostante: infatti le superfici urbane impermeabili si possono definire come superfici morte, causano il degrado dell'energia solare con un processo termodinamico, mentre le superfici verdi trasformano l'energia solare in materia organica.

In aree urbane densamente edificate, l'energia solare viene riflessa ed assorbita dalle pareti verticali degli edifici, aumentandone così il carico termico. La vegetazione sia erbacea che arborea limita il riscaldamento degli edifici intercettando la radiazione solare e limitando la radiazione riflessa dalle superfici circostanti e la conduzione orizzontale del calore nel terreno verso l'edificio. Se le superfici pavimentate o il terreno nudo intorno agli edifici vengono sostituite da prato, con sufficiente approvvigionamento d'acqua, la maggior parte della radiazione solare viene utilizzata per l'evapo-traspirazione, il terreno rimane dunque più fresco.

L'energia solare incidente su ampie zone verdi viene in gran parte utilizzata dalla vegetazione per processi traspiratori e fotosintetici provocando un sensibile abbassamento della temperatura dell'aria. Le masse verdi producono una grande quantità di vapore acqueo, si verifica quindi un aumento del grado igrometrico ed un abbassamento della temperatura dell'aria: una parte delle radiazioni solari viene usata come calore di evaporazione.

La presenza di zone verdi in determinate aree urbane determina l'evapo-traspirazione, fenomeno legato alla fotosintesi: le piante, per assumere l'anidride carbonica devono mantenere gli stomi aperti perdendo grandi quantità d'acqua pompate dal terreno e immesse nell'atmosfera, sotto forma di vapore. Il passaggio dell'acqua dallo stato liquido a quello di vapore avviene nelle foglie e comporta l'assorbimento di energia termica, quindi il 60-70 % dell'energia solare assorbita viene utilizzata per produrre vapore per la funzione di fotosintesi. La radiazione solare colpisce le masse di fogliame e viene in parte riflessa e in parte assorbita, mentre le zone impermeabilizzate assorbono fino al 10 % in più dell'energia solare; la quantità di calore latente dissipato per la traspirazione delle superfici vegetali non soggette a stress idrico è molto elevata, per questo motivo la presenza di aree verdi in ambiente urbano fornisce un notevole contributo per correggere le situazioni di surriscaldamento estivo (Fabbri & Della Valle, 2010).

Il verde urbano riduce anche la radiazione solare incidente sul costruito, che, ombreggiato dalla vegetazione, viene raffrescato in modo passivo, mediante una riduzione delle temperature interne e lo sfasamento della temperatura massima: infatti la temperatura dell'aria, da cui dipende il comportamento termico dell'edificio, raggiunge il suo valore massimo due o tre ore dopo rispetto al picco della radiazione solare, contribuendo a moderare il surriscaldamento dell'aria e proteggendo le persone dalla radiazione solare e dal riverbero delle superfici pavimentate.

Gli edifici che non fronteggiano superfici vegetali risentono delle elevate temperature radianti di strade ed edifici prospicienti, causate da sezioni stradali strette hanno effetti multipli di riflessione/radiazioni tra pareti vicine degli edifici stessi, con relativo riscaldamento delle masse d'aria con cui sono a contatto. E' quindi ancora più importante nella modificazione per il bilancio termico di un edificio la disposizione delle alberature circostanti, per ottenere il miglior ombreggiamento durante l'estate (Morello, 2009).

E' opportuno, per una corretta disposizione delle alberature, la conoscenza delle

ombre che esse proietteranno, basata sulle caratteristiche degli alberi impiegati e sulla conoscenza degli angoli di incidenza dei raggi solari. L'urbanizzazione diffusa causa anche una modifica delle condizioni di ventilazione, gli edifici schermando le correnti d'aria, causano la bolla di calore urbano, altro effetto dell'isola di calore. La vegetazione ha un effetto positivo sull'aumento della velocità dell'aria, che cambia a seconda della tipologia del verde presente: infatti la velocità del vento aumenta con l'altezza del suolo secondo una curva di tipo esponenziale che si modifica in base al tipo di copertura del suolo (un grande prato ha un'influenza prossima allo zero, mentre all'interno di un bosco la velocità del vento, aumentando con la distanza del suolo, risulta frenata dalla chioma degli alberi).

La creazione di aree verdi, boscate o cespugliate rappresenta uno dei sistemi più efficaci anche contro l'inquinamento acustico⁷, esse fungono da massa assorbente delle vibrazioni sonore: sono particolarmente indicati i sempreverdi e le conifere, sia per la persistenza del fogliame, sia per la compattezza della chioma.

La vegetazione è anche il principale strumento per il reinserimento degli inquinanti nei sistemi naturali con intercettazione, restituzione al terreno ed eventuale rielaborazione biologica: gli alberi compiono un'importante funzione di filtro per sostanze gassose e pulviscolari, per questo è importante circondare le fonti inquinanti con barriere verdi, che permettono una riduzione dell'inquinamento atmosferico mediante la fissazione della polvere, la depurazione batteriologica e chimica, mediante alterazione delle correnti dell'atmosfera, le chiome dense e compatte diminuiscono la velocità delle correnti d'aria (Rogora, 2003).

Oltre agli effetti igienici sul microclima urbano il verde assume anche la funzione di conservare il metabolismo energetico dei sistemi vegetali e la biodiversità di un luogo. Il metabolismo energetico dei sistemi vegetali rappresenta la capacità di un ecosistema di conservare e massimizzare l'impiego dell'energia, in grado di individuare le evoluzioni/involuzioni del paesaggio in relazione al grado di conservazione, recupero o trasformazione del mosaico ambientale.

Per biodiversità si intende invece l'insieme di tutte le forme viventi geneticamente differenti e degli ecosistemi ad esse correlati. Implica tutta la variabilità biologica: di geni, specie, habitat ed ecosistemi. La biodiversità costituisce la struttura degli ecosistemi è l'insieme dei rapporti funzionali alla base del loro funzionamento e della loro capacità di auto sostentarsi e perpetuarsi (Fabbri, Della Valle, 2010).

Una volta identificate le funzioni e le potenzialità del verde urbano, si propongono alcuni strumenti utili per identificare le strategie progettuali e per valutare la progettazione del sistema verde (allegato 1 e allegato 2).

Permeabilità del suolo

Prevedere l'utilizzo di materiali permeabili o semi-permeabili significa garantire al ciclo naturale delle acque di proseguire il suo corso, evitando l'interruzione drastica causata dall'utilizzo di materiali di pavimentazione impermeabili (Agenzia di ecologia urbana di Barcellona, 2007). Infatti un'ampia parte dei processi di degrado macro e micro climatico del nostro ambiente è causato ed alimentato dall'impermeabilizzazione diffusa del suolo. Le superfici impermeabilizzate e sigillate provocano un riscaldamento della massa d'aria sovrastante e i moti convettivi portano al ricircolo delle polveri. Il calore del sole accumulato e irradiato ha, come diretta conseguenza, un aumento delle temperature nelle città, eliminando l'effetto mitigatorio dovuto al processo di evapotraspirazione della vegetazione.

In questo modo si riduce anche la capacità d'infiltrazione delle acque nel suolo

⁷ Analisi degli effetti prodotti dalla propagazione sonora attraverso le fasce arboree frangi-suono piantate con diversi spessori di vegetazione, Università del Nebraska.

portando ad un disordine nella regimentazione delle acque meteoriche sottratte ad un naturale ciclo di captazione e restituzione all'ambiente mediante l'infiltrazione l'evaporazione e l'evapotraspirazione.

Dotazione di spazio verde pubblico per persona

Le aree verdi agiscono come elementi attenuanti sulle aree edificate. Mettere in rapporto lo spazio verde al numero di abitanti significa assicurarsi che queste aree siano davvero sufficienti per servire la popolazione e che siano utilizzate e non abbandonate al degrado, in modo da favorire l'inserimento dei cittadini negli elementi naturali: aumento delle superfici verdi, creazione di aree verdi pubbliche per assicurare l'esistenza di aree di svago.

La disposizione degli spazi verdi e della vegetazione all'interno degli isolati deve considerare quindi anche la distribuzione della popolazione sul territorio in modo da mantenere un equilibrio nell'utilizzo reale degli spazi.

Dotazione di alberi nello spazio pubblico per superficie costruita

Misurare la *quantità di alberature* presenti in un'area significa garantire un ombreggiamento sufficiente alle persone e agli edifici presenti (Agenzia di ecologia urbana di Barcellona, 2007); l'importanza e il ruolo della vegetazione nella definizione del paesaggio urbano si identificano anche nella qualità delle masse arboree, che con il loro volume partecipano alla scansione sequenziale degli spazi urbani: la loro disposizione plano-altimetrica subisce le stesse regole della composizione architettonica (simmetria, dissimmetria, ricorrenze assiali, ecc.).

Tessuti urbani caratterizzati da evidenti discontinuità di scala e di allineamenti architettonici possono essere ricuciti da una vegetazione arborea, essa può fornire la continuità percettiva mancante; al contrario, all'interno di aree urbane che, a causa della loro compattezza e uniformità, sono scarsamente figurabili gli spazi verdi divengono aree che si diversificano dal monotono paesaggio urbano, aumentando la figurabilità⁸ del territorio.

Viali alberati

Le alberature assumono un'altra funzione fondamentale perché, se posizionate in modo efficiente, creando *viali alberati* su zone verdi, possono fungere da corridoi verdi, ovvero da collegamento tra diverse aree verdi che altrimenti sarebbero distinte ed indipendenti (Agenzia di ecologia urbana di Barcellona, 2007). Mediante l'utilizzo di questi sistemi, si creano connessioni tra le aree verdi utili alla conservazione dell'ecosistema, che diversamente rischierebbe il degrado, dunque è necessario garantire una buona quantità di viali alberati all'interno di un masterplan urbano.

Una delle principali minacce per la sopravvivenza di molte specie è l'alterazione, la perdita e la frammentazione dei loro habitat causata dai profondi cambiamenti del territorio condotti ad opera dell'uomo dopo l'esplosione demografica, lo sviluppo industriale, l'estensione della rete dei trasporti e dell'industrializzazione dell'agricoltura,

⁸ In relazione alle qualità fisiche legate agli attributi di identità e struttura dell'immagine mentale come processo interattivo tra osservatore e cosa osservata, si richiama la definizione di figurabilità (imageability) data da Kevin Lynch come "la qualità che conferisce ad un oggetto fisico un'elevata probabilità di evocare in ogni osservatore un'immagine vigorosa. Essa consiste in quella forma, colore o disposizione che facilitano la formazione di immagini ambientali vividamente individuate, potentemente strutturate, altamente funzionali. Kevin Lynch, "The image of the city", 1960, ed.it. Paolo Ceccarelli (a cura di), L'immagine della città, Marsilio, Venezia 2008, pagg. 31-32.

è quindi necessario considerare la possibilità di conservare per quanto possibile gli ecosistemi naturali.

Metabolismo energetico dei sistemi vegetali

Il *metabolismo energetico dei sistemi vegetali* rappresenta la capacità di un ecosistema di conservare e massimizzare l'impiego dell'energia, in grado di individuare le evoluzioni/involuzioni del paesaggio in relazione al grado di conservazione, recupero o trasformazione del mosaico ambientale.

E' necessario che le nuove costruzioni non distruggano gli ecosistemi esistenti, ma garantiscano la conservazione del loro potenziale energetico, mantenendo una grande quantità di verde a terra e un'ampia varietà di specie vegetali disposte a macchia per garantire lo sviluppo dei sistemi vegetali.

Un valore più alto dell'indice rappresenta un più elevato valore di conservazione degli habitat e degli ecosistemi.

Biodiversità

La *biodiversità* descrive l'insieme di tutte le forme viventi geneticamente differenti e degli ecosistemi ad esse correlati. Implica tutta la variabilità biologica: di geni, specie, habitat ed ecosistemi. La biodiversità costituisce la struttura degli ecosistemi e l'insieme dei rapporti funzionali alla base del loro funzionamento e della loro capacità di auto sostentarsi e perpetuarsi.

La biodiversità è preservata dalla conservazione di almeno una parte dell'habitat preesistente alle città, o almeno dal tentativo di ricostruirlo, mediante la realizzazione di ampi spazi verdi e masse arboree.

Un valore più alto dell'indice rappresenta un più elevato valore di conservazione degli habitat e degli ecosistemi.

3.4.5. Accessibilità

Per promuovere la mobilità e una rete di trasporti sostenibile, ovvero il diffondersi della mobilità a piedi o in bicicletta, le città piccole e grandi devono svilupparsi secondo un modello policentrico, in modo da non dipendere da un unico centro per lavoro e servizi; il quartiere deve diventare l'elemento costitutivo di tutto l'uso dello spazio urbano, esso deve essere pensato per una fruibilità a piedi.

La morfologia dello spazio urbano e la pianificazione degli interventi a scala urbana, come la distribuzione delle reti di trasporto, hanno un ruolo determinante nell'assicurare l'accessibilità di una determinata area di città, che può essere considerata sia come accessibilità da e verso altre zone urbane, ma anche come connettività all'interno del quartiere. Essa dipende infatti da elementi di diversa natura: si può considerare da un lato la progettazione degli spazi aperti e delle strade, che, mediante la loro gerarchizzazione, dovrebbero definire il passaggio dagli spazi pubblici a quelli privati mediante aree di transizione; dall'altro lato si può valutare l'accessibilità ai servizi urbani come gli spazi verdi o i mezzi di trasporto.

Un altro aspetto importante è la connettività stradale: tessuti urbani scarsamente connessi alla rete delle strade urbane risultano inevitabilmente poco accessibili. I cittadini residenti in insediamenti poco connessi devono percorrere distanze maggiori per raggiungere punti di interesse, servizi, commercio, reti di trasporto (Morello, 2010) (allegato 1 e allegato 2).

Aree di transizione pubblico-privato

Per restituire un'indicazione di coerenza morfologica del tessuto urbano è possibile eseguire una mappatura delle *aree pubbliche* (le aree a cui le persone possono avere accesso 24 H al giorno, zone in cui gli individui possono muoversi in ogni momento, come parchi pubblici, spazi aperti, strade e marciapiedi, parcheggi pubblici, ecc) e di quelle *private* (Porta & Renne, 2005), in questo modo si identificano le zone in cui la popolazione può muoversi liberamente o meno all'interno della città.

La sola mappatura delle aree pubbliche e private non permette di dare un giudizio numerico sulla coerenza del tessuto urbano, ma solamente un giudizio qualitativo. Si propone quindi un'analisi della distribuzione delle *aree di transizione pubblico-privato*; si studia cioè la relazione che esiste tra le due tipologie di spazi: la distribuzione ideale delle aree pubbliche e private presenta sempre un'area filtro di transizione tra spazio pubblico e spazio privato.

Esistono i due tipi di aree di transizione tra pubblico e privato:

1. connesse, comunicanti da un lato con l'area pubblica, dall'altro con l'area privata;
2. non-connesse, comunicanti o con spazio pubblico o con uno spazio privato.

L'indice delle *aree di transizione pubblico-privato* esprime la percentuale delle aree di transizione connesse rispetto al totale delle aree di transizione connesse e non-connesse, più alto è il valore, più la struttura degli spazi aperti urbani è coerente e leggibile in termini di morfologia urbana.

Accessibilità

Per sostenere la possibilità di spostamento delle persone secondo una mobilità sostenibile è necessario garantire l'*accessibilità* (Agenzia di ecologia urbana di Barcellona, 2007) della popolazione *alla rete dei trasporti pubblici* (bus, tram, metro), alle piste ciclabili, alle aree verdi limitando gli spazi per i parcheggi di superficie. I nuovi interventi di pianificazione si devono quindi concentrare attorno ai nodi del trasporto pubblico, esistenti o da realizzare, sulla base di un'efficienza localizzativa.

L'obiettivo è quello di concepire lo spazio pubblico come elemento fondamentale della città, eliminando almeno parzialmente quello che ormai è divenuto il suo utente principale, l'automobile. Si propongono quindi degli indicatori che analizzano l'*accessibilità pedonale e ciclabile di questi servizi*, calcolando generalmente un raggio d'influenza dei diversi elementi di 400 m (Urban Task Force, 1999) infatti il trasporto pubblico, le piste ciclabili, i parcheggi e gli spazi verdi devono essere raggiungibili in 5 minuti a piedi e in 1 minuto in bicicletta, tempo e distanza che un uomo è disposto a percorrere per raggiungere questi servizi.

Si misura quindi la porzione dell'area d'analisi servita dalle fermate del trasporto pubblico, disegnando cerchi dal raggio di 400 m attorno ai nodi d'interscambio interessati, cioè le *fermate del bus, della metropolitana e delle linee tramviarie*. Allo stesso modo si opera per l'accessibilità *alla rete delle piste ciclabili*, si calcola la percentuale dell'area d'analisi servita dalle stesse, secondo una distanza di 400 m, più essa è alta, più l'area risulta connessa alla rete di trasporti pubblici.

Per quanto riguarda l'*accessibilità agli spazi verdi* è necessario applicare una distinzione a seconda dell'estensione degli stessi: infatti un'area verde assume una funzione differente a livello urbano a seconda della sua grandezza. Ad esempio un'area verde di 1000 m² serve generalmente una porzione ristretta di residenti, si prevede quindi uno spostamento a piedi di tipo quotidiano per raggiungerla (200 m), un'area

verde più ampia di 5000 m² prevede uno spostamento a piedi da parte dell'utente di tipo non quotidiano (distanza di 750m), un'area verde più ampia di 1 ha, può diventare un'attrazione per la popolazione anche per compiere uno spostamento in bicicletta (2 km), un'area verde più ampia di 10 ha assume una funzione urbana che prevede uno spostamento tramite trasporto pubblico. Si analizza l'area in base alla sua grandezza e raggio d'influenza, più la percentuale dell'area raggiunta dal servizio è alta, più la zona è servita da spazi verdi.

Parcheggi situati a bordo strada

Per rendere i quartieri il più possibile car-free una politica attuabile è quella di ridurre il più possibile i *posti auto* presenti all'interno di un quartiere, per questo si considera come risposta minima alla domanda un parcheggio ogni 4 famiglie, che rappresenta il valore di riferimento per il numero di posti auto necessari. Si misurano solamente i posti auto presenti lungo le strade perché essi non influiscono in modo significativo sul metabolismo urbano come, invece, i parcheggi sotterranei.

Connettività stradale

La connettività stradale è un elemento fondamentale per la buona progettazione urbana. Una rete di strade ben connessa si comporta meglio ai fini della mobilità sostenibile, poiché favorisce gli spostamenti di pedoni e di biciclette nelle aree urbane. Una struttura stradale a griglia con maglia fitta offre più opportunità per lo svolgimento delle attività urbane e in generale per l'interazione sociale, riducendo la necessità di spostamento dato che tutto è accessibile in un tempo di viaggio ridotto. Questi principi sono generalmente accettati dalla disciplina urbanistica, ma rimane aperta la questione su come stabilire indici che possano definire in modo assoluto la connettività di un luogo.

La *network analysis* e la *graph analysis* rappresentano una ricerca interdisciplinare che si è rivelata molto utile per svariate applicazioni anche in altri campi come la biologia, l'ingegneria, la fisica, ecc. Si propongono quindi alcuni indicatori e strumenti di analisi che tracciano una possibile risposta pratica ai fini della misurabilità della connettività urbana e sono finalizzati allo stabilire metodi di verifica all'interno dei processi decisionali per l'incremento della mobilità sostenibile pedonale e ciclabile.

I parametri sono organizzati in due gruppi: la prima sezione include gli indicatori che riguardano la rete stradale, la seconda sezione, invece, considera gli indicatori derivati dall'analisi dell'isolato urbano. Si propone quindi una classificazione degli indicatori secondo l'oggetto di osservazione, che può essere la rete stradale o il suo negativo, ossia l'isolato urbano inteso come lo spazio delimitato da strade (sia carrabili che pedonali).

Le misure di connettività possono essere interpretate come misure morfologiche, i piani o le linee guida urbanistiche possono definire gli standard che regolano la dimensione e la lunghezza delle strade e/o possono suggerire al contempo le regole per il controllo della dimensione o forma degli isolati urbani (Morello, 2010).

Gli indicatori relativi al network stradale, inseriti all'interno del sistema di valutazione, sono:

1. *l'indice di connessione* (indice gamma), che esprime il rapporto tra l'attuale numero di connessioni tra i nodi e quello massimo teorico (tutti i nodi sono collegati tra loro);
2. *l'indice di circuitazione* (indice alpha), che esprime il rapporto tra il numero di loop presenti nella rete e il numero massimo teorico,

essendo la chiusura ad anello (loop) tra diversi nodi la struttura più connessa;

3. la *densità delle intersezioni* esistenti, che rappresenta una misura semplice ed efficace è il conteggio dei nodi per unità di superficie (nodi/ha), maggiore è il numero dei nodi, maggiore è la connettività della maglia stradale (LEED 2009 For Neighborhood Development);
4. la *connettività interna (CNR)*, che misura il numero di intersezioni stradali diviso per la somma del numero di tutte le intersezioni stradali e il numero dei cul-de-sac, maggiore è l'indice, maggiore è la connettività interna⁹;
5. il *rapporto tra il numero di connessioni e il numero di nodi*¹⁰, questo indice è utile per studi comparativi di soluzioni alternative su di una stessa area, ma non considera la dimensione e il distanziamento dei componenti spaziali, infatti, la stessa griglia scalata diversamente presenta lo stesso rapporto connessioni/nodi.

Gli indicatori di connettività relativi agli isolati urbani, inseriti all'interno del sistema di valutazione, sono:

1. il calcolo dell'*estensione media degli isolati*, indice indiretto della densità della maglia stradale che sostiene lo spazio costruito, minore è l'estensione degli isolati e maggiore è la connettività;
2. il calcolo del *numero di isolati per unità di superficie* (tipicamente 1/ha), indice che descrive la granulometria del tessuto urbano, infatti maggiore è il numero degli isolati, minore è la loro estensione, maggiore la connettività.

3.4.6. Complessità

La complessità¹¹ è un requisito fondamentale per la sostenibilità di un quartiere, esso infatti deve contenere al suo interno mix funzionale, mix dimensionale e tipologico (Charter of the Congress for the New Urbanism, 1996)¹² per poter garantire un'adeguata distribuzione dei servizi e per poter rispondere alla domanda di abitazioni di diversi tipi.

Il mix è un concetto mediato dall'idea di metabolismo urbano e dall'idea che la separazione degli usi, riducendo la complessità, semplifica l'idea di città che, invece, è un sistema complesso¹³.

Il mix di usi è spesso parte integrante della vitalità di un quartiere, può includere

⁹ Il modello INDEX (Criterion Planners Engineers, 2001) suggerisce che i valori non dovrebbero essere inferiori a 0,5 ma almeno 0,7 o superiori.

¹⁰ Una griglia perfetta ha un rapporto di 2.5. per gli insediamenti urbani 1.4 rappresenta un buon traguardo.

¹¹ <http://emergenturbanism.com/>; <http://www.slideshare.net/mhelie/urban-complexitys-role-in-a-practical-emergenturbanism>

¹² www.cnu.org/charter, 1996

¹³ I sistemi complessi sono caratterizzati dal fatto che non è possibile stabilire delle leggi che li governano e sono quindi imprevedibili. Il loro comportamento non è lineare e possono in certi casi assorbire grandi perturbazioni senza avere effetti importanti mentre al contrario certe piccole perturbazioni possono provocare effetti catastrofici. Un sistema complesso, non avendo nessuna legge generale che lo governa, è imprevedibile, tuttavia esso può essere caratterizzato da comportamenti tipici (aperiodici) attraverso i quali è ad esempio possibile prevedere l'apparizione di un fenomeno ma non in generale un tempo preciso in cui questo può avvenire.

non solo le funzioni residenziali e commerciali, ma anche una varietà di strutture di vendita al dettaglio, servizi locali, funzioni speciali. Mira a potenziare l'integrazione sociale e l'impegno civico, a concentrare pubblici esercizi e attività commerciali in diversi quartieri e nei centri distrettuali, massimizzando anche l'uso degli edifici eventualmente sottoutilizzati, secondo la logica di una città policentrica. Cercando di diminuire la necessità di spostamento della popolazione, crea nuove gerarchie e aiuta riconoscere quelle esistenti, consentendo di dare enfasi ai ruoli differenti di ciascun quartiere, accrescendone la complementarietà ed enfatizzandone l'identità, offrendo alle persone diverse opportunità per la socializzazione.

Se il quartiere assume una forma compatta (Jenks et al. 1996, 2000) il valore della prossimità viene enfatizzato, diventano allora necessari gli spazi pubblici che favoriscano l'interazione, una città sostenibile deve interconnettere reti di luoghi e spazi che massimizzano l'interazione sociale.

I luoghi, per essere percepiti dalle persone come propri, devono essere sicuri, confortevoli, attraenti e vari, per raggiungere questi obiettivi all'interno di un sistema complesso come la città non basta solamente progettare la forma urbana, ma è anche necessario mescolare usi e forme per rispondere alle esigenze dei diversi gruppi sociali che utilizzano lo spazio urbano.

La città deve quindi essere anche flessibile, sia per rispondere alle esigenze dei diversi utenti, sia per adattarsi ai cambiamenti futuri rispetto agli usi dello spazio, allo stile di vita della popolazione e alla demografia.

Per definire la complessità di un'area urbana è necessario quindi considerare diversi aspetti, si è deciso di selezionare tre indicatori che descrivono la diversità all'interno del quartiere (allegato 1 e allegato 2).

Diversità delle tipologie edilizie

La *diversità delle tipologie edilizie* (Agenzia di ecologia urbana di Barcellona, 2007) è una misura di entropia: infatti misura la diversità, il disordine, delle tipologie edilizie presenti all'interno dell'area analizzata (case a corte, villette, villette a schiera, case in linea, torri, volumi specialistici).

Un adeguato mix tipologico garantisce una struttura equilibrata della morfologia urbana si creano piccole unità di vicinato ed una forte affinità nei caratteri comuni dell'insediamento. Un'altezza variabile dell'edificato garantisce un rapporto continuo e differente con gli spazi aperti creando un buon livello di omogeneità e armonizzando una spiccata varietà architettonica. Dunque più il valore dell'indicatore è elevato più indica una presenza maggiore di mix.

Dotazione di servizi per il quartiere

La *dotazione di servizi per il quartiere* (Leed 2009 for neighborhood Development) considera quindi come elemento fondamentale la quantità di servizi presenti all'interno dell'area d'analisi e la loro distribuzione secondo una logica car-free.

Questo indicatore misura la somma delle percentuali, rispetto alla superficie totale, delle aree servite da 20 elementi selezionati (beni primari e servizi), che servono il quartiere, si considera quindi per ciascun componente un raggio d'influenza di 400m (5 minuti a piedi). Più un quartiere è ricco di un mix di servizi, più aumenta l'attrattività della zona, stimolando la vitalità e la possibilità di socializzazione all'interno dell'area.

Diversità delle funzioni

L'indice di *diversità delle funzioni* (Leed 2009 for neighborhood Development) è un'altra misura di entropia: infatti analizza il mix di funzioni presenti all'interno del quartiere. Esso considera la quantità di superficie costruita dedicata a tre funzioni differenti (settore terziario, al settore commerciale, oppure alla residenza), in base ad essa si calcola quindi la diversità delle funzioni presenti.

Il mix funzionale mira a potenziare l'integrazione sociale e l'impegno civico, per questo è importante concentrare servizi pubblici e attività commerciali anche recuperando edifici esistenti non utilizzati.

3.5. Riferimenti bibliografici

- Agenzia di ecologia urbana di Barcellona, (2007). *Piano speciale degli indicatori di sostenibilità ambientale dell'attività urbanistica di Siviglia*.
- Alexander, C., *A pattern language*, Oxford University Press, New York.
- Baker, N., & Steemers, K. (1992). *The LT Method*. In J. R. Goulding, J. Owen Lewis, & T. C. Steemers (A cura di), *Energy in architecture: the European passive solar handbook*. Batsford for the Commission of the European Community. London.
- Baker, N., & Steemers, K. (2000). *Energy and Environment in Architecture*, London: E&FN Spon.
- Blengini, G. A., (Marzo 2009). Life cycle of buildings, demolition and recycling potential: A case study in Turin, Italy, *Building and Environment*, 44, 319–330
- Blumenfeld, H. (1957). Residential densities, *American Society of Planning Officials*.
- Bologna, G., (2009). *Manuale della sostenibilità*, Ed. Ambiente, Milano.
- Bosselman, P., (2008), *Urban Trasformation*, Island Press, US.
- Bottero, M., (2005). *Progetto ambiente*, Libreria CLUP, Milano.
- Brundtland Commission (WCED, 1987), Report: "Our common future", *Commissione mondiale sull'ambiente e sullo sviluppo*.
- Charter of the Congress for the New Urbanism*, 1996
- Colantonio, A., (Luglio 2007). Measuring Social Sustainability: Best Practice from Urban Renewal in the EU. Social Sustainability: An Exploratory Analysis of its Definition, Assessment Methods, Metrics and Tools, Luglio 2007, *EIBURS Working Paper Series*.
- Columbia University, Tsinghua University, and McKinsey & Company, (2010). *The urban Sustainability Index: A New Tool for Measuring China's Cities*, (2010).
- Costanza, R., (1980). Embodied Energy and Economic Valuation, *Science*, vol.210, 12.
- Criterion Planners Engineers, 2001, INDEX PlanBuilder User Guide, Portland. Oppure: <http://www.crit.com/documents/planuserguide.pdf>
- Daly, H. E. (1991). *Steady State Economics*, (seconda edizione con nuovi saggi). Washington, D.C.: Island Press.
- Daly, H. E. (1996), *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*. Boston: Beacon Press.
- Dessi, V., (2007). Progettare il comfort urbano, Sistemi Editoriali, Napoli.
- Fabbi P., Della Valle, M. F., (2010). *Il Verde Urbano, Struttura e Funzione*, Editore: Politecnica, Milano.

- Farr D., (2007). *Sustainable Urbanism: Urban Design with Nature*, Editore: Wiley.
- Fusco Girard, L., Nijkamp, P., (1997). *Le valutazioni per lo sviluppo sostenibile della città e del territorio*, FrancoAngeli, Milano
- Giridharan, R., Ganesan, S., & Lau, S. (2004). Daytime urban heat island effect in high-rise and high-density residential developments in Hong Kong. *Energy and Buildings*, 36.
- Givoni, B. (1998). *Climate considerations in building and urban design*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Hernandez-Moreno, S., De Hojos-Martinez, J., (2010). Indicators of urban sustainability in Mexico. *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*, 7 (16).
- Howard, E. (1898). *Garden cities of tomorrow*, London, Faber and Faber (1946).
- Human Space Laboratory, *Densità abitative e tessuti urbani, Internal paper*, Cambridge MA, 2008
- J. Jacobs, (1961). *The death and life of a Great American Cities*, Random House and Vintage Books, New York.
- Jenks M., Burton E., Williams K. (editors), (1996). *The Compact City: A Sustainable Urban Form?*, E & FN Spon, London, UK.
- Jenks, M., Burton, E., Williams, K. (2000). *Achieving Sustainable Urban Form*, E & FN Spon, London, UK.
- Kenworthy, J.R. and Laube, F.B. (1996). Automobile dependence in cities: An international comparison of urban transport and land use patterns with implications for sustainability. *Environmental Impact Assessment Review, Special Issue: Managing Urban Sustainability*.
- Knowles, R. L. (1981). *Sun Rhythm Form*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Le Corbusier, (1943). *Athens Charter*, CIAM.
- Leed 2009* for neighborhood Development
- Littlefair, P. J. (1998). Passive solar urban design: ensuring the penetration of solar energy into the city. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2.
- Lynch, K. (1960). *The image of the city*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Marchetti C., (1994). Anthropological Invariants in Travel Behavior, *Technological Forecasting and Social Change*.
- Mega, V., Pedersen, J. (1998) *European Sustainability Indicators*, European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, Ireland.
- Meta Berghauser Pont, Per Haupt, (2010). *Spacematrix, Space, Density and Urban Form*, Nai Publisher.

-
- Mindali O., Raveh A., Salomon I., 2004, Urban density and energy consumption: a new look at old statistics, *Transportation Research*.
- Morello E., (2009), "La scala urbana e microurbana: analisi e progettazione ambientale della forma urbana", in Bertoldini M., Campioli A. (editors), *Cultura tecnologica e ambiente*, Città Studi UTET, Torino.
- Morello, E., (2010). Indicatori di connettività del tessuto urbano, *Materiale didattico per il corso: Laboratorio di Eco-urbanistica*, Milano.
- Morello, M. (2010), La progettazione ambientale della forma urbana. *Materiale didattico per il corso: Laboratorio di Eco-urbanistica*, Milano.
- Morello, E., & Ratti, C. (2009). SunScapes: 'solar envelopes' and the analysis of urban DEMs. *Computers, Environment and Urban Systems*, 33, 26-34.
- Newman, P., Jennings, I. (2008). *Cities as a Sustainable Ecosystems, Principles and Practices*, Island Press, London, pp.4 e p.119.
- Newman, P.W.G. and Kenworthy, (1989). *Cities and Automobile Dependence: An International Sourcebook*, Aldershot: Gower.
- Pasqui, (2011). *Lezione ai dottorandi del corso in Pianificazione e Governo del Territorio*, Politecnico di Milano.
- Porta, S., Renne, J. L., (2005). Linking urban design to sustainability: formal indicators of social urban sustainability field research in Perth, Western Australia, *URBAN DESIGN International 10*, Palgrave Macmillan, pp. 51-64.
- Ramos, M. C., & Steemers, K. (2005). Indicatori morfologici della qualità ambientale. In A. Rogora, & V. Dessi (A cura di), *Il comfort ambientale negli spazi aperti* (p. 37-46). Monfalcone, Italy: Edicom Edizioni.
- Ratti, C., Baker, N., & Steemers, K. (2005). Energy consumption and urban texture. *Energy and Buildings*, 37.
- Ratti, C., & Morello, E. (2005). SunScapes: extending the 'solar envelopes' concept through 'isosolar surfaces'. *Proceedings of the 22nd International Conference on Passive and Low Energy Architecture*. Beirut: NDU Press.
- Rogora, A., (2003), *Architettura e bioclimatica*, Sistemi Editoriali, Napoli.
- Scudo, G., Ochoa de la Torre, J. M., (2003). *Spazi verdi Urbani-La vegetazione come elemento di progetto per il comfort ambientale negli spazi urbani*, Sistemi Editoriali, Napoli.
- Serra Florensa R., Coch Roura H., (1997). *L'energia nel progetto di architettura*, Città Studi Edizioni, Torino.
- Spiekermann, K., Wegener, M., (2003). Modelling Urban Sustainability. *International Journal of Urban Sciences*, 7 (1), 47-64.
- Steeners, K., & Steane, M. (2004). *Environmental Diversity in Architecture*. London, New York: Spon.
-

UNCED. (1992). *Agenda 21: The United Nations Programme of Action from Rio*. UNCED.

Urban Task Force, (1999). *Towards an urban renaissance: final report of the Urban Task Force* - Chaired by Lord Rogers of Riverside, E & FN Spon. London.

3.6. Riferimenti sitografici

<http://www.cnu.org/>

<http://emergenturbanism.com/>

<http://www.slideshare.net/mhelie/urban-complexitys-role-in-a-practical-emergenturbanism>

<http://www.slideshare.net/mhelie/urban-complexitys-role-in-a-practical-emergenturbanism>

http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch1en/meth1en/ch1m3en_2ed.html

CASO STUDIO 4

CASO STUDIO

Il lavoro di tesi si propone supportare la progettazione urbana attraverso un processo di valutazione basato su modelli multi-criterio. La matrice di valutazione nella prima parte del lavoro ha consentito lo studio comparativo di soluzioni progettuali alternative. Il caso studio è il quartiere Lorenteggio a Milano, per il quale si sono analizzate alcune proposte progettuali fra quelle disponibili elaborate dagli studenti; le tre proposte selezionate definiscono la porzione di spazio dell'azione rispetto a cui avviare il processo di valutazione e progettazione, in coerenza con l'approccio metodologico proposto.

4.1. La storia, le caratteristiche, i dati, le analisi

4.1.1. La storia, le caratteristiche morfologiche e costruttive

Il quartiere Lorenteggio, situato nella zona sud-ovest di Milano, è stato edificato tra il 1938 e il 1944, ad opera dell'Ufficio Tecnico IFACP, sotto la direzione di Giovanni Broglio, la sua morfologia è di chiara impostazione razionalista, tipica dell'epoca di costruzione, di esso non vi era traccia nel Piano Beruto (1884) che limitava l'espansione alla prima circoscrizione esterna. Il piano Pavia-Masera (1912) lo inserisce per la prima volta nel territorio da urbanizzare, anche se con caratteristiche morfologiche diverse da quelle definitive, ma con già ben evidenziata la presenza di Piazza Tirana. Con il piano Albertini (1934) si inizia a riconoscere la fisionomia del quartiere com'è oggi, tagliato da una diagonale (via Segneri) che doveva, nell'ossessiva simmetria che caratterizza il piano trovare un ulteriore elemento di corrispondenza al di là di piazza Tirana.

Il primo intervento costruttivo nel settore nasce per dare una risposta alla domanda abitativa espressa dai residenti sfrattati dalle zone centrali della città e dalla popolazione operaia, il quartiere non era allora inserito in un impianto urbano, la città si è espansa solamente dopo questo intervento edilizio e l'ha inglobato con il passare del tempo.

Negli anni '80 il quartiere comincia a vivere il proprio declino, non reggendo il confronto qualitativo con le aree circostanti a causa dell'impianto urbano monofunzionale denso e ripetitivo, costituito prevalentemente da edifici "in linea", ad eccezione di alcuni edifici "a ballatoio", unito all'abbandono delle attività commerciali che erano presenti all'interno del quartiere e all'assenza di interventi di riqualificazione a determinare il progressivo degrado. Dal punto di vista sociale, la scomparsa delle attività industriali, delle case del popolo e della piccola distribuzione, così come il depotenziamento del ruolo dei luoghi di aggregazione, unitamente all'aumento del costo degli alloggi e alla concentrazione di persone con basso reddito hanno contribuito a creare isolamento, abbandono e degrado.

Dal punto di vista delle caratteristiche costruttive gli edifici sono costruiti in modo differente in relazione ai diversi comparti, ma sostanzialmente sono costituiti da setti verticali portanti in muratura di laterizi pieni (40 cm ca.), solette in laterocemento armato (20 cm ca.), pareti perimetrali del vano scala in muratura portante in calcestruzzo armato (20 cm ca.), pareti interne divisorie realizzate con mattoni forati (8 cm ca.). Le coperture degli edifici sono state realizzate con varie tipologie: a falde inclinate con copertura in tegole marsigliesi, a terrazzo, con lastre in amianto, con lastre nervate in acciaio dove è stato rimosso l'amianto. Gli alloggi sono dotati di riscaldamento centralizzato collegato alla centrale termica di via Giambellino 148, che non alimenta la produzione di acqua calda per usi sanitari. I corpi scala degli edifici in

linea disimpegno 2, 3 e 4 alloggi per piano, i quali hanno superfici medie di 24, 50 m² (ovvero al di sotto dello standard minimo di superficie abitabile) e 65 m².

4.1.2. I dati

A Lorenteggio, con il passare del tempo, è venuto a mancare un adeguato piano di interventi manutentivi, che ha determinato il progressivo degrado di molti edifici, con segni evidenti anche nelle pareti murarie esterne. Le statistiche ci indicano che il 61,3% degli edifici è in uno stato di conservazione mediocre e il 22,6% è in uno stato di conservazione pessimo: Le abitazioni di edilizia a canone convenzionato non occupate, che non possono essere riassegnate poiché che non rispettano gli standard urbanistici attuali, sono il 10,7%, mentre il numero di abitazioni occupate contenute in fabbricati con più di tre piani fuori terra sono l'85%¹.

Se si analizza la popolazione in base all'età si nota che la quantità di popolazione femminile al di sopra dei 65 anni d'età supera nettamente la media residente nella città di Milano, così come la popolazione maschile tra i 45 e i 50 anni e al di sopra degli 85 anni, mentre il numero di femmine di mezz'età è decisamente sotto la media di Milano²; mentre se si analizzano le famiglie in base al numero di componenti i dati indicano che a Lorenteggio la percentuale di famiglie composte da un unico componente supera nettamente la media milanese (52,5%, rispetto al 37,3% del resto della città).

Con l'incrocio dei dati si deduce che la maggior parte della popolazione presente all'interno del quartiere è composta da anziani che vivono da soli; mentre l'altra componente fondamentale della popolazione che vive a Lorenteggio sono gli stranieri, che rappresentano circa il 14,4% rispetto al 7% che si trova nella totalità del capoluogo lombardo.

Un importante elemento per dedurre lo stato sociale della popolazione di un luogo è ovviamente lo stato dell'occupazione, a Lorenteggio la popolazione occupata è solamente il 27,1%, rispetto al 42,7% di Milano, questo dato non è dovuto solamente all'età media della popolazione residente, ma anche alla difficoltà a trovar lavoro di queste persone, infatti la popolazione disoccupata in cerca di una nuova occupazione supera l'8%, rispetto al 2,6% del resto della città.

La maggior parte della popolazione che vive il quartiere è quindi a basso reddito e spesso disoccupata, lo stato di salute, dovuto anche alle condizioni delle abitazioni, è pessimo, allo stesso tempo si rileva la diffusione di malattie quali tubercolosi e aids, la cui media è molto alta rispetto al resto della città.

4.1.3. Le analisi

Il quartiere è oggi attraversato dalla direttrice radiale di via Lorenteggio, altrimenti Nuova Vigevanese, che, uscendo da Milano, è divenuta nel tempo una delle principali strade commerciali a livello sovracomunale.

Il settore in cui si colloca è idealmente delimitato a Sud dalla linea ferroviaria Milano-Mortara e, a Nord, dal tracciato della linea metropolitana MM1. Se alla scala urbana è possibile ricostruire un'immagine sostanzialmente unitaria della zona, dato che gli interventi edilizi che sono stati realizzati si inseriscono in una maglia viaria urbana omogenea, un'osservazione più ravvicinata consente, invece, di leggere con chiarezza l'estrema eterogeneità e la frammentazione interna, esito di un processo incrementale di realizzazione.

¹ Fonte: Censimento 2001.

² Fonti: per Lorenteggio, dati demografici 2007, popolazione residente al 31/12/2007; per Milano, popolazione residente al 1/1/2008 (<http://demo.istat.it>).

L'area risulta un catalogo di differenti modelli insediativi, tipi edilizi, caratteri tipologici, paesaggi urbani e, soprattutto, di differenti qualità dell'abitare quotidiano. Le condizioni di maggior degrado fisico e sociale, attualmente, si registrano all'interno del quartiere Lorenteggio, il primo ad essere stato realizzato, che originariamente si collocava in un'area agricola, originariamente configurato come "testa di ponte" dell'espansione urbana: la specificità di impianto morfologico e le condizioni di disagio ne fanno oggi quasi "un corpo a parte" rispetto al resto del settore, un luogo nel quale si enfatizzano e assumono particolare evidenza le criticità comuni a tutta l'area.

La funzione residenziale del quartiere spicca chiaramente dall'analisi morfologica e dei servizi presenti nella zona. Nel raggio di 400 metri, che corrisponde a 5 minuti di cammino, sono presenti un asilo nido, un liceo scientifico, una chiesa con oratorio e campi sportivi, due parchi di media dimensione, un ufficio postale, una biblioteca e frequenti fermate di bus e del tram 14. In un quadro più allargato, si nota che nel raggio di 750 e 1200 metri, rispettivamente 10 e 15 minuti, sono raggiungibili in aggiunta ai servizi precedenti scuole di ogni genere e grado, farmacie, supermercati e alimentari, numerosi spazi verdi, anche relativamente estesi e numerose più aree destinate allo sport, la stazione ferroviaria di San Cristoforo e due cavalcavia, che collegano la zona Nord con quella Sud, sopraelevati rispetto ai binari, al Naviglio Grande e alla pista ciclo-pedonale annessa.

Lorenteggio è servito, come previsto dagli standard del LEED Neighborhood³, nel raggio di 4000 metri un parco di oltre 10 ettari, entro 2000 metri un area verde compresa tra 1 e 10 ettari e nel giro di 750 metri un giardino urbano di metrature comprese tra 5000 e 10000; è invece sprovvisto di un parco di minimo 5000 metri quadri entro il raggio di 400 metri, grave lacuna che non viene colmata dal verde frammentato, dentro e fuori il quadrilatero.

Lo stato del verde nella scala del quartiere risulta scarso, non per la quantità, che è invece cospicua, ma per la qualità e la manutenzione. Tre grossi settori recintati, nel parco di via Odazio, la risorsa di verde più vicina e preziosa per il quadrilatero, sono destinati ai cani e solo due piccole piattaforme in pessime condizioni, una nei giardini Odazio e una in Piazza Tirana, sono aree gioco per bambini. Sono inoltre assenti piste ciclo-pedonali, spiazzi pic-nic e orti urbani, fatta eccezione per l'esemplare isolato, curato con zelo da privati cittadini che frequentano la Sede Nazionale degli Alpini nel parco di via Odazio, dunque, nonostante la diffusione, c'è un'effettiva impossibilità di sfruttare i benefici e le opportunità che il sistema dei parchi potrebbe offrire.

Il verde privato dell'isolato è anch'esso ampiamente distribuito nel settore, ma la sua frammentarietà e lo stato di abbandono in cui versa ne impedisce un'ottimizzazione dell'uso. L'incuria degli abitanti e il vandalismo sono la causa determinante di questo stato di degrado e di chiusura verso l'esterno dei cortili interposti tra i palazzi.

Se si analizzano i servizi a grande scala mediante il diagramma proposto da Rogers (1999), differenziando i servizi per tipologia (servizi scolastici, sportivi, sanitari, luoghi di culto, commercio in sede propria, commercio al dettaglio, uffici e aree dismesse), raggio d'influenza ed età media di utenza, si nota come il quartiere sia servito da adeguati servizi a livello distrettuale e a livello di quartiere. I problemi fondamentali sono costituiti dal fatto che questi servizi di quartiere sono separati dal quadrilatero da un'infrastruttura di livello gerarchico superiore, quale via Lorenteggio, e che mancano luoghi di ritrovo e commercio qualificato al servizio della popolazione del quartiere.

Dato il posizionamento e la tipologia dei servizi presenti si possono dedurre i possibili flussi e le ore di frequentazione dei percorsi all'interno del quartiere. La mattina si registrano spostamenti di diversa natura: di passaggio in uscita e all'interno dello stesso settore. Il primo tipo si concentra sulle arterie stradali principali, soprattutto su via Lorenteggio, in direzione della stazione ferroviaria e verso le fermate della metropolitana di Inganni, Primaticcio e Bande Nere.

³ Leed 2009 for neighborhood Development

Gli unici centri attrattivi che generano flussi all'interno del settore sono le scuole e i centri dei servizi pubblici, come le ASL. Nelle prime ore pomeridiane della giornata, epicentri ferventi diventano soprattutto i mercati settimanali, dislocati a giorni alterni in diverse vie e i bar di quartiere con la cerchia di affezionati clienti anziani e i lavoratori in pausa pranzo. Inoltre un esiguo flusso circola contemporaneamente verso l'interno e l'esterno della città, i lavoratori part-time.

Nelle ore centrali della giornata le centralità si trasformano in maniera radicale: diventano nodi principali i centri di aggregazione e i ritrovi di tipo informale e gli assi infrastrutturali ritornano ad avere un ruolo da protagonista, ma in direzione opposta rispetto al mattino. Ragazzi e bambini tornano da scuola e si dirigono verso i campi sportivi, gli oratori e i centri di aggregazione sociale, come la Cooperativa sociale Comunità del Giambellino e il Murialdo, mentre gli anziani, dopo la pennichella pomeridiana, passeggiano nei parchi, portano a spasso i cani e fanno piccole compere al mercato comunale. Questo clima frizzante dura però soltanto per poche ore, poiché alla sera quartiere si trasforma in uno scenario deserto e desolante. I ristoranti giapponesi, i negozi di generi alimentari gestiti da extracomunitari e i bar cinesi sono le uniche attività in vita, mentre per le strade circolano solo rom e senz'altro in cerca di un riparo per la notte.

Un piccolo spiraglio di speranza è concesso dall'interesse per la zona, non di certo per il fatiscente quartiere di case popolari, dettato dai due progetti per il rinnovo del verde: la dismissione della stazione di San Cristoforo e il suo conseguente trasferimento in altra sede, per la creazione di un parco pubblico lungo il naviglio, collegato con gli altri giardini urbani tramite la greenway e il disegno di un nuovo ponte di attraversamento ciclopedonale, bretella connettiva tra il naviglio e il verde pubblico sviluppato in linea continuativa fino al parco di via Odazio, rimesso a nuovo.

Il quartiere necessita quindi di un collegamento verde con quello esistente, l'introduzione di nuove attività e funzioni, rendendo i parchi maggiormente vissuti e il verde omogeneo e continuo. E' necessaria una riqualificazione del quadrilatero stesso realizzando un'area caratterizzata da mix-tipologico, funzionale e sociale, al cui interno si trovi un parco pubblico a scala adeguata, che si colleghi alle aree verdi presenti nel contesto secondo una prospettiva di mobilità sostenibile.

4.2. I casi studio

Le possibilità per riqualificare il quartiere di Lorenteggio sono differenti e variegate, si propone l'analisi di tre casi studio, elaborati dagli studenti nell'ambito dei Laboratori di Progettazione Urbana Sostenibile⁴. I progetti analizzati derivano da due corsi diversi che partivano da due presupposti differenti: da un lato la necessità di conservare parte dell'edilizia esistente (gli studenti erano liberi di demolire fino al 50% delle costruzioni esistenti per poi ricostruire fino al 30% in più della volumetria esistente), dall'altro la possibilità di demolire completamente tutta la volumetria esistente.

⁴ Corsi: Laboratorio di Progettazione urbanistica, Sezioni A e B, A.A. 2009/2010, e A.A. 2010/2011, Sezioni D e E;

Responsabili sezione A 2010/2011: Diappi, L., Caputo Paola, Fabbri, P., Morello, E.;

Responsabili sezione B 2010/2011: Concilio, G., Fabbri, P., Morello, E.;

Responsabili sezione D 2011/2012: Concilio, G., Fabbri, P., Morello, E.;

Responsabili sezione E 2011/2012: Diappi, L., Fabbri, P., Morello, E..

4.2.1. Caso studio 1, Masterplan

Il *caso studio 1* propone la realizzazione di un parco all'interno del quartiere, che nasce dall'idea di ampliare quello esistente di via Odazio, che attualmente rappresenta una barriera verso la città. Per rendere il nuovo parco continuo con quello esistente e non interrompere la viabilità e l'accessibilità della zona, si crea un sottopassaggio per interrare la via stessa. In questo modo il parco si integra all'interno del quartiere, diventando maggiormente sicuro, grazie alla vicinanza delle abitazioni; inoltre la biblioteca gode della possibilità di sfruttare un più ampio spazio aperto, mentre le zone più isolate e probabilmente meno frequentate vengono occupate da funzioni in grado di attrarre le persone, quali campi da gioco.

Una grande superficie verde compatta al centro del quartiere rappresenta un'importante opportunità per attenuare l'effetto dell'isola di calore, oltre che per assorbire CO₂, essa è progettata per ospitare gruppi di alberi, non filari, che possano facilitare lo sviluppo di un'adeguata biodiversità naturale e un basso grado di manutenzione. Per garantire la sicurezza interna del parco sono stati previsti da un lato un adeguato sistema d'illuminazione diffusa, dall'altro la presenza di una recinzione chiusa nelle ore serali.

Le vie principali di accesso al parco sono rappresentate da due ampi viali alberati, il cui accesso è evidenziato da due coppie di torri, dedicate al settore terziario, che costituiscono un segno distintivo del quartiere.

Al centro del quartiere si posiziona un teatro auditorium, che crea una quinta per la piazza pedonale, definita da edifici di nuova costruzione, che interrompe l'attuale via Segneri. L'auditorium viene proposto come importante funzione a livello urbano, utile per assemblee locali, come luogo di ritrovo per le associazioni, ma anche come spazio adatto a rappresentazioni e mostre, con lo scopo di divenire punto di attrazione per persone non residenti nella zona. Esso dialoga con il parco dando la possibilità di organizzare eventi anche all'aperto. All'interno della struttura, oltre all'anfiteatro e alle sale di riunione, rivolte verso il parco, trovano spazio alcuni uffici, posti sopra l'ingresso principale, rivolto verso la piazza.

L'attuale via Segneri si trasforma in un boulevard totalmente pedonale, alberato, delimitato da edifici di nuova costruzione, che si pongono come quinta edificata e al cui piano terra si collocano servizi di base e numerose funzioni di commercio, in grado di creare flussi pedonali che rendono gli spazi aperti maggiormente vissuti.

Il viale alberato pedonale e la piazza ospitano il mercato un giorno a settimana, come già avviene, ma per non rendere la piazza utilizzata solo in quest'occasione ai suoi lati vengono collocati alcuni servizi. Nell'edificio posto sul lato nord troviamo una scuola elementare, con ingresso sulla piazza pedonale per permettere l'ingresso in totale sicurezza, mentre l'edificio posto a sud accoglie a piano terra spazi dedicati alla ristorazione, che possono servire gli uffici sovrastanti oltre che gli ospiti dell'auditorium, e ai piani superiori residenze private.

Il mix-funzionale è quindi garantito dalla presenza sia di servizi di base sia di funzioni speciali, inoltre il progetto prevede di riservare una buona parte del volume costruito all'edilizia convenzionata, riservando però almeno tre edifici alla realizzazione di residenze private.

Il riassetto morfologico del quartiere prevede principalmente la creazione di corti, mediante la demolizione di alcuni edifici, ma assicura un minimo mix-tipologico grazie alla presenza di edifici speciali, delle torri che segnano l'ingresso al quartiere e alla conservazione di alcuni edifici in linea nella zona nord-ovest del quartiere.

Le corti poste a nord del quartiere non sono blocchi chiusi, ma sono composte da due parti, divise da una strada, che costituisce un elemento di transizione tra le aree pubbliche e le aree private.

Al loro interno le corti sono generalmente pavimentate con ghiaia e aree verdi, per garantire una permeabilità totale del terreno, sotto alcune di esse sono posti dei

parcheggi interrati, raggiungibili attraverso rampe esterne. Un altro parcheggio interrato, che contiene un servizio di bike e car-sharing è previsto sotto al teatro, altri parcheggi a livello strada vengono invece posizionati lungo le strade carrabili interne al quartiere.

Il nuovo assetto morfologico punta ad aumentare l'accessibilità dell'area con strade pedonali e ciclabili, che, quando incontrano le poche vie carrabili presenti all'interno del quartiere, rendono gli attraversamenti sicuri mediante un sistema di dossi, garantendo lo sviluppo di una mobilità sostenibile.

Il progetto coinvolge negli interventi sulla viabilità anche le vie perimetrali: prevede la costituzione di piste ciclabili in sede protetta rispetto al flusso veicolare sia in via Inganni sia in via Giambellino, collegando Lorenteggio alla rete ciclabile presente lungo il Naviglio Grande e al centro città. Inoltre si prevede la costruzione di un attraversamento sopraelevato di piazza Tirana per consentire un collegamento pedonale e ciclabile. Il progetto considera come attualmente il quartiere sia già servito in modo adeguato dalle reti di trasporto pubblico di superficie, ma grazie alla realizzazione di una nuova fermata della metropolitana, prevista dal progetto della linea 4 a Milano, potrebbe divenire un importante nodo di interscambio e un polo d'attrazione. Si prevede quindi il posizionamento della stazione metropolitana al di sotto della piazza pedonale centrale, attorno a cui si sviluppano le funzioni che assumono importanza a scala urbana.

4.2.2. Caso studio 2, Masterplan

Il *caso studio 2*, non avendo il limite sulle demolizioni possibili da effettuare e partendo dalla considerazione che tutti gli edifici esistenti si trovano in pessimo stato, che le aree verdi interne al quartiere sono inutilizzabili e data la bassa presenza di servizi all'interno del quartiere, propone una totale demolizione e ricostruzione di un nuovo impianto urbano in 6 fasi temporali diverse.

Si propone di costruire un tessuto urbano riconoscibile e particolare, mediante il posizionamento al centro dell'area di un grande parco, la cui superficie sia quasi totalmente alberata, che costituisca un polmone verde al centro dell'area e che favorisca lo sviluppo di un'adeguata biodiversità all'interno dell'area stessa. Per la sicurezza all'interno dell'area verde propone la realizzazione attorno ai suoi confini di un recinto riconoscibile mediante la costruzione di una cortina edilizia, composta da edifici in linea alti 50 metri per garantire visibilità dagli edifici verso tutta l'area del parco.

L'idea da cui parte il progetto è quella di proteggere l'interno dell'area di intervento si propone di creare un recinto riconoscibile dell'area, mediante edifici alti 30 metri, che faccia da soglia e che marchi il fronte lungo le vie esterne al quadrilatero. Il recinto esterno si spezza poi in alcuni punti per garantire l'accessibilità al parco e all'interno del quartiere dove si prevede solamente una mobilità pedonale e ciclabile; le automobili accedono solamente alle strade che delimitano l'area e ai parcheggi interrati.

Gli edifici che costituiscono la cortina edilizia esterna, più bassi di quelli intorno al parco, sono corti aperte, al cui interno si sviluppano dei giardini privati, che mirano ad assumere una funzione sociale di aggregazione per gli inquilini.

Il *caso studio 2* prevede di dedicare una larga parte della superficie costruita ai servizi di quartiere in modo che l'area sia autosufficiente da questo punto di vista per incentivare la mobilità sostenibile. Per inserire l'area in una rete urbana di servizi, in modo che non sia vissuta solamente dai residenti, ma diventi un polo di attrazione per il resto della città, il progetto prevede che il parco e i servizi sportivi ad esso collegati assumano funzione urbana.

4.2.3. Caso studio 3, Masterplan

Il *caso studio 3* ricerca per la riqualificazione di Lorenteggio un rinnovo e una ricomposizione del tessuto urbano milanese in una zona dove esso è frammentato. L'elemento fondante di questa volontà di ricucire il tessuto del quartiere con il resto della città è la creazione di un grande corridoio verde attrezzato, che punta a ricomporre la trama di spazi pubblici limitrofi, che crei continuità con il grande parco urbano di nuova realizzazione nel cuore del quartiere. Altro elemento di unione con il progetto a più ampia scala dei raggi verdi è la riqualificazione delle arterie già esistenti (via Inganni, via Lorenteggio e via Primaticcio) mediante la creazione di viali ciclo-pedonali alberati.

Per ricomporre l'identità ed assimilarlo alla città compatta milanese il progetto prevede la ricomposizione della cortina edilizia perimetrale del quartiere. La riqualificazione edilizia avviene in questo caso mediante l'identificazione di tipologie residenziali funzionali e l'organizzazione di spazi interni vivibili e di buona qualità. Si compongono corti aperte mediante una demolizione selettiva dei corpi edilizi esistenti, che permettano la creazione di giardini privati con buona dotazione di verde, che favoriscano rapporti di vicinato, su cui è garantito un buon soleggiamento. Gli edifici conservati vengono inoltre ristrutturati con interventi che garantiscano buone prestazioni energetiche in modo da migliorare la qualità di vita degli abitanti.

Come gli altri progetti, anche il *caso studio 3* si pone come obiettivo la realizzazione di una mobilità sostenibile, le uniche strade carrabili sono quindi due, che garantiscono l'accessibilità al quartiere e ai parcheggi interrati, mentre il resto della zona è accessibile solamente a pedoni e biciclette.

Per risolvere il problema sociale all'interno del quartiere il *caso studio 3*, oltre a garantire un buon mix-tipologico e quindi la presenza di alloggi di diversa natura e costo, immagina una vocazione sportiva dell'area, data la vicinanza di altri impianti di quella tipologia. Propone la realizzazione, non solo delle attrezzature sportive all'aperto lungo il corridoio verde, ma anche di un edificio polifunzionale al centro che si affaccia sul parco urbano.

Il progetto prevede infine l'introduzione di svariate attività commerciali al dettaglio nella piazza antistante il parco, lungo la via pedonale che, correndo in direzione nord-sud, collega il quartiere al polo scolastico che si trova a nord del quadrilatero, ma anche lungo le strade perimetrali in modo che esse diventino un polo di attrazione anche per coloro che non abitano al suo interno, in modo che esso si ponga realmente come elemento integrato all'interno del sistema urbano.

4.3. Valutazione, risultati e linee guida

4.3.1. Metodologia di Valutazione

La matrice di valutazione proposta fornisce indicazioni di accettabilità e valori di soglia per quasi tutti gli indicatori proposti, per alcuni indici della categoria *Morfologia* e della categoria *Comfort Urbano*, sono necessarie alcune premesse: infatti il giudizio di preferibilità riguardo a questi indicatori dipende direttamente dal contesto in cui ci si trova, non è possibile giudicare a priori la soluzione migliore.

Dato che le tra alternative analizzate si riferiscono al quartiere di Lorenteggio, situato a Milano, si definiscono i valori di soglia in base a ciò che è preferibile in quest'area.

Per quanto riguarda l'indicatore *densità abitativa* (Categoria *Morfologia*) è necessaria un'analisi approfondita del contesto per capire quali possono essere i valori di soglia adatti alle diverse zone della città di Milano. Si studiano quindi in modo

approfondito alcuni tessuti urbani dell'area metropolitana, analizzando anche le destinazioni d'uso del suolo e le densità abitative territoriali⁵ differenti (allegato 3).

Dall'analisi effettuata sul tessuto milanese si deduce che, il caso studio analizzato, il quartiere di Lorenteggio, si inserisce perfettamente nella curva di potenza delle densità abitative territoriali della città di Milano (allegato 3), esso, infatti, si trova a circa cinque chilometri di distanza in linea d'aria da Piazza Duomo e ha una densità abitativa di circa 340 ab/ha (Human Space Laboratory, 2008). Il valore reale di densità nel quartiere è però dovuto alla situazione sociale e ambientale del contesto, gli edifici residenziali situati all'interno dell'area di analisi spesso non corrispondono agli standard abitativi previsti per legge, per questo molti appartamenti sono disabitati e la volumetria non è sfruttata completamente secondo le sue potenzialità.

Per confrontare la densità abitativa territoriale dettata dalla morfologia dello stato di fatto, si calcola la densità abitativa potenziale, ovvero quella che tutta la volumetria dell'area dedicata a residenza potrebbe contenere se fosse utilizzata al massimo delle sue possibilità. Si considera che ogni persona occupi 100 m³⁶, se ne deduce che la densità abitativa potenziale del quartiere è di 452 ab/ha.

I tre progetti propongono un aumento della densità territoriale rispetto a quella dello stato di fatto e anche rispetto a quella che la volumetria di Lorenteggio potrebbe contenere se sfruttata totalmente; i valori finali però non sono significativamente maggiori (Tabella n°15).

Caso studio 1	469 ab/ha
Caso studio 2	581 ab/ha
Caso studio 3	568 ab/ha

Tabella n°15. Densità abitative territoriali dei tre casi studio analizzati.

La *densità abitativa* potenziale a Lorenteggio è già abbastanza alta per poter sostenere la nascita di servizi specializzati e di quartiere, così come un modello di mobilità sostenibile, possiamo considerare valori di densità territoriale ideale quelli compresi tra 400 e 500 ab/ha. La sfida per Lorenteggio è rendere questa densità realtà, creando mix sociale e funzionale, in modo da facilitare l'interazione umana all'interno del quartiere, creando un'area socialmente dinamica e attraente, elementi fondamentali per la sostenibilità dell'ambiente e che ora non esistono a Lorenteggio.

Un altro indicatore per cui è necessario identificare un valore di soglia legato al contesto è il *rapporto di copertura del suolo* (Categoria Morfologia), esso è una prametrizzazione dello stato di compattezza dell'edificato, si tende quindi a considerare che un valore percentuale molto basso indica un minore spreco di suolo (Meta Berghauser Pont, Per Haupt, 2010), allo stesso tempo però questo indicatore racchiude in sé l'informazione sulla quantità di superfici disperdenti presenti, ovvero a parità di volume, minore è la superficie coperta dall'edificio, maggiore saranno le pareti a contatto con l'aria, è dunque necessario stabilire dei valori di soglia che indichino un valore minimo ed un valore massimo entro cui si possono collocare i risultati (Baker & Steemers, 1992).

Per Lorenteggio si auspica un valore dell'indicatore compreso tra il 25% e il 30%, ovvero un risultato medio di rapporto di copertura del suolo, che garantisce il controllo

⁵ La densità territoriale tiene conto in questo caso del territorio urbanizzato, comprensivo di strade, servizi e i parchi urbani di piccolo taglio. Sono enclisi parchi di grande dimensione e il territorio agricolo.

⁶ CMLLPP n.425 del 20/01/1967

dello sviluppo in altezza degli edifici.

Un altro indicatore per cui è necessario dare un'indicazione di preferibilità legata al luogo di progettazione è l'indice di *altezza media degli edifici* (Categoria Morfologia) (Meta Berghauser Pont, Per Haupt, 2010); esso è un indicatore strettamente legato al contesto, misura l'impatto della morfologia analizzata sulle costruzioni circostanti, per poter dare un giudizio è quindi necessario conoscere, quindi calcolare, l'altezza media degli edifici circostanti. Per Lorenteggio si è considerato una porzione di territorio compresa in un quadrato, di lato 1500 m, e si è calcolata l'altezza media degli edifici ivi compresi (11,15 m). Si assume quindi come valore preferibile di altezza media degli edifici dell'area analizzata quello che si avvicina maggiormente a questo risultato.

Per poter valutare gli indicatori di *accessibilità solare* (Categoria Comfort Urbano) (Morello, 2010) è necessario considerare alcuni fattori imprescindibili: infatti non è possibile fornire una valutazione assoluta, valida per ogni luogo ma è necessario considerare come variabile fondamentale: i dati climatici dell'area che stiamo analizzando.

Se attuassimo il sistema valutativo in zone dalle basse o dalle alte latitudini, determinare le condizioni migliori per raggiungere il comfort urbano sarebbe un'operazione logica: ad esempio in un'area del clima secco o arido favoriremmo il raggiungimento del comfort estivo, mentre in aree dal clima boreale favoriremmo il raggiungimento del comfort durante il periodo invernale.

È difficile riuscire a raggiungere il massimo comfort durante tutto l'anno attuando solo alcune strategie, dettate dalla morfologia urbana: un oggetto tridimensionale si comporta in modo coerente nello spazio, esso produce una quantità d'ombra che varia in modo proporzionale alla sua forma sia in estate che in inverno, è quindi necessario privilegiare un risultato in base al luogo dove si colloca il progetto.

A Milano ci troviamo in una situazione intermedia, in una zona dal clima temperato caldo privo di stagione secca; per questo siamo costretti a considerare l'impossibilità di rispondere in modo adeguato alle esigenze di entrambe le stagioni e ad effettuare una scelta di preferibilità tra le due possibilità, prevedendo poi di intervenire con strategie alternative per migliorare la soluzione considerata secondaria (Rogora, 2003).

In questo caso consideriamo l'esigenza di sfruttare gli apporti energetici dovuti alla radiazione solare durante l'inverno, quindi un valore più alto possibile di *fattore di vista del cielo* (Morello, 2010) la presenza di minore ombra sugli spazi aperti. Durante il periodo estivo invece si prevede la possibilità di assicurare il comfort mediante un'elevata quantità di *aree verdi a terra* (Morello, 2010), che assicurino una buona evapotraspirazione, e mediante la possibilità di assicurare l'ombreggiamento aumentando la presenza di alberature a foglia caduca. Mediante un'attenta disposizione delle essenze è possibile anche favorire il passaggio delle correnti d'aria estive e ostruire il passaggio delle correnti fredde invernali.

4.3.2. Risultati

Dopo aver assunto queste premesse e aver calcolato tutti gli indicatori per ciascun caso studio si passa all'elaborazione di una matrice di valutazione (allegato 4).

La valutazione mediante la somma pesata delle alternative, realizzata considerando tutte le diverse categorie e i diversi indicatori con peso uguale, indica che il *caso studio 1* è l'alternativa che generalmente domina sulle altre: inoltre le categorie contribuiscono per ciascun caso studio in modo differente nella composizione del risultato.

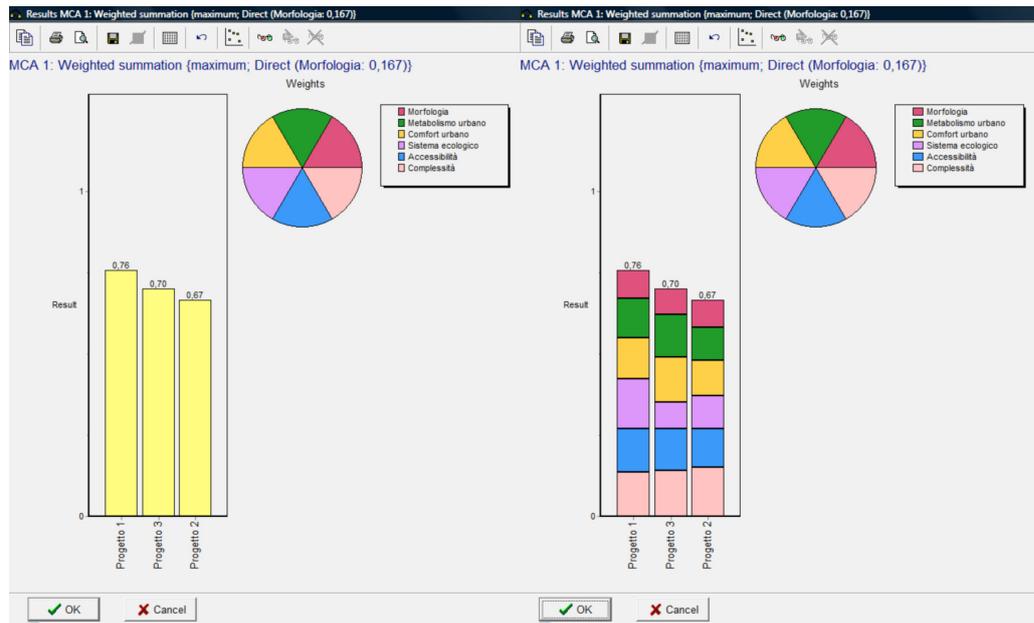


Figura n°06. Ordine di preferibilità dei progetti, mediante somma pesata delle categorie di indicatori, assegnando peso uguale a ciascuna di esse ed esplicitando il contributo di ciascuna categoria per ogni caso studio (elaborato con il programma Definite).

Se analizziamo invece le categorie separatamente scopriamo che gli altri due casi studio non sono totalmente dominati dal *caso studio 1*, esso infatti pecca rispetto a qualche categoria, dove le prestazioni del *caso studio 2* o del *caso studio 3* sono migliori.

Ad esempio per quanto riguarda le categorie del *Metabolismo Urbano* e del *Comfort Urbano* il *caso studio 3* domina le altre alternative, mentre per quanto riguarda la categoria *Complessità* le prestazioni del *caso studio 2* sono migliori. Questi risultati parziali ci aiutano ad “imparare” ovvero ci aiutano a capire quali sono i criteri su cui l’*alternativa 1* può migliorare e anche ad individuare i motivi per cui alcune alternative dominano determinate categorie.

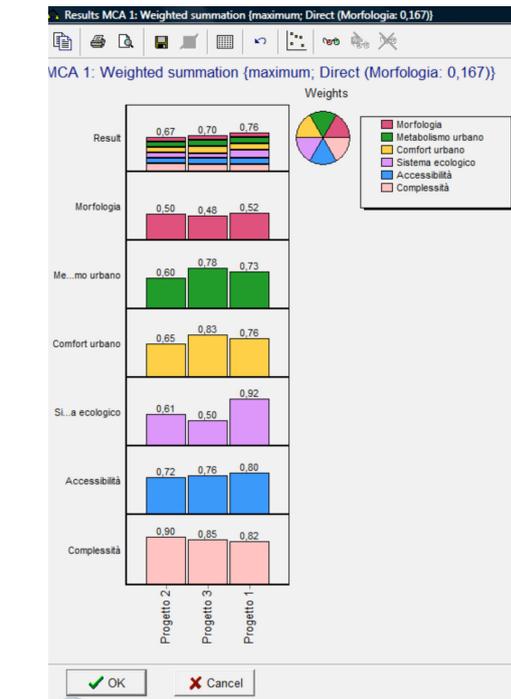


Figura n°07. Ordine di preferibilità dei progetti in base ai risultati suddivisi per categoria, mediante somma pesata delle categorie, assegnando peso uguale a ciascuna di esse (Elaborati con il programma Definite).

Se, successivamente, procediamo all'analisi di sensitività, assegnando di volta in volta un peso maggiore (50%) ad una diversa categoria, si nota come il *caso studio 1* domini in tutti i casi, anche se per alcuni (sistema ecologico) in modo più significativo e per altri meno.

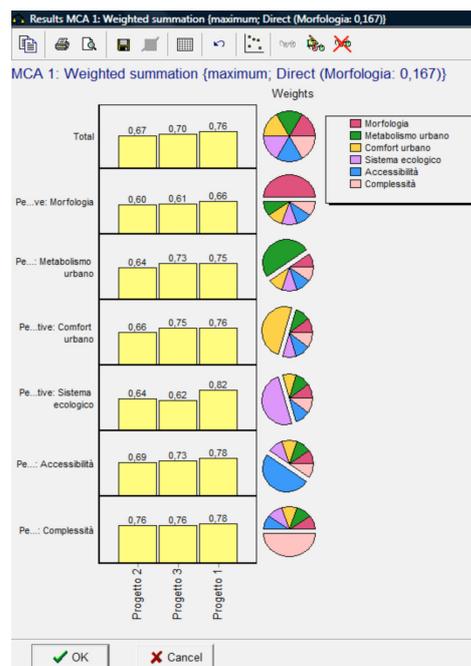


Figura n°08. Analisi di sensitività (elaborata con il programma Definite).

4 | Caso studio

In questo caso, la dominanza del *caso studio 1* suggerisce un'unica soluzione nella esplorazione dello spazio dell'azione: tale esplorazione prevede che le modifiche progettuali interessino esclusivamente la soluzione del *caso 1* e siano orientate al miglioramento di quelle prestazioni che rendono questa soluzione non totalmente dominante.

L'alternativa può essere ristrutturata con riferimento a quelle caratteristiche dello spazio decisionale (quei criteri) rispetto ai quali risulta localmente dominata dalle altre alternative disponibili (Concilio, 1999) (Figura n°09).

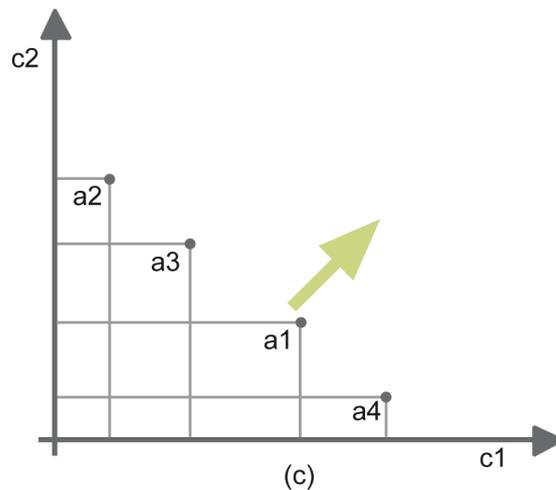


Figura n°09. Ricerca dello spazio dell'alternativa

Assumendo questa proposta multi-dimensionale di valori essenziali, possiamo identificare i valori rilevanti e i risultati connessi, all'interno di una prospettiva integrata, permettendo così la creazione di una nuova alternativa, misurando gli eventuali impatti ed effetti della proposta che ne derivano.

L'analisi dei risultati, realizzata considerando ciascuna categoria indipendentemente dalle altre (Figura n°06), aiuta a dedurre alcuni suggerimenti per identificare le linee guida per la riformulazione progettuale dell'alternativa identificata.

4.3.3. Linee guida

Dalla lettura dei risultati si deduce che le categorie rispetto alle quali è necessario intervenire con un miglioramento dell'alternativa per realizzare una nuova proposta di progetto sono tre: il *Metabolismo Urbano*, il *Comfort Urbano* e la *Complessità*. Le prime due categorie sono dominate in modo evidente dal *caso studio 3*, mentre la terza è dominata dal *caso studio 2*, ma i valori di riferimento in questo caso sono simili tra loro.

Metabolismo Urbano

			Caso studio 1	Caso studio 2	Caso studio 3
	Indicatori metabolismo urbano	u.d.m			
2.1	Percentuale di conservazione dell'esistente	%	59,05	0	59,49
2.2	Metodo Lt				
	Rapporto superficie involucro/volume	m ² /m ³	0,40	0,39	0,32
	Superfici verticali orientate a sud	%	0,11	0,13	0,12
	Superfici verticali orientate da sud/est a sud/ovest	%	0,27	0,33	0,29
	Rapporto zone passive/zone non passive	-	0,97	0,99	0,91

Tabella n°16. Risultati della Categoria Metabolismo Urbano.

Per quanto riguarda la categoria del *Metabolismo Urbano* analizzando i risultati nella specificità di ciascun indicatore (Tabella n°16) possiamo dedurre i caratteri progettuali che rendono *l'alternativa progettuale 3* dominante in questo caso: infatti il *progetto 3* conserva una percentuale più alta di edilizia esistente, quasi il 60% rispetto al 50% del *caso studio 1*. *L'alternativa 2* parte totalmente svantaggiata rispetto alle altre su questo aspetto, infatti non conserva alcuna parte di edilizia esistente. Si considera però che questo indice riassume un'informazione fondamentale per valutare il metabolismo energetico di un progetto, i processi di demolizione e ricostruzione sono spesso molto dispendiosi sia in termini di energia che in termini economici, è quindi molto importante valutare la possibilità di conservazione almeno di parte del patrimonio edilizio esistente.

Il *caso studio 2* presenta una maggiore quantità di *superfici verticali esposte a sud e da sud/est a sud/ovest* (Baker & Steemers, 2000), garantendo maggiori apporti di energia passiva attraverso l'involucro, riducendo anche in quantità maggiore le zone non-passive.

Questi ultimi tre valori in realtà non differiscono in modo significativo per i tre progetti, i risultati sono simili, inoltre il risultato negativo per il caso studio 1 è dettato dalla presenza del teatro, che necessita di un volume dalle caratteristiche particolari, in cui l'accesso solare e gli apporti solari passivi sono e devono essere limitati.

Per quanto riguarda invece il *rapporto superficie involucro/volume* (Baker & Steemers, 2000) il progetto che risponde meglio, minimizzando le dispersioni mediante l'involucro, è il *caso studio 3*, che garantisce uno sviluppo limitato delle superfici dell'involucro rispetto al volume costruito, si prospetta quindi una diminuzione delle superfici disperdenti.

Categoria Metabolismo urbano		
	Riflessione/argomentazione	Incipit modifica progettuale
Edilizia esistente conservata:	Domina il <i>progetto 3</i> : 1. Progetto 3= 60% edilizia conservata; 2. Progetto 1= 50% edilizia conservata; 3. Progetto 2= 0% edilizia conservata.	Aumentare la percentuale di conservazione dell'edilizia esistente.
Rapporto Superficie involucro/ Volume	Il progetto che risponde meglio alle aspettative è il <i>caso studio 3</i> .	Diminuire la quantità di superfici dipendenti.
Superfici verticali esposte a sud e da sud/est a sud/ovest	L' <i>alternativa 2</i> domina	Aumento delle superfici esposte a sud chiudendo i fronti verso il parco delle corti a sud dell'area di analisi e aprendo i lati esposti ad est e ad ovest
Rapporto zone passive/non passive	I risultati dei tre progetti non differiscono in modo significativo. Il risultato negativo del <i>caso studio 1</i> è dovuto alla presenza del teatro.	-

Tabella n°17. Riflessioni e modifiche progettuali, Categoria Metabolismo Urbano.

Si deduce quindi che il modo per muovere l'*alternativa 1* nella direzione di un miglioramento potrebbe essere quello di aumentare la percentuale di conservazione degli edifici esistenti; parimenti migliorativo risulta inoltre un aumento delle superfici esposte a sud; per realizzare questo obiettivo fondamentale si potrebbe intervenire sul *caso studio 1* chiudendo i fronti verso il parco delle corti a sud dell'area di analisi e aprendo i lati esposti ad est e ad ovest (Tabella n°17).

Comfort Urbano

			Caso studio 1	Caso studio 2	Caso studio 3
Indicatori comfort urbano		u.d.m			
3.1	Fattore di vista del cielo	-			
	valore medio intera area		0,80	0,81	0,83
	spazi aperti		0,80	0,80	0,81
	coperture		0,82	0,85	0,90
	valore medio area analisi ristretta				
	spazi aperti dell'area di analisi ristretta		0,66	0,57	0,62
	coperture dell'area di analisi ristretta		0,81	0,80	0,71
3.2	Aree verdi a terra	%	37,44	27,58	31,68
Accessibilità solare					
3.3	% di ombra ora generata mediamente sugli spazi aperti	%			
	21/06/11		12,71	22,89	25,29
	21/12/11		21,64	33,77	44,45
3.4	% spazi aperti permanentemente in ombra	%			
	21/06/11		1,37	3,06	0,39
	21/12/11		44,82	61,14	34,18

Tabella n°18. Risultati della Categoria Comfort Urbano.

Il *caso studio 3* domina le altre due alternative anche per quanto riguarda la categoria del *Comfort Urbano*. Analizzando i risultati dei diversi indicatori (Tabella n°18), si nota come i valori del *fattore di vista del cielo* (Morello, 2010) siano maggiori per il *caso studio 3*, i risultati si relazionano direttamente alla geometria urbana: si possono ricondurre al fatto che le corti interne degli edifici e gli spazi aperti sono maggiormente aperti e ariosi, le corti non sono tutte chiuse come per il *caso studio 1*, dunque la porzione aperta alla visibilità del cielo è maggiore, anche rispetto al *caso studio 2* dove gli edifici molto alti impediscono la totale visibilità della volta celeste.

Per quanto riguarda la quantità di *aree verdi a terra* il progetto che risponde in modo più efficace alle esigenze è il *caso studio 1*, garantendo la possibilità di influenzare il fenomeno dell'isola di calore urbana mediante l'evapo-traspirazione, grazie all'utilizzo di materiali naturali. Infatti da un lato il *caso studio 2*, pur ponendosi l'obiettivo di creare un cuore verde al centro del quartiere, non riserva attorno uno spazio significativo alle aree verdi a terra nelle aree circostanti, che appaiono frammentate. Dall'altro il *caso studio 3*, che prevede la realizzazione di due ampie aree verdi ben connesse, un parco al centro e l'altro a sud del quartiere, non raggiunge gli ottimi risultati del *caso studio 1*. Se ne deduce che la soluzione migliore sia quella di riservare un'unica grande area verde all'interno del quartiere, ma allo stesso tempo di progettare in modo adeguato le aree verdi interne alle corti, in modo che non risultino troppo disconnesse come nel *caso studio 2*.

Il *caso studio 3* domina anche quasi tutti gli indicatori di *accessibilità solare*, favorendo infatti l'accessibilità solare invernale esso è il progetto che restituisce i migliori risultati, restituisce le prestazioni migliori anche per quanto riguarda l'esigenza di sfruttare gli apporti energetici dovuti alla radiazione solare, la disposizione degli edifici e la morfologia urbana determinano la creazione di minori metri quadrati d'ombra sugli spazi aperti durante i mesi invernali.

I risultati ci indicano quindi la direzione da seguire nella progettazione per migliorare i risultati: possiamo immaginare di assimilare la morfologia dell'alternativa di partenza, il *caso studio 1* (Tabella n°19): una possibile modalità di intervento potrebbe essere quella di abbassare i fronti a sud del quartiere, lungo via Giambellino, e i fronti a nord, lungo via Lorenteggio; è inoltre possibile aprire leggermente le corti presenti nell'area a sud del quartiere, aumentando allo stesso tempo l'accessibilità all'area.

Categoria Comfort urbano		
	Riflessione/argomentazione	Incipit modifica progettuale
Fattore di vista del cielo	Domina il <i>caso studio 1</i> .	-
Aree verdi a terra	Domina il <i>caso studio 1</i> .	-
Accessibilità solare	Il <i>caso studio 3</i> domina: favorisce l'accessibilità solare, grazie alla morfologia urbana progettata.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Abbassare i fronti a sud del quartiere, lungo via Giambellino, e i fronti a nord, lungo via Lorenteggio. 2. Aprire leggermente le corti presenti nell'area a sud del quartiere, aumentando allo stesso tempo l'accessibilità all'area.

Tabella n°19. Riflessioni e modifiche progettuali, Categoria Comfort Urbano.

Complessità

			Caso studio 1	Caso studio 2	Caso studio 3
Indicatori complessità	u.d.m				
6.1	Diversità delle tipologie edilizie	-	0,27	0,29	0,37
6.2	Dotazione di servizi per il quartiere	%	83,44	77	68,77
6.3	Diversità delle funzioni	-	0,27	0,37	0,27

Tabella n°20. Risultati della Categoria Complessità.

La categoria della *Complessità* è dominata dal *caso studio 2*, i risultati ottenuti sono molto simili tra loro (Tabella n°20), non c'è un evidente distacco come per le categorie elencate in precedenza, il risultato restituisce comunque alcuni suggerimenti utili per migliorare l'*alternativa 1*. Il motivo per cui i risultati sono così vicini tra loro è che gli indicatori di complessità urbana non restituiscono un risultato omogeneo, infatti ciascun indice promuove un progetto differente. Il *caso studio 3* è il progetto con una diversità di tipologie edilizie maggiore al suo interno, il *caso studio 1* ha una maggiore dotazione di servizi all'interno del quartiere, mentre il *caso studio 2* ha una diversità di funzioni maggiore. Quest'ultimo domina sulle altre alternative perché eccelle in un indice, la *diversità di tipologie edilizie* (LEED, 2009), e si mantiene nella media per gli altri due indicatori.

Per migliorare il *caso studio 1* in questi aspetti è necessario aumentare il mix tipologico all'interno della nuova proposta di progetto, ad esempio diminuendo la quantità di edifici a corte e inserendo la presenza di alcuni edifici in linea o di funzione speciale (Tabella n°21).

Categoria Complessità		
	Riflessione/argomentazione	Incipit modifica progettuale
Diversità delle tipologie edilizie	Domina il <i>progetto 3</i> .	Aumentare il mix tipologico, inserendo la presenza di alcuni edifici in linea o di funzione speciale.
Dotazione di servizi per il quartiere	Domina il <i>progetto 1</i> .	-
Diversità delle funzioni	Domina il <i>progetto 2</i> .	Aumentare la quantità di m2 dedicate ai servizi o a funzioni speciali, inserendo edifici di questo tipo.

Tabella n°21. Riflessioni e modifiche progettuali, Categoria Comfort Urbano.

All'interno delle altre categorie, dominate dal *caso studio 1*, ci sono alcuni parametri che possono essere migliorati per raggiungere prestazioni ancora migliori.

Morfologia Urbana

			Caso studio 1	Caso studio 2	Caso studio 3
Indicatori morfologia			u.d.m		
1.1	Densità edilizia	m ² /m ²	1,32	1,34	1,52
1.2	Densità abitativa	ab/ha	469	581	568
1.3	Densità stradale sull'unità di superficie	m/m ²	0,05	0,05	0,04
1.4	Rapporto di copertura del suolo	%	29,25	22,05	34,22
1.5	Altezza media edifici	m	18,61	32,71	16,9
1.6	Compattezza corretta	m ³ /m ²	3,1	8,19	4,39
1.7	Fronti con affacci su strada	%	86,5	80,89	91,85
1.8	Fronti continui lungo la strada	%	62,14	43,86	64,8

Tabella n°22. Risultati della Categoria Morfologia.

All'interno della categoria *Morfologia Urbana* il *progetto 1* non eccelle per due aspetti *l'altezza media degli edifici* e i *fronti con affacci su strada* (Porta & Renne, 2005), risultato dovuto al fatto che il *caso studio 3* propone la presenza di una maggior quantità di edifici in linea che si affacciano lungo le strade, si prevede quindi di abbassare l'altezza delle corti lungo via Giambellino e via Lorenteggio, così come l'altezza delle torri, e di aumentare i fronti continui lungo la strada (Tabella n°22).

Un altro aspetto fondamentale appartenente alla *Morfologia* è la densità abitativa: come detto in precedenza, la densità abitativa territoriale a Lorenteggio dovrebbe essere compresa tra i 400 e i 500 ab/ha, il *caso studio 1* rispetta questo limite, ma per la realizzazione di una nuova proposta progettuale è utile l'analisi della densità abitativa fondiaria, analizzata cioè isolato per isolato, cercando di rispettare i valori di soglia utili per l'area di analisi.

Per riuscire a dedurre quali potessero essere dei valori di accettabilità adatti al quartiere Lorenteggio si è proceduto all'analisi di tre tessuti urbani differenti della città consolidata, ovvero Montenapoleone, Ticinese, Dateo (allegato 5), la densità abitativa fondiaria⁷ media delle tre aree è molto alta⁸ (Tabella n°23). Il risultato è dovuto a questo valore è dettato dal fatto che il tessuto urbano in questa zona è molto denso, privo di ampi spazi verdi o aperti, le volumetrie sono molto consistenti rispetto alle superfici fondiarie.

Montenapoleone	3237 ab/ha
Porta Ticinese	1821 ab/ha
Dateo	1629 ab/ha

Tabella n°23. Densità fondiaria media di tre tessuti urbani a confronto.

Si nota anche per la densità abitativa fondiaria una tendenza a diminuire man mano che ci si allontana dal centro, come per la densità abitativa territoriale. Per questo motivo per il quartiere di Lorenteggio si dovrà considerare una densità fondiaria molto

⁷ La superficie fondiaria corrisponde alla densità territoriale privata di strade, servizi e parchi urbani.

⁸ Per calcolare la densità abitativa fondiaria si considera che ogni persona occupi 100 mc, si divide quindi il volume presente su ciascun isolato per questo valore e si ottiene il numero di abitanti, successivamente si considera quindi quanti abitanti sono presenti sulla superficie fondiaria.

più bassa rispetto a quelle delle zone considerate. Si prevede una quantità di spazi aperti e di aree verdi molto superiore rispetto a quello dei tessuti urbani analizzati, non si potrà quindi raggiungere una densità così alta, se si vogliono rispettare i limiti posti dagli altri indicatori (vedi: *altezza media edifici*).

Il quartiere Lorenteggio oggi, presentando grandi isolati, impenetrabili, su cui sono costruiti edifici in linea di 4-5 piani, è caratterizzato da valori di densità fondiaria non molto elevati (valore medio 513 ab/ha), sebbene si tratti dei valori più alti rispetto al contesto (valore medio ca.192 ab/ha) dove il tessuto urbano si frammenta, lasciando spazio a villette uni o bi-famigliari e a grandi isolati caratterizzati da spazi verdi di risulta.

I tre progetti analizzati aumentano molto la densità fondiaria rispetto allo stato di fatto: infatti in tutti e tre i casi i grandi isolati si aprono, diventando maggiormente accessibili e allo stesso tempo aumenta la volumetria costruita; in ogni caso i nuovi valori non raggiungono quelli dei tessuti urbani appartenenti alla città consolidata.

Analizzando i tre casi studio proposti (allegato 5), notiamo come le densità fondiarie proposte dal *caso studio 2* e dal *caso studio 3* siano generalmente troppo alte. Questi risultati sono riconducibili, nel primo caso, alla volontà di liberare un grande spazio verde nel cuore del quartiere e alla frammentazione forse eccessiva degli isolati; nel secondo caso all'aumento della densità territoriale rispetto allo stato di fatto unito alla previsione di piccoli isolati.

Si considera quindi che non si debba raggiungere la densità abitativa fondiaria del centro città, ma che, anzi, per garantire un'adeguata quantità di spazi verdi ed un'altezza media degli edifici simile al contesto, si possano ritenere accettabili i risultati compresi tra 600 e 700 ab/ha (Tabella n°25).

Caso studio 1	636 ab/ha
Caso studio 2	1532 ab/ha
Caso studio 3	788 ab/ha

Tabella n°24. Densità fondiaria media dei tre casi studio.

Categoria Morfologia		
	Riflessione/argomentazione	Incipit modifica progettuale
Altezza media edifici	Domina il <i>progetto 3</i> .	Diminuire l'altezza degli edifici lungo via Lorenteggio e via Giambellino e delle torri presenti all'interno del quartiere.
Fronti con affacci su strada	Domina il <i>progetto 3</i> .	Aumentare i fronti contigui al parco delle corti a sud del quartiere.
Densità abitativa	Domina il <i>progetto 1</i> .	-

Tabella n°25. Riflessioni e modifiche progettuali, Categoria Morfologia.

Sistema Ecologico

			Caso studio 1	Caso studio 2	Caso studio 3
Indicatori sistema ecologico			u.d.m		
4.1	Permeabilità del suolo	%	45,06	33,19	38,13
4.2	Dotazione di spazio verde pubblico per persona	m ² /pers.	9,62	5,72	6,71
4.3	Dotazione di alberi nello spazio pubblico per superficie costruita	alberi/m ²	0,01	0,02	0,00
4.4	Viali alberati	%	32,94	11,89	28,75
4.5	Metabolismo energetico dei sistemi vegetali	-	3,15	1,25	0,76
4.6	Biodiversità	-	12,65	7,32	4,2

Tabella n°26. Risultati della Categoria Sistema ecologico.

Il *caso studio 1* domina nettamente le altre alternative per quanto riguarda gli indicatori del *Sistema Ecologico*, che ci offrono un'analisi quantitativa della qualità del verde. Se si analizzano i risultati specifici dei diversi indicatori si nota come l'alternativa 1 non domini le altre rispetto all'indicatore *dotazione di alberi nello spazio pubblico per superficie costruita*, si auspica quindi un miglioramento di questo valore, aumentando le superfici arboree. Inoltre vediamo come la *dotazione di spazio verde pubblico per persona* (Legge 6 agosto 1967, n. 765; The Urban China Initiative, 2010) sia maggiore rispetto alle altre alternative, ma il valore assoluto non sia particolarmente alto rispetto agli standard previsti per legge⁹ (9 m²/pers.), per questo motivo si propone un ulteriore aumento delle superfici verdi a terra. Per raggiungere questo obiettivo è possibile aumentare gli spazi verdi all'interno delle corti che nel *progetto 1* appaiono leggermente frammentati; grazie a queste due modifiche anche gli altri indicatori del sistema ecologico raggiungono un miglioramento (Tabella n°27).

Categoria Sistema Ecologico		
	Riflessione/ argomentazione	Incipit modifica progettuale
Dotazione di spazio verde pubblico per persona	Domina il <i>progetto 1</i> .	Aumentare gli spazi verdi all'interno delle corti che nel <i>progetto 1</i> appaiono leggermente frammentati.
Dotazione di alberi nello spazio pubblico per superficie costruita	Domina il <i>progetto 2</i> .	Aumentare la quantità di essenze arboree.

Tabella n°27. Riflessioni e modifiche progettuali, Categoria Sistema Ecologico.

⁹ Legge 6 agosto 1967, n. 765.

Accessibilità

			Caso studio 1	Caso studio 2	Caso studio 3
Indicatori accessibilità		u.d.m			
5.1	Aree di transizione pubblico-privato	%	85,71	57,58	67,65
5.2	Accessibilità delle fermate del trasporto pubblico di superficie	%			
	Accessibilità delle fermate di bus		92,85	92,85	92,85
	Accessibilità delle fermate metro		100	100	100
	Accessibilità delle fermate tram		100	100	100
5.3	Accessibilità alla rete di piste ciclabili	%	100	100	100
5.4	Parcheggi situati a bordo strada	n°	137	0	220
5.5	Accessibilità dei cittadini agli spazi verdi	%	100	100	100
Indicatori di connettività					
5.6	Indice di connessione	-	0,66	0,57	0,58
5.7	Indice di circuitazione	-	0,48	0,34	0,37
5.8	Densità di intersezioni	nodi/ha	0,89	0,8	0,58
5.9	Connettività interna	-	0,98	0,97	0,93
5.10	Rapporto connessioni/nodi	archi/nodi	1,88	1,62	1,72
5.11	Estensione media degli isolati	m ²	5515,13	2739,96	4773,71
5.12	Numero isolati per unità di superficie	isolati/ha	1,24	2,09	1,62

Tabella n°28. Risultati della Categoria Accessibilità

Il *caso studio 1* domina anche la categoria accessibilità, se analizziamo i risultati dei diversi indicatori, notiamo come esso non dia risultati eccellenti su tre aspetti, ovvero la quantità di *parcheggi situati a bordo strada* (Agenzia di ecologia urbana di Barcellona, 2007), *l'estensione media degli isolati* e *il numero di isolati per unità di superficie* (Porta & Renne, 2005) (Tabella n°28).

Per quanto riguarda i parcheggi a bordo strada tutte e tre le alternative non soddisfano la domanda necessaria, ma quello che più si avvicina alla richiesta è il *caso studio 3*, per migliorare l'alternativa dominante è quindi necessario almeno un aumento dei posti auto presenti, si prevede la riduzione ad una corsia a senso unico della strada di accesso alle scuole (nord/ovest del quartiere) e l'inserimento di un maggiore numero di parcheggi (Tabella n°29).

			Caso studio 1	Caso studio 2	Caso studio 3
Indicatori accessibilità		unit			
n° abitanti		4412	6065	7514	7357
n° famiglie	n°	2242	3082	3818	3739
		1,98			
Parcheggi necessari	n°		770	954	934

Tabella n°29. Numero di posti auto necessari.

I risultati dati dagli indicatori *estensione media degli isolati e numero di isolati per unità di superficie* sono dovuti alla presenza di un'alto numero di isolati di piccola estensione del *caso studio 2*, che però non determinano un aumento di connettività, ma una dispersione delle connessioni, i percorsi non sono determinati dalla morfologia urbana e la granulometria del tessuto urbano risulta essere troppo frammentata. Il *caso studio 1* risulta però essere dominato anche dal *caso studio 3*, per questo motivo è necessario aumentare il numero di isolati e diminuirne le dimensioni; per raggiungere questo risultato si può prevedere un'apertura delle corti a sud, aprendo una nuova strada alberata e aumentando il numero degli isolati, diminuendo l'estensione degli isolati (Tabella n°30).

Categoria Accessibilità		
	Riflessione/ argomentazione	Incipit modifica progettuale
Parcheggi situati a bordo strada	Domina il <i>progetto 3</i> .	Aumento dei posti auto presenti, mediante la riduzione ad una corsia a senso unico della strada di accesso alle scuole (nord/ovest del quartiere) e l'inserimento di un maggiore numero di parcheggi.
Estensione media degli isolati e il numero di isolati per unità di superficie	Domina il <i>progetto 2</i> .	Aumentare il numero di isolati e diminuirne le dimensioni, mediante l'apertura delle corti a sud, aprendo una nuova strada alberata e aumentando il numero degli isolati, diminuendone l'estensione.

Tabella n°30. Riflessioni e modifiche progettuali, Categoria Accessibilità.

4.4 Nuovo progetto migliorativo

Il progetto migliorativo proposto, derivato dalle linee guida dedotte dall'analisi multicriterio, non stravolge la proposta del *caso studio 1*, ma mantiene i caratteri morfologici che lo caratterizzano, dato che dai risultati ottenuti si deduce che esso domina quasi totalmente le altre due alternative analizzate.

Si è scelto dunque di mantenere l'assetto caratterizzato dalla prevalenza della tipologia della corte, come per il *caso studio 1* si prevede la realizzazione di un grande parco centrale all'interno del quartiere, che amplia quello già esistente di via Odazio, e di due viali alberati che segnano le vie di accesso al parco, mediante due coppie di torri. Si mantiene il posizionamento del teatro auditorium, che continua a rappresentare una quinta di sfondo alla piazza pedonale che interrompe via Segneri, boulevard pedonale. L'assetto del quartiere rimane principalmente pedonale e mantiene la proposta della realizzazione di piste ciclabili in sede protetta, che colleghino il quartiere alla rete ciclabile presente lungo il Naviglio Grande, così come quella della costruzione di un attraversamento sopraelevato di piazza Tirana. Inoltre si mantiene il posizionamento al di sotto della piazza pedonale della stazione della metropolitana prevista dal progetto della linea 4, importante nodi d'interscambio.

Seguendo le indicazioni delle linee guida per quanto riguarda la categoria della *Morfologia Urbana*, si abbassano i fronti delle corti lungo via Giambellino (da 28 m a 20 m) e lungo via Lorenteggio (da 28 m a 25 m), così come si diminuisce l'altezza delle

torri (da 43,5 m a 35 m). Inoltre si aumenta la quantità di fronti con affacci lungo le strade, chiudendo i fronti delle corti contigue al parco, su cui per il *caso studio 1* si aprivano gli accessi delle corti.

Come descritto dalle linee guida, per realizzare un progetto adeguato è necessario considerare anche la *densità abitativa fondiaria* del contesto, oltre che di quella territoriale; dato che i valori considerati adeguati per Lorenteggio sono compresi tra 600 e 700 ab/ha, il progetto prevede un generale mantenimento del valore medio di densità abitativa; esso aumenta leggermente (da 636 ab/ha a 656 ab/ha) dato che l'estensione degli isolati, quindi la superficie fondiaria, è leggermente diminuita (Tabella n°31).

Morfologia Urbana				
Categoria	u.d.m	Caso Studio 1	Progetto	Risultato
Densità edilizia	m ² /m ²	1,32	1,29	☹️
Densità abitativa territoriale	ab/ha	469	430	😊
Densità abitativa fondiaria	ab/ha	636	656	😊
Densità stradale sull'unità di superficie	m/ m ²	0,05	0,06	☹️
Rapporto di copertura del suolo	%	29,25	26,24	😊
Altezza media edifici	m	18,61	18,26	☹️
Compattezza corretta	m ³ /m ²	3,1	3,13	☹️
Fronti con affacci su strada	%	86,5	86,8	☹️
Fronti continui lungo la strada	%	62,14	66,1	☹️

Tabella n°31. Analisi dei risultati riguardanti la Morfologia Urbana dati dal *progetto proposto* in relazione al *caso studio 1*.

Seguendo i suggerimenti rintracciabili dai risultati nella categoria *Metabolismo Urbano* si prevede di conservare la maggior quantità possibile di superficie costruita esistente, cercando di non demolire edifici esistenti nel caso della realizzazione di nuove strade, mantenendo quindi quasi costante la percentuale di conservazione prevista dal *caso studio 1* grazie al mantenimento della struttura di un edificio residenziale al centro del quartiere per la realizzazione del teatro. Si è scelto di mantenere costante il *rapporto superficie involucro/volume*, di poco superiore rispetto a quello del *caso studio 3* a fronte di un netto miglioramento rispetto ad altri indicatori; anche la scelta di mantenere tale l'edificio speciale del teatro mantiene costanti le *superfici esposte a sud* e il *rapporto tra superfici passive/non passive*, mentre si nota un lieve miglioramento della quantità di *superfici esposte a da sud/est a sud/ovest*, dovuto alla trasformazione di un edificio residenziale in linea, situato nella zona nord/est del quartiere, in un edificio speciale, che, essendo più profondo, espone una maggiore quantità di superficie dell'involucro ai raggi solari (Tabella n°32).

Metabolismo Urbano				
Categoria	u.d.m	Caso Studio 1	Progetto	Risultato
Percentuale conservazione esistente	%	59,05	59,78	😊
Rapporto superficie involucro/ volume	m ² /m ³	0,4	0,4	😐
Superfici verticali orientate a sud	%	0,11	0,11	😐
Superfici orientate da sud/est a sud/ ovest	%	0,27	0,28	😊
Rapporto zone passive/zone non passive	-	0,97	0,97	😐

Tabella n°32. Analisi dei risultati riguardanti il Metabolismo Urbano dati dal *progetto proposto* in relazione al *caso studio 1*.

Il *caso studio 3* domina totalmente gli indicatori di *accessibilità solare*, per questo motivo è necessario prospettare alcune modifiche alla morfologia, prendendo esempio da questo progetto. Si prevede un abbassamento dei fronti sud, rivolti su via Giambellino ed un'apertura delle stesse corti, mediante la realizzazione di una nuova strada, che non raggiunge le dimensioni del corridoio verde previsto dall'*alternativa 3*, ma permette un miglioramento delle condizioni di ombreggiamento rispetto al *caso studio 1*. Queste modifiche non influiscono in modo significativo sul *fattore di vista del cielo*, che rimane pressochè costante (Tabella n°33).

Comfort Urbano				
Categoria	u.d.m	Caso Studio 1	Progetto	Risultato
Fattore di vista del cielo				
Valore medio intera area	-	0,86	0,87	☹️
Valore medio spazi aperti intera area	-	0,84	0,85	☹️
Valore medio coperture intera area	-	0,95	0,94	☹️
Valore medio area analisi ristretta	-	0,79	0,75	☹️
Valore medio spazi aperti area analisi ristretta	-	0,75	0,77	☹️
Valore medio coperture area analisi ristretta	-	0,94	0,94	☹️
Aree verdi a terra	%	37,44	58,55	😊
Accessibilità solare				
% ombra generata mediamente sugli spazi aperti 21/06	%	12,71	12,75	☹️
% ombra generata mediamente sugli spazi aperti 21/12	%	21,64	26,57	😊
% spazi aperti permanentemente in ombra 21/06	%	1,37	0,77	☹️
% spazi aperti permanentemente in ombra 21/12	%	44,82	38,1	😊

Tabella n°33. Analisi dei risultati riguardanti il Comfort Urbano dati dal *progetto proposto* in relazione al *caso studio 1*.

Per quanto riguarda il *sistema ecologico*, su cui l'*alternativa 1* domina, si prevede, come prescritto dalle linee guida, un aumento delle essenze arboree e delle superfici verdi a terra, per migliorare la non eccellente dotazione di *spazio verde pubblico per persona*. Il progetto di partenza presenta già una grande superficie verde ed alberata nel cuore del quartiere, è quindi necessario intervenire negli spazi all'interno delle corti, dove il verde appare frammentato. Questi interventi determinano un generale miglioramento anche degli altri criteri di valutazione appartenenti a questa categoria (Tabella n°34).

Sistema ecologico				
Categoria	u.d.m	Caso Studio 1	Progetto	Risultato
Permeabilità del suolo	%	45,06	65,15	😊
Dotazione di spazio verde pubblico per persona	m ² /pers.	9,62	11,05	😊
Dotazione di alberi nello spazio pubblico per superficie costruita	alberi/m ²	0,01	0,02	😐
Viali alberati	%	32,94	35,4	😊
Metabolismo energetico dei sistemi vegetali	-	3,15	3,89	😐
Biodiversità	-	12,65	15,74	😊

Tabella n°34. Analisi dei risultati riguardanti il Sistema Ecologico dati dal *progetto proposto* in relazione al *caso studio 1*.

Il nuovo progetto prevede l'aumento dei *posti auto a bordo strada* rispetto al *caso studio 1*, mediante la riduzione ad una corsia a senso unico della strada di accesso alle scuole (nord/ovest del quartiere) e l'inserimento di un maggiore numero di parcheggi. Allo stesso tempo aprendo una nuova strada, che taglia in due le corti nella zona a sud del quartiere, diminuisce l'estensione media degli isolati e ne aumenta la quantità per unità di superficie (Tabella n°35).

Accessibilità				
Categoria	u.d.m	Caso Studio 1	Progetto	Risultato
Indicatori di accessibilità				
Aree di transizione pubblico/privato	%	85,71	88,46	
Accessibilità fermate bus	%	92,85	92,85	😊
Accessibilità fermate metro	%	100	100	😐
Accessibilità fermate tram	%	100	100	😐
Accessibilità rete piste ciclabili	%	100	100	😐
Parcheggi situati a bordo strada	n°	137	159	😊
Accessibilità dei cittadini agli spazi verdi	%	100	100	😐
Indicatori di connettività				
Indice di connessione	-	0,66	0,63	😐
Indice di circuitazione	-	0,48	0,44	😐
Densità delle intersezioni	nodi/ha	0,89	0,97	😊
Connettività interna	-	0,98	0,98	😐
Rapporto connessioni/nodi	archi/nodi	1,88	1,82	😐
Estensione media isolati	m ²	5515,13	4270,57	😊
Numero isolati per unità di superficie	Isolati/ha	1,24	1,62	😊

Tabella n°35. Analisi dei risultati riguardanti l'Accessibilità dati dal *progetto proposto* in relazione al *caso studio 1*.

I risultati dedotti dalla categoria della complessità delineano la necessità di aumentare la quantità di superficie adibita a servizi e di mix tipologico, per questo motivo si prevede la realizzazione di un nuovo edificio speciale, legato alle nuove costruzioni adibite a residenza per studenti, situate nella zona a nord/est del quartiere. Le modifiche determinano un miglioramento sia dell'indice di diversità delle tipologie edilizie, sia della diversità delle funzioni presenti nel quartiere (Tabella n°36).

Complessità				
Categoria	u.d.m	Caso Studio 1	Progetto	Risultato
Diversità delle tipologie edilizie	-	0,27	0,35	😊
Dotazione di servizi per il quartiere	%	83,44	83,44	😐
Diversità delle funzioni	-	0,27	0,35	😊

Tabella n°36. Analisi dei risultati riguardanti la Complessità dati dal *progetto proposto* in relazione al *caso studio 1*.

4.5. Riferimenti bibliografici

- Agenzia di ecologia urbana di Barcellona, (2007). *Piano speciale degli indicatori di sostenibilità ambientale dell'attività urbanistica di Siviglia*.
- Baker, N., & Steemers, K. (2000). *Energy and Environment in Architecture*. London: E&FN Spon
- Baker, N., & Steemers, K. (1992). The LT Method. In J. R. Goulding, J. Owen Lewis, & T. C. Steemers (A cura di), *Energy in architecture: the European passive solar handbook*. London: Batsford for the Commission of the European Community
- Concilio, *Metodi di Valutazione per la conservazione integrata del patrimonio architettonico urbano e ambientale*, 1999.
- Human Space Laboratory, *Densità abitative e tessuti urbani, Internal paper*, Cambridge MA, 2008
- Leed 2009 for neighborhood Development
- Meta Berghauer Pont, Per Haupt, (2010). *Spacematrix, Space, Density and Urban Form*, Nai Publisher
- Morello, M. (2010), *La progettazione ambientale della forma urbana*. Materiale didattico per il corso: Laboratorio di Eco-urbanistica, Milano.
- Porta, S., Renne, J. L., (2005). Linking urban design to sustainability: formal indicators of social urban sustainability field research in Perth, Western Australia, *URBAN DESIGN International 10*, Palgrave Macmillan, pp. 51–64,
- Rogers, R., (1999). *Towards an urban renaissance*, Urban task force, London: E&FN Spon.
- Rogora A., (2003). *Architettura e bioclimatica*, Sistemi editoriali, Bologna
- The Urban China Initiative, (2010). *The urban Sustainability Index: A New Tool for Measuring China's Cities*. A joint initiative of Columbia University, Tsinghua University, and McKinsey & Company.

CONCLUSIONI 5

CONCLUSIONI

5.1. Risultati

Il lavoro di tesi è stato mirato a verificare l'integrabilità della valutazione nel processo di progettazione. La valutazione, infatti, è stata considerata un vero e proprio strumento di progettazione intesa, quest'ultima, come processo ciclico di disegno della trasformazione e verifica della qualità di questa intesa in senso ambientale. Il lavoro svolto ha consentito di verificare anche che la multidimensionalità e l'intersectorialità propri dell'obiettivo della sostenibilità, possono essere trasformati in criteri capaci di guidare l'azione progettuale.

L'ipotesi di integrabilità è stata opportunamente verificata mettendo a punto un sistema di indicatori di sostenibilità urbana specificatamente orientati a catturare l'efficacia, in termini di sostenibilità, della forma urbana. In particolare, a valle di una ricerca sui sistemi di valutazione esistenti (LEED ND, HQE2R, Plan Especial de Indicadore de Sostenibilidad Ambiental de la Sctividad Urbanistica de Sevilla, ecc.) è stata costruita una matrice di valutazione specificatamente ispirata ad un modello di città compatta ed efficiente capace di orientare la progettazione.

La matrice di valutazione, strumento operativo di un approccio consapevolmente multidimensionale e multisetoriale, vuole rispondere alle sfide proposte dalla complessità della città costruita, e si configura come uno strumento di valutazione multicriteri. L'insieme dei criteri è suddiviso in categorie relative a diversi aspetti del complesso sistema città.

Il sistema di indicatori è stato testato su di un caso studio, il quartiere Lorenteggio a Milano; su di esso sono state prese in considerazione tre proposte progettuali elaborate dagli studenti del corso *Laboratorio di Eco-urbanistica*. Questi progetti, insieme al sistema di indicatori, hanno definito lo spazio dell'azione rispetto al quale avviare il processo integrato di valutazione/progettazione; i risultati della valutazione hanno consentito di delineare le linee guida per la realizzazione di un nuovo progetto che "impara ad essere più sostenibile" dai progetti esistenti e dagli esiti della valutazione.

Il nuovo progetto così costruito è stato nuovamente valutato attraverso la suddetta matrice al fine di dimostrare uno spostamento migliorativo di quest'ultimo nello spazio dell'azione in miglioramento rispetto alle ipotesi progettuali dalle quali deriva (Tabella n°37).

Sistema ecologico				
Categoria	u.d.m	Caso Studio 1	Progetto	Risultato
Permeabilità del suolo	%	45,06	65,15	😊
Dotazione di spazio verde pubblico per persona	m ² /pers.	9,62	11,05	😊
Dotazione di alberi nello spazio pubblico per superficie costruita	alberi/m ²	0,01	0,02	😐
Viali alberati	%	32,94	35,4	😊
Metabolismo energetico dei sistemi vegetali	-	3,15	3,89	😐
Biodiversità	-	12,65	15,74	😊

Tabella n°37. Stralcio dell'analisi dei risultati dati dal *progetto proposto* in relazione al *caso studio 1*.

Il lavoro dimostra come l'integrazione valutazione/progettazione sia possibile e come gli strumenti di valutazione si presentino ad agire come un aiuto, un supporto alla progettazione urbana; essi non definiscono e non propongono un'alternativa ottimale derivata dai calcoli degli indicatori, ma guidano il miglioramento delle alternative analizzate in quanto consentono di uno costruire delle guide dell'azione progettuale in uno spazio di azione senza confini. In questo modo la progettazione è coerente con un modello decisionale dinamico che tiene conto degli impatti prodotti dalle singole componenti o dimensioni del progetto sull'ambiente.

5.2. Criticità

I modelli di valutazione a criteri multipli sono strumenti di analisi efficaci e flessibili, ma si espongono ad alcune critiche che riguardano l'affidabilità dei risultati finali, che dipendono dalle variabili legate alla selezione dei criteri, alla stima degli impatti e alla tecnica adottata (Voogd, 1983). Nell'approccio a criteri multipli si tenta di costruire un sistema di valori riferiti a differenti indicatori che rappresentano i numerosi assi lungo i quali costruire le varie ipotesi progettuali.

Per un utilizzo corretto di questi strumenti di valutazione è necessario tener presente i loro limiti: infatti "lo spazio di lavoro degli indicatori è lo spazio dell'approssimazione" (Piseri, 2011). E' quindi necessario assumere i risultati ottenuti con atteggiamento critico; la valutazione condotta mediante indicatori offre un utile sistema di confronto tra soluzioni alternative ma non fornisce standard assoluti, la varietà di possibili alternative, piani, interventi (ecc.) è talmente vasta che realizzare un'operazione del genere non è possibile. La Banca Mondiale definisce gli indicatori come una misura di performance utile a raccogliere informazioni complesse e differenti in un unico modello semplice ed utilizzabile, evidenziandone però i limiti e le questioni di incertezza irrisolte (European Foundation, 1998); tutte le organizzazioni coinvolte nella costruzione di sistemi di indicatori sembrano concordare sul fatto che essi siano un utile strumento per le decisioni politiche da attuare (valutazione sul potenziale) e per stimare gli esiti di una politica di pianificazione/progettazione (indicatori retrospettivi), ma sottolineano allo stesso tempo i loro limiti (World Resources Insitues, 1994).

Gli indicatori sono strumenti descrittivi che illustrano lo stato ambientale basandosi su misure fisiche reali, per questo aiutano a stabilire in modo molto più semplice i valori di soglia e di riferimento per valutare l'accettabilità di un determinato progetto o di una alternativa. Essi sono inutili per il miglioramento della qualità della vita urbana se non sono basati su principi politici e se non si pongono obiettivi specifici da raggiungere; si fondano sulla diagnosi della situazione attuale; questo, aiuta a riconoscere alcuni elementi di criticità che, opportunamente cambiati, rappresentano una opportunità di trasformazione in positivo. Questo è tanto più vero se si considera che lo spazio dell'azione è in continuo cambiamento (European Foundation, 1998).

Queste riflessioni assumono rilevanza nel caso in cui si affronti il tema della sostenibilità legata ai sistemi complessi, riconoscendo che la complessità è generata dall'esistenza di differenti dimensioni rilevanti e delle possibili/potenziali relazioni/interazioni. Inoltre, nel considerare le questioni legate alla sostenibilità risulta difficile stabilire se esistano o meno "soluzioni ottimali" (ottimale per chi e per cosa?, ottimale per quanto tempo?), ma piuttosto se si verificano alcuni cambiamenti che implicino dei trade-off. Un adeguato sistema di indicatori deve essere capace di riflettere queste condizioni ed aiutare a considerare che tutto ciò che riguarda la sostenibilità implica una scelta.

All'interno di un sistema di valutazione basato su indicatori è necessario quindi passare dalla ricerca della "soluzione ottimale" a quella della "soluzione soddisfacente" (Simon, 1976), ciò significa, ovviamente, definire delle funzioni di trade-off piuttosto

che funzioni di ottimizzazione. Si esplicita, pertanto, un concetto di sostenibilità che viene definita “procedurale” (Simon, 1976; Faucheux et al., 1997) in quanto riconosce che nei casi in cui l’indeterminatezza e la complessità prevalgono, la soluzione può essere costruita attraverso un processo euristico, in cui sia ragionevole considerare quell’alternativa che rispetchi determinati criteri, piuttosto che garantire di essere l’unica o addirittura la migliore. Dunque, affrontare la complessità e la sostenibilità implica diverse problematiche:

1. essere in grado di individuare i criteri significativi e di riflettere le varie caratteristiche rilevanti che legittimino le prospettive di diversi potenziali interessi coinvolti;
2. essere in grado di considerare in prospettiva i vari indicatori che derivano dalla selezione dei criteri significativi inclusi nell’analisi, con una possibile esplicitazione di un modello di previsione futura (analisi dei trend ed analisi della resilienza), secondo un approccio strategico;
3. essere in grado di strutturare un sistema organizzativo che sia compatibile con il processo di progettazione e di decisione ad esso associato.

Dunque, considerare un particolare problema, collocato in un particolare punto nello spazio e nel tempo, significa tener conto dell’eterogeneità delle componenti ed implica l’esistenza parallela di profili di trade-off soddisfacenti, non equivalenti e non ridicibili.

In termini generali, è possibile affermare che considerare un particolare sistema utilizzando una prospettiva evolutiva significa affrontare un problema di incommensurabilità, che richiede l’uso di domini descrittivi non equivalenti necessari a rappresentare obiettivi eventualmente contrastanti.

In queste situazioni, il contributo che l’analisi scientifica può fornire è collegato alla possibilità di esplorare e rappresentare i trade-off della sostenibilità a vari livelli ed a differenti scale nell’ambito del processo decisionale. Esplicitare i trade-off della sostenibilità implica di tener conto di *criteri irriducibili*, della *indeterminatezza nella rappresentazione*, e di una *forte incertezza nella generazione degli scenari*.

Si deduce che la ricerca dell’insieme delle alternative non deve mai ritenersi conclusa e che, anzi, essa deve divenire parte integrante del processo di valutazione stesso che può ritenersi un efficiente ed efficace guida della ricerca della soluzione. Questa considerazione rivela l’appartenenza dello spazio del processo di valutazione all’azione (Schön, 1993) e quindi al processo decisionale considerato nel suo carattere di ricerca e costruzione di una soluzione, di un’alternativa (Concilio, 1999). Dunque la valutazione condotta mediante sistemi di indicatori non produce necessariamente un nuovo progetto da assumere come modello, ma suggerisce delle linee guida per la variazione delle alternative e la direzione da prendere in base ai diversi criteri e alle connessioni delle multiple categorie considerate.

Un altro importante elemento di criticità dei sistemi di valutazione è l’individuazione di un ordine di priorità dei criteri all’interno della matrice: infatti, se da un lato si possono analizzare i dati basandosi sulle performance degli indicatori, rimanendo in un atteggiamento oggettivo, che si basa sul dato (indicatore) e sulle sue caratteristiche, dall’altro esiste la possibilità di attribuire dei pesi ai diversi criteri. Si pone quindi il problema di rendere esplicito un “giudizio di valore”. L’assegnazione di pesi relativi ai criteri serve a stabilire un ordine di importanza relativa tra questi ultimi. In pratica i pesi misurano, attraverso valori numerici a-dimensionali, le priorità che si assegnano ai vari aspetti del problema rispetto al contesto, alle specificità del problema decisionale, agli attori coinvolti, per tale motivo non hanno mai valore assoluto ma solo relativo. La scelta dei pesi, attribuita ai diversi criteri può essere demandata ad un decisore, ad un gruppo di esperti o alla collettività (nel caso di scelte sociali partecipate).

5.3. Conclusioni

Il lavoro di tesi dimostra che la valutazione può diventare uno strumento di supporto alla progettazione urbana orientata verso la sostenibilità ambientale. Presenta una concezione di progetto coerente con un modello decisionale dinamico che tiene conto degli impatti prodotti dalle singole componenti del progetto sull'ambiente. Elabora un sistema di indicatori di valutazione innovativo di supporto alla progettazione urbana, è quindi importante individuare i campi di attuazione del sistema di indicatori in modo che esso diventi uno strumento semplice e di facile utilizzo.

Esso può diventare un sistema di semplice utilizzo da parte delle amministrazioni e dei portatori di interesse per uno studio comparativo di soluzioni progettuali alternative, nel caso, ad esempio, di un bando di concorso per stabilire quale sia la soluzione migliore tra le proposte e quali potrebbero essere i modi di migliorarle; inoltre potrebbe essere utilizzato per confrontare le alternative proposte con l'alternativa zero, ossia quella che esclude qualsiasi decisione di trasformazione (la *no action*), o ancora per confrontare differenti soluzioni urbane di una stessa area in differenti fasi storiche; quest'ultima ci consentirebbe di analizzare gli interventi effettuati nel tempo per verificare se si sta percorrendo la strada corretta o se, forse, le alternative precedenti sono migliori, o ancora per esplorare strategie di intervento non ancora attuate.

Affinché questo strumento divenga realmente una possibile alternativa per la stima della sostenibilità nella pianificazione urbana è importante garantire una sua replicabilità. Dunque, per eseguire la procedura di valutazione non è necessario ovviamente ripercorrere tutto il percorso proposto da questo lavoro, ma comprenderne lo spirito e considerare continuamente i limiti intrinseci di un sistema di valutazione secondo indicatori; essi infatti hanno un valore comparativo di guida alla progettazione e non delineano un'alternativa ottimale, ma quella/e soddisfacente/i.

Per facilitare la replicabilità del sistema, il lavoro di tesi propone in allegato, oltre alla spiegazione del significato delle categorie e degli indicatori (Capitolo 3. Strumenti di valutazione, 3.3. *Descrizione della matrice degli indicatori*), le schede di descrizione degli indicatori (allegato n°2), in cui sono riassunti i significati di tutti gli indicatori e le modalità di calcolo.

Si propone, infine, una guida di cinque semplici passi per facilitare la replicabilità del sistema:

1. selezionare le alternative da valutare, in base agli obiettivi politici, dei portatori d'interesse e dei cittadini;
2. seguire le istruzioni per il calcolo di ciascun indicatore (allegato n°2);
3. redigere una valutazione multicriterio (Capitolo 4, 4.3 Confronto tra i risultati e linee guida);
4. dedurre dal confronto dei risultati ottenuti su ciascun criterio alcune linee guida per la ricerca di una o più alternative possibili (Capitolo 4, 4.3 Confronto tra i risultati e linee guida);
5. applicare le linee guida modificando la/le alternativa/e per realizzare un nuovo progetto di rigenerazione urbana, così provando a costruire una soluzione che soddisfi tutti i criteri analizzati (Capitolo 4, 4.4. Nuova proposta progettuale).

5.4. Riferimenti bibliografici

- Concilio, G., (1999). *La conservazione del patrimonio culturale/ambientale: verso processi di valutazione interattiva*. Tesi di dottorato di ricerca in: Metodi di valutazione per la conservazione integrata del patrimonio architettonico, urbano ed ambientale, "Università degli studi di Napoli, Federico II".
- Faucheux S., Froger G., Munda G. (1997). *Toward an Integration of Uncertainty, Irreversibility, and Complexity in Environmental Decision Making*, in J.C.J.M. van den Bergh, J. Van der Straaten (eds), *Economy and Ecosystems in Change. Analytical and Historical Approaches*, Edward Elgar, Cheltenham, pp. 50-74.
- Fusco Girard, L., Cerreta, M., De Toro, P., Garzillo, C., *Le valutazioni integrate: gli approcci metodologici*, 2006. Estratto del lavoro preparato dagli autori per il Progetto Europeo Leonardo da Vinci 2000-2006, Development of Competencies and Skills in Local Agenda 21 Process, Piano d'azione comunitario I/01/B/F/PP-120592. Piano biennale con partner: Fondazione Istituto per il Lavoro (Coordinatore del progetto, Bologna); APAT – Dipartimento Strategie Integrate, Promozione e Comunicazione (Roma); Centre for Environment and Sustainability at the University of Goteborg; Centro de Política de Suelo y Valoraciones, Universitat Politècnica de Barcelona; Fondazione Lanza (Padova); Istituto Ricerche Economiche e Sociali (Torino); Laboratorio delle Idee (Ancona); Katholische Universität Eichstätt Ingolstadt; Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy; Dipartimento di Conservazione dei beni architettonici ed ambientali, Università degli Studi di Napoli Federico II (responsabile scientifico dell'unità locale di Napoli: prof. Luigi Fusco Girard). Indirizzo Internet: www.ambiente-lavoro.it.
- Giampietro M. (1999). *Implications of Complexity for an Integrated Assessment of Sustainability Trade-offs: Participative Definition of a Multi-Objective Multiple-Scale Performance Space*, Advanced Study Course on Decision tools and Processes for Integrated Environmental Assessment, Universitat Autònoma Barcelona, September 20th – October 1st.
- Piseri, (16 Novembre 2011). *Lezione ai dottorandi del corso in Pianificazione e Governo del Territorio*, Politecnico di Milano.
- Rosen R. (1977). *Complexity as a System Property*, Int. J. General Systems, vol.3, pp. 227-232.
- Rosen R. (1985). *Anticipatory Systems: Philosophical, Mathematical and Methodological Foundations*, New York, Pergamon Press.
- Rosen R. (1991). *Life Itself: A Comprehensive Inquiry into the Nature, Origin and Fabrication of Life*, Columbia University Press, New York.
- Schön, D., (1993). *Il professionista riflessivo*, Dedalo ed. Bari.
- Simon H.A. (1976). *From Substantive to Procedural Rationality*, in J.S. Latsis (ed) *Methods and Appraisal in Economics*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Voogd, H., (1983). *Multicriteria Evaluation in Urban and Regional Planning*, Pion Limited, London.

ALLEGATI 6

ALLEGATO 1. Matrice degli indicatori

CAT.	INDICATORE	SISTEMA DI PROVENIENZA	DESCRIZIONE	OBIETTIVI	DATI NECESSARI	MODALITA' DI CALCOLO	UNITA' DI MISURA	SOGLIA DI ACCETTABILITA'
Morfologia Urbana	Densità edilizia	Meta Berghauser Pont, Per Haupt, Spacematrix, Space, Density and Urban Form, Nai Publisher	Descrive l'intensità dell'edificazione. Mette in relazione la quantità di superficie costruita all'unità di superficie considerata.	Mira ad assicurare una densità abbastanza alta, evitando la dispersione del tessuto urbano.	De=densità edilizia; Slp=superficie lorda di pavimento; St=superficie territoriale.	De= Slp/St	m ² /m ²	-
	Densità abitativa	-	Descrive la pressione compiuta dalla popolazione presente sulla superficie territoriale.	Mira alla creazione di una rete di trasporti pubblici efficiente. Un'adeguata densità abitativa rappresenta un'opportunità per il risparmio di suolo, energia e risorse.	Da=densità abitativa; ab= numero di abitanti; St=superficie territoriale.	Da=ab/St	ab/ha	400<Da<500
	Densità stradale	Meta Berghauser Pont, Per Haupt, Spacematrix, Space, Density and Urban Form, Nai Publisher	Descrive la quantità di strade presenti sull'unità d'area considerata.	Mira ad assicurare una densità stradale abbastanza alta per garantire una buona connettività stradale.	N=densità rete stradale; Li=lunghezza delle strade interne all'isolato; Le=lunghezza delle strade esterne all'isolato; St=superficie territoriale.	$N = \frac{Li + (Le/2)}{St}$	m/m ²	-
	Rapporto di copertura del suolo	Meta Berghauser Pont, Per Haupt, Spacematrix, Space, Density and Urban Form, Nai Publisher	Descrive la relazione tra la superficie coperta dalle costruzioni e l'unità di superficie considerata.	Mira ad aumentare la compattezza delle costruzioni sui territori, aumentando la continuità dei fronti.	Rc= rapporto di copertura; Sc=superficie coperta; St=superficie territoriale.	Rc= Sc/St	%	25%<Rc<30%
	Altezza media degli edifici	Meta Berghauser Pont, Per Haupt, Spacematrix, Space, Density and Urban Form, Nai Publisher	Descrive l'impatto della morfologia dell'area analizzata sul contesto.	Mira ad evitare la costruzione di edifici troppo alti o troppo bassi rispetto al contesto, si considera l'altezza media degli edifici presenti sulle aree circostanti per evitare la creazione di aree troppo riconoscibili morfologicamente.	Am=altezza media; Ve=volume edificato; Sc=superficie coperta; n°ed=numero edifici	$Am = \frac{Ve/Sc}{n^{\circ}ed}$	m	Am => 11,15 m

Morfologia Urbana						
Compattezza corretta	Agenzia di ecologia urbana di Barcellona, 2007	Misura la pressione che esercita l'area edificata sullo spazio pubblico attenuante (strade pedonali, viali alberati pedonali, parchi e giardini, cortili interni, aree di uso locale, piazze >1000mq; non sono superfici attenuanti le strade con trasporto pubblico e privato, le aree a parcheggio e le superfici di larghezza inferiore a mt. 2,50).	Presuppone che una densità troppo elevata potrebbe causare effetti negativi per l'interesse della città. Permette di conoscere, per una determinata area urbana, l'equilibrio tra lo spazio costruito e gli spazi liberi di relazione.	Cc= Ve/Sp.a	m ³ / m ²	-
Fronti con affacci su strada	Sergio Porta, John Luciano Renne, 2005	Misura la quantità di fronti comunicanti con la strada.	Indica quali sono quei punti in cui la sorveglianza naturale dello spazio pubblico è facilitata dalla presenza di uno sguardo sulla strada, accrescendo il senso di sicurezza dei pedoni.	Se=sorveglianza naturale_ fronti aperti; Ser=sorveglianza naturale_ retro; Ft=fronti su strada(m) Fea=fronti edificati aperti e "comunicanti" con la strada(m)	Se=(Fea/Ft)*100	% Se=>100%
Fronti continui lungo la strada	Sergio Porta, John Luciano Renne, 2005	Misura la continuità dei fronti lungo la strada.	Contribuisce a dare un senso di sicurezza definendo lo spazio pubblico.	Cf=continuità facciate; Cnf=discontinuità facciate; Fc=fronti continui (m); Ft=lunghezza totale dei fronti.	Cf=(Fc/Ft)*100	% Se=>100%

CAT.	INDICATORE	SISTEMA DI RIFERIMENTO		DESCRIZIONE	OBIETTIVI	DATI NECESSARI	MODALITA' DI CALCOLO	U.D.M.	SOGLIA
Metabolismo urbano	Percentuale di conservazione dell'esistente	-	-	Definisce il grado di sensibilità verso il tema della conservazione del patrimonio edilizio e quindi dell'energia inglobata nelle strutture esistenti.	Mira ad evitare lo spreco di energia e di materiali utilizzati per la demolizione e la ricostruzione di parti di città, ad assicurare la conservazione di buona parte dell'edilizia esistente.	%Ce= conservazione esistente; SLPc=Superficie lorda di pavimento conservata; SLPtot=Superficie lorda di pavimento totale	%Ce=SLPc/SLPtot	%	Ce=>60%
	Rapporto superficie involucro/volume	Baker, N., & Steemers, K. (1992).		Descrive il rapporto tra superficie e volume rappresenta il fattore di forma dell'edificio, cambia con le dimensioni dello stesso.	Influenza la domanda di energia di una determinata area urbanizzata.	Si= Superficie involucro; Ve= Volume edificato	Sv= Si/Ve	m ² /m ³	Sv=>0
	Superfici verticali orientate a sud	Baker, N., & Steemers, K. (1992).		Rappresenta la possibilità di un buon risparmio energetico grazie alla possibilità di sfruttare la luce e il calore solare.	Mira ad aumentare il guadagno di calore e di energia mediante le superfici dell'involucro, che, esposte correttamente, possono garantire un buon risparmio energetico, sfruttando il calore solare.	% Svs= % Superfici verticali orientate a sud; Svs=Superfici verticali orientate a sud; Sv=Superfici verticali.	%Svs= (Svs/Sv)%	%	-
	Superfici verticali orientate a sud/est e a sud/ovest	Baker, N., & Steemers, K. (1992).		Rappresenta la possibilità di un buon risparmio energetico grazie alla possibilità di sfruttare la luce e il calore solare.	Mira a misurare il possibile guadagno di calore e si energia mediante le superfici dell'involucro, che, esposte correttamente, possono garantire un buon risparmio energetico, sfruttando il calore solare.	% Svs-e= % Superfici verticali orientate da sud-est a sud-ovest; Svs-e=Superfici verticali orientate da sud-est a sud-ovest; Sv=Superfici verticali.	%Svs-e= (Svs-e/Sv)%	%	-
	Rapporto zone passive/non passive	Baker, N., & Steemers, K. (1992).		Evidenzia la possibilità di poter diminuire la domanda energetica per luce e riscaldamento.	Mira ad evitare lo spreco di energia mediante un'adeguata progettazione della morfologia degli edifici, progettando edifici con sezioni non troppo profonde.	Zp=Rapporto zone passive Ap= Area passiva; Anp=Area non passiva	Zp= Ap/Anp	-	-

6 | Allegati

CAT.	INDICATORE	SISTEMA DI RIFERIMENTO	DESCRIZIONE	OBIETTIVI	DATI NECESSARI	MODALITA' DI CALCOLO	U.D.M.	SOGLIA
Comfort urbano	Fattore di vista del cielo	Eugenio Morello, SunScapes, 2010	Esprime la porzione di cielo visibile da ogni punto dello spazio dell'area analizzata. Il calcolo è indipendente dal percorso solare in quanto il valore SVF è puramente dipendente dalla geometria urbana.	E' correlabile alla capacità del suolo di riflettere verso il cielo il calore accumulato durante la giornata, restituendo un modello semplificato per descrivere l'isola di calore urbana.	SVF= Sky view factor; A.a.= Area di analisi; So= area ostruita.	SVF= Aa-So	-	-
	Aree verdi a terra	Eugenio Morello, SunScapes, 2010	Calcola la forma, la posizione e la grandezza delle aree verdi traspiranti presenti sull'unità di superficie considerata.	Considera i materiali urbani naturali, la cui presenza dipende dall'azione progettuale e dalla geometria della forma urbana,, permette di identificare quelle aree che possono influenzare l'isola di calore urbana mediante l'evapotraspirazione.	Ic= isole di calore; Sv= spazi verdi a terra; Stot=superficie di riferimento.	Ic= (Sv/Stot)x100	%	-
	% ombra all'ora generati sugli spazi aperti durante il solstizio estivo e il solstizio invernale	Eugenio Morello, SunScapes, 2010	Calcola l'effettivo irraggiamento solare captato dalle superfici urbane.	Indica lo spazio pubblico che probabilmente sarà maggiormente frequentato d'estate e meno d'inverno (MILANO).	Ca=comfort spazi aperti; So=superficie d'ombra; h=ora.	Ca=So/h	m ² /h	-
	% degli spazi aperti permanentemente in ombra (%) durante il solstizio estivo e il solstizio invernale	Eugenio Morello, SunScapes, 2010	Calcola l'effettivo irraggiamento solare captato dalle superfici urbane, dando un'accezione energetica al concetto originario di <i>solar envelope</i> (Ralph L. Knowles, 1981-2003).	Indica lo spazio pubblico che probabilmente sarà maggiormente frequentato d'estate e meno d'inverno (MILANO).	Ca=comfort spazi aperti; So=superficie d'ombra; Sa=superficie totale spazi aperti	Ca=(So/Sa)x100	%	-

CAT.	INDICATORE	SISTEMA DI RIFERIMENTO	DESCRIZIONE	OBIETTIVI	DATI NECESSARI	MODALITA' DI CALCOLO	U.D.M.	SOGLIA
Sistema ecologico	Permeabilità del suolo	Piano speciale degli indicatori di sostenibilità ambientale dell'attività urbanistica di Siviglia_Agenzia di ecologia urbana di Barcellona	Misura il livello di impermeabilizzazione e dell'impatto che essa ha sul territorio occupato.	Indica la relazione tra le superfici funzionalmente significative per il ciclo naturale all'interno dell'unità di superficie analizzata	IP=indice di permeabilità; Ft=fattore del tipo di superficie; At=area di quel tipo di superficie; S=superficie di riferimento.	$IP = \frac{S(Ft \times At)}{100} \times 100$ (*) Sull'area analizzata	%	-
	Dotazione di spazio verde pubblico per persona	The urban Sustainability Index: A New Tool for Measuring China's Cities, The Urban China Initiative. A joint initiative of Columbia University, Tsinghua University, and McKinsey & Company	Assicurare un minimo di superficie verde procapite	Mira ad assicurare che le aree di superficie verde siano davvero sufficienti a servire la popolazione e a verificare che non abbandonate al degrado.	Svp=spazio verde pubblico; Sv=area verde pubblico; n°=numero persone	$Svp = Sv/n^\circ$	m ² / n° persone	10 m ² <Svp<20 m ²
	Dotazione di alberi nello spazio pubblico per superficie costruita	Piano speciale degli indicatori di sostenibilità ambientale dell'attività urbanistica di Siviglia_Agenzia di ecologia urbana di Barcellona	Misura la quantità di alberi presenti sull'unità dell'area analizzata	Mira ad evitare l'abbattimento degli alberi per la costruzione di nuove aree urbanizzate.	Da=dotazione di alberi; n°=numero di alberi; Sc=superficie costruita	$Da = n^\circ/Sc$	n°/m ²	-
	Viali alberati	Piano speciale degli indicatori di sostenibilità ambientale dell'attività urbanistica di Siviglia_Agenzia di ecologia urbana di Barcellona	Misura la lunghezza dei viali alberati in relazione alla lunghezza delle strade.	Creare una rete di spazi pubblici che permetta la comunicazione tra i cittadini attraverso una sequenza di spazi pubblici di qualità.	Va=viali alberati; Lc=lunghezza corridoi verdi; Ls=lunghezza sezioni stradali.	$Va = [Lc/Ls] \times 100$	%	Va=>20%

6 | Allegati

CAT.	INDICATORE	SISTEMA DI RIFERIMENTO	DESCRIZIONE	OBIETTIVI	DATI NECESSARI	MODALITA' DI CALCOLO	U.D.M.	SOGLIA
Sistema ecologico	Metabolismo energetico dei sistemi vegetali	Selezione indicatori del corso	Misura lo stato del metabolismo energetico dei sistemi vegetali, quindi il mix dei diversi sistemi vegetali presenti.	Rappresenta la capacità di un ecosistema di conservare e massimizzare l'impiego dell'energia, individua le evoluzioni/involuzioni del paesaggio in relazione al grado di conservazione, recupero o trasformazione del mosaico ambientale.	Met _e =indice di metabolismo energetico; sup _j =superficie tipo di copertura; I _{met} =indice di metabolismo; St=superficie territoriale; i=tipo di copertura del suolo	Met _e = $\sum_i (\text{sup}_j * I_{\text{met}}) / \text{sup tot}$ i= tipo di copertura del suolo	kcal/m ² *anno	-
	Biodiversità	Selezione indicatori del corso	Misura la presenza di diverse tipologie di suolo e di vegetazione che caratterizzano gli ecosistemi.	Mira a conservare la biodiversità, cioè l'insieme di tutte le forme viventi geneticamente differenti e degli ecosistemi ad esse correlati, ad evitare la perdita e la frammentazione degli habitat di diverse specie, causata dai profondi cambiamenti del territorio condotti ad opera dell'uomo.	Ibiodiv=indice di biodiversità; S _j =superficie tipo di copertura; biod _j =indice di biodiversità; Stot=superficie totale di riferimento; i=tipo di copertura del suolo	Ibiodiv= $\sum_i (S_j * \text{biod}_j) / \text{Stot}$ i= tipo di copertura del suolo	-	-

CAT.	INDICATORE	SISTEMA DI RIFERIMENTO	DESCRIZIONE	OBIETTIVI	DATI NECESSARI	MODALITA' DI CALCOLO	U.D.M.	SOGLIA
Accessibilità	Aree di transizione pubblico-privato	Sergio Porta, John Luciano Renne, <i>Linking urban design to sustainability: formal indicators of social urban sustainability field research in Perth, Western Australia</i> , 2005, URBAN DESIGN International 10, pp. 51-64, Palgrave Macmillan	Misura la quantità di aree di transizione pubblico-privato connesse.	Mira ad identificare quali possono essere gli spostamenti della popolazione; inoltre aiuta ad identificare quanto un'area sia leggibile in termini di coerenza della forma urbana.	At= aree transizione pubblico-privato; Atc=aree transizione pubblico-privato connesse; Atot=aree transizione pubblico-privato totali.	$Atc = (Atc / Atot) \times 100$	%	Atc > 100%
	Accessibilità alle fermate del trasporto pubblico di superficie	Piano speciale degli indicatori di sostenibilità ambientale dell'attività urbanistica di Siviglia_Agenzia di ecologia urbana di Barcellona	Misura l'area servita dalle diverse fermate del trasporto pubblico, mediante il calcolo del raggio di influenza (400 m).	Mira a costruire una rete integrata di trasporto pubblico di superficie.	Acc _{ts} =accessibilità della fermata del trasporto pubblico; Ai= distanza d'influenza della fermata del trasporto pubblico; Ats= area servita dal trasporto pubblico di superficie; Atot= area totale	$Acc_{ts} = (Ats / Stot) \times 100$	%	Dist. < 400m= 1' in bicicletta= 5' a piedi
	Accessibilità alla rete di piste ciclabili	Piano speciale degli indicatori di sostenibilità ambientale dell'attività urbanistica di Siviglia_Agenzia di ecologia urbana di Barcellona	Misura l'area servita dalle diverse fermate del trasporto pubblico, mediante il calcolo dell'area di influenza (400 m).	Mira a costruire una rete indipendente di piste ciclabili protetta dal traffico.	Acc _c =accessibilità della fermata del trasporto pubblico; Ai= distanza d'influenza della pista ciclabile; Apc= area servita dalle piste ciclabili; Stot= superficie di riferimento	$Acc_c = (Ac / Atot) \times 100$	%	Dist. < 400m= 1' in bicicletta= 5' a piedi
	Parcheggi situati a bordo strada	Piano speciale degli indicatori di sostenibilità ambientale dell'attività urbanistica di Siviglia_Agenzia di ecologia urbana di Barcellona	Misura la quantità di parcheggi presenti lungo le strade.	Mira a soddisfare la richiesta di posti auto, disponendoli lungo le strade, evitando la costruzione di strutture di parcheggio interrato.	P= posteggi auto necessari; n°f= posteggi auto necessari;	$P = n^{\circ}f / 4$ (*)	n°	1 parcheggio ogni 4 famiglie

Accessibilità		Piano speciale degli indicatori di sostenibilità ambientale dell'attività urbanistica di Siviglia_Agenzia di ecologia urbana di Barcellona	Misura l'area servita dagli spazi verdi in relazione alla loro ampiezza.	Mira alla creazione di una rete di spazi verdi liberi e gratuiti per tutti i cittadini.	Acc _v =accessibilità agli spazi verdi; AI= distanza d'influenza degli spazi verdi; A _v = area servita dagli spazi verdi; Atot= area totale	Acc _v =(A _v /Atot)x100	%	spazio verde>1000 m ² dist.<200 m spazio verde>5000 m ² dist.<750 m spazio verde<1ha e ad un corridoio verde ad una dist<2 km spazio verde>10 ha ad una dist<4 km
Accessibilità dei cittadini agli spazi verdi	Eugenio Morello, Indicatori di connettività del tessuto urbano, 2010	Esprime il rapporto tra l'attuale numero di connessioni tra i nodi e quello massimo teorico (in cui tutti i nodi sono collegati tra loro).	Mira ad identificare la quantità di connessioni presenti in relazione al numero massimo teorico, più è alto il valore più l'area è connessa.	g= indice di connessione; e=numero delle connessioni; n=numero dei nodi.	$g = e/3(n-2)$	-	0<g<1	
Indice di connessione	Eugenio Morello, Indicatori di connettività del tessuto urbano, 2011	Esprime il rapporto tra il numero di loop presenti nel mosaico e il numero massimo teorico.	Mira a raggiungere la chiusura ad anello (loop) tra i diversi nodi, che rappresenta la struttura più connessa.	a= indice di circuitazione; (e-n+1)=numero di loop esistenti; (2n-5)=numero di loop massimo teorico.	$a = (e-n+1)/(2n-5)$	-	0<a<(2n-5)	
Indice di circuitazione	Leed 2009 for neighborhood Development	Conteggia i nodi per unità di superficie considerata.	Mira a raggiungere il numero di intersezioni più alto possibile: infatti maggiore è il numero delle intersezioni maggiore è la connettività della maglia stradale.	Id=intersection density; n°=numero di nodi; ha=unità di superficie.	Id=n°/ha	n°/ha	VALORI DI RIFERIMENTO	
Densità di intersezioni	Eugenio Morello, Indicatori di connettività del tessuto urbano, 2012	Misura il numero delle intersezioni stradali diviso per la somma del numero delle intersezioni stradali e il numero dei cul-de-sac.	Mira a raggiungere il numero di intersezioni più alto possibile: infatti maggiore è il numero delle intersezioni maggiore è la connettività della maglia stradale: maggiore è l'indice e maggiore è la connettività interna.	CNR=internal connectivity; n°is=numero intersezioni stradali; n°cul de sac=numero cul de sac.	$CNR = n°is / (n°is + n°cul de sac)$	-	CNRmin=0.5. CNR=0,7 o CNR>0,7 Modello INDEX (Criterion Planners Engineers, 2001)	
Connettività interna	Eugenio Morello, Indicatori di connettività del tessuto urbano, 2011	Descrive il rapporto tra il numero degli archi (link) e il numero dei nodi (node).	Mira a raggiungere il valore di 2.5, valore della griglia perfetta, ma non rappresenta la dimensione e la distanza delle componenti spaziali.	LnR=Link-Node Ratio; n°l=numero di link; n°n=numero di nodi.	$LnR = n°l / n°n$	archi/nodi	1.4<LnR<2.5 (Ewing,1996)	
Rapporto tra connessioni e nodi	Eugenio Morello, Indicatori di connettività del tessuto urbano, 2010	Rappresenta la densità della maglia stradale che sostiene lo spazio costruito.	Mira a contenere l'estensione degli isolati: infatti minore è l'ampiezza degli isolati e maggiore è la connettività stradale.	Ma=area media isolati; Ais=area isolati; n°i=numero isolati analizzati.	$Ma = SAis / n°i$	m ²	Ma=>0	
Estensione media degli isolati	Eugenio Morello, Indicatori di connettività del tessuto urbano, 2010	Determina il numero degli isolati per unità di superficie	Rappresenta la granulometria del tessuto urbano.	Bd=block density; n°i=numero isolati; S=unità di superficie,1ha	$Bd = n°i / S$	n°/ha	VALORI DI RIFERIMENTO	
Numero isolati per unità di superficie								

CAT.	INDICATORE	SISTEMA DI RIFERIMENTO	DESCRIZIONE	OBIETTIVI	DATI NECESSARI	MODALITA' DI CALCOLO	U.D.M.	SOGLIA
Complessità	Diversità delle tipologie edilizie	Piano speciale degli indicatori di sostenibilità ambientale dell'attività urbanistica di Siviglia_ Agenzia di ecologia urbana di Barcellona	Misura l'entropia di tipologie edilizie nel raggio d'influenza (400m).	Un adeguato mix tipologico garantisce una struttura equilibrata della comunità in modo da creare piccole unità di vicinato ed una forte affinità nei caratteri comuni dell'insediamento.	Dt=diversità tipologie; fi=tipologie edilizie; n=numero tipologie edilizie	$Dt = \sum_{i=1}^n f_i \log f_i / \log n$	-	VALORI DI RIFERIMENTO
	Dotazione di servizi per il quartiere	Leed 2009 for neighborhood Development	Calcola il mix e la diversità dei servizi presenti all'interno del quartiere.	Permette di conoscere i servizi mancanti in modo da poter applicare alcune strategie di pianificazione futura tanto a livello di costruzione che di mobilità urbana	Ai=area interessata da servizio (compresa tra un raggio di 300m e 400m); n°=numero dei servizi presi in esame; A.a.=area analizzata	$Ds = \sum A_i / n^{\circ}$	%	Ic=> 100%
	Diversità delle funzioni	Leed 2009 for neighborhood Development	Misura un l'entropia di funzioni all'interno dei nuovi tessuti urbani.	Mira a raggiungere il modello di città complessa, con densità di attività e differenza di funzioni sul territorio.	Df=mix funzionale; fi=funzioni; n=numero funzioni.	$Df = \sum_{i=1}^n f_i \log f_i / \log n$	-	VALORI DI RIFERIMENTO

ALLEGATO 2

INDICATORI DI MORFOLOGIA

OBIETTIVO STRATEGICO:

Progettare la struttura fisica della città, pianificando l'espansione urbana.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Le nuove aree di urbanizzazione dovranno avere una densità abbastanza alta, per garantire la vitalità delle aree, stabilendo un minimo di compattezza edilizia. Si propone una nuova parametrizzazione della densità edilizia e dell'occupazione del suolo che garantisca la creazione delle condizioni urbane, creando un nuovo tessuto, limitando le tipologie edilizie che creano la dispersione del tessuto urbano e l'occupazione massiva del territorio.

1.1 INDICATORE	Densità edilizia (De) =[Superficie lorda di pavimento (SLP) (m ²)/ superficie territoriale (St) (m ²)]
DENSITA' EDILIZIA	

VALORE DI RIFERIMENTO: per la città di Milano Il parametro di riferimento è 1.	
	La densità edilizia mette in relazione la quantità di superficie costruita con la superficie territoriale del quartiere, riflette l'intensità dell'edificazione in modo indipendente dalla composizione programmatica, si può calcolare su diverse scale.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Mira ad evitare la proliferazione della città diffusa e la dispersione del territorio, frutto della pianificazione funzionalista. Propone una pianificazione ordinata ed equilibrata negli usi e nelle funzioni per aumentare la mobilità pedonale e mediante mezzo pubblico, opponendosi all'uso massivo dell'automobile. Mira a diminuire lo spreco di risorse e di tempo, a creare l'ambiente ideale per favorire l'incontro di persone, la comunicazione tra le persone e le istituzioni, che costituiscono l'essenza della città. Il raggruppamento di più unità abitative in un unico volume compatto offre vantaggi economici, riduce l'uso del suolo, la superficie dell'involucro, il consumo di energia, il costo del lavoro e la quantità di materiali utilizzati.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Superficie lorda di pavimento sull'area di riferimento (m²);
2. Superficie territoriale dell'area analizzata (m²).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Digitalizzazione e calcolo della superficie lorda di pavimento (m²);
2. Digitalizzazione e calcolo della superficie territoriale dell'area analizzata (m²);
3. Calcolo della densità edilizia (m²/m²).

OBIETTIVO STRATEGICO:

Progettare la struttura fisica della città, pianificando l'espansione urbana.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Si propone di pianificare la densità abitativa all'interno dei insediamenti urbani. La densità abitativa dovrà essere abbastanza alta in modo da garantire la vitalità di un quartiere e una rete di trasporti sostenibile, favorendo gli spostamenti e piedi e mediante mezzo pubblico.

1.2 INDICATORE	Densità abitativa = [Abitanti (ab) / Superficie territoriale (St) (ha)]
DENSITA' ABITATIVA	

VALORE DI RIFERIMENTO: per Lorenteggio si considerano i valori compreso tra i 400 e 500 ab/ha.	
	La densità abitativa si riferisce alla quantità di abitanti presenti in un'area.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Mira alla creazione di città sostenibili, policentriche, vitali, progettate in modo che consentano la creazione di una rete di trasporti pubblici efficiente. Pianificare un'adeguata densità abitativa rappresenta un'opportunità per il risparmio di suolo, energia e risorse; infatti la città policentrica mira a aumentare la densità insieme alle attività commerciali intorno ad alcuni centri minori, ai nodi del trasporto pubblico, ai nodi di interscambio, ecc.

Come dimostrato dallo studio di Newman e Kenworthy (1989) tra densità urbana (abitanti/ha) e uso del mezzo privato (uso annuo di carburante, MJ) esiste una stretta correlazione): nelle città più dense di matrice europea e in alcune megalopoli mondiali (Tokyo, Hong Kong, Mosca) l'uso del mezzo privato è di fatto molto inferiore rispetto alle città australiane e americane. A una maggiore densità corrisponderebbero: in primo luogo una riduzione degli spostamenti (minori in lunghezza e in numero) e questo grazie a una più maggiore varietà delle destinazioni d'uso; in secondo luogo un "incoraggiamento" all'uso del trasporto pubblico, della mobilità ciclabile e pedonale.

Non è possibile definire le densità abitative ottimali per costruire centri urbani vitali e in grado di sostenere un adeguato trasporto pubblico, esse dipendono dal contesto ambientale, storico e culturale.

Per poter stabilire un valore adeguato di densità per il contesto che si sta analizzando è necessario eseguire uno studio sulla città consolidata e sulle aree periferiche della zona considerata, in modo da poter stabilire un range di accettabilità.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Volume edificato (m³);
2. Cubatura per persona (m³), corrispondente a 100 m³ ;
3. Numero abitanti (m²);
3. Superficie territoriale dell'area analizzata (m²).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Misurazione del volume edificato (m³);
2. Calcolo del numero di abitanti (Ve/100) (n);
3. Calcolo della densità abitativa (ab/St) (ab/ha).

OBIETTIVO STRATEGICO:

Progettare la struttura fisica della città, pianificando l'espansione urbana.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Si propone di pianificare lo sviluppo stradale all'interno delle nuove aree d'espansione urbana. La densità stradale dovrà essere abbastanza alta in modo da garantire l'accessibilità ai servizi urbani di base, ma allo stesso tempo non dovrà superare una determinata soglia per evitare la dispersione urbana e lo spreco di suolo.

1.3 INDICATORE	Densità rete stradale (N) =[Lunghezza strade interne all'isolato (Li) + (Lunghezza strade esterne all'isolato (Le)/2)] / superficie territoriale(St)(m ²)
DENSITA' STRADALE	

	La densità della rete stradale (N) si riferisce alla concentrazione della viabilità all'interno di un'area definita.
--	--

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Mira ad evitare la dispersione delle costruzioni sul territorio e l'incontrollata impermeabilizzazione del suolo. Promuove una pianificazione dell'espansione urbana per aumentare la mobilità a piedi e mediante mezzo pubblico, evitando una proliferazione dei percorsi definiti "non necessari", ovvero quelle strade che, per morfologia o posizione, non vengono utilizzate, aumentando la percezione di insicurezza sul territorio.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Sviluppo in lunghezza delle strade interne all'isolato (m);
2. Sviluppo in lunghezza delle strade esterne all'isolato (m);
3. Superficie territoriale dell'area analizzata (m²).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Digitalizzazione e misurazione dello sviluppo lineare delle strade interne all'isolato (m);
2. Digitalizzazione e misurazione dello sviluppo lineare delle strade esterne all'isolato (m);
3. Digitalizzazione e misurazione della superficie territoriale dell'area analizzata (m²);
4. Calcolo della densità stradale (m/m²).

OBIETTIVO STRATEGICO:

Progettare la struttura fisica urbana: pianificare l'espansione urbana.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Si propone una nuova parametrizzazione per limitare l'occupazione del suolo, stabilendo un valore minimo di compattezza per ogni isolato, evitando la dispersione dell'edificato e il consumo del territorio.

1.4 INDICATORE	Rc =[superficie coperta (Sc) (m ²) / superficie territoriale (St) (m ²)]
RAPPORTO DI COPERTURA	

VALORE DI RIFERIMENTO: per Lorenteggio si considera adeguato un valore compreso tra il 25% e il 30 %.	
	Il rapporto di copertura mette in relazione la superficie coperta e la superficie territoriale, valutando il consumo di suolo esistente.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Mira ad evitare la dispersione dell'edificato sul territorio, aumentando la compattezza degli edifici. Il raggruppamento di più unità abitative in un unico volume compatto offre vantaggi economici, riduce l'uso del suolo, la superficie dell'involucro, il consumo di energia, il costo della mano d'opera e la quantità di materiali utilizzati. Per questo è necessario considerare un valore medio di rapporto di copertura per evitare sia il consumo di suolo (valore troppo basso), sia la dispersione di energia attraverso le superfici (valore troppo alto).

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Superficie coperta (m²);
2. Superficie fondiaria (m²).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Digitalizzazione della superficie coperta presente (m²);
2. Digitalizzazione della superficie fondiaria (m²);
3. Calcolo del rapporto di copertura (m²/m²).

OBIETTIVO STRATEGICO:

Progettare la struttura fisica urbana: pianificare l'espansione urbana.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Controllare l'altezza media degli edifici significa progettare la struttura del territorio, ovvero mantenere controllato l'impatto della struttura fisica del quartiere sul contesto.

1.5 INDICATORE	$Am = \left[\frac{\sum (\text{volume edificato (m}^3\text{)} / \text{superficie coperta (m}^2\text{)})}{n^{\circ} \text{edifici}} \right]$
ALTEZZA MEDIA EDIFICI	

VALORE DI RIFERIMENTO: per Lorenteggio è 11,15 m	
	Aiuta a mantenere controllato l'impatto del progetto sul contesto, mira ad evitare la creazione di un ghetto rendendo il quartiere troppo riconoscibile a livello morfologico.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Mira ad evitare la costruzione di edifici troppo alti o troppo bassi rispetto al contesto, si considera l'altezza media degli edifici presenti sulle aree circostanti per evitare la creazione di aree troppo riconoscibili morfologicamente.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Volume edificato (m³);
2. Superficie coperta (m²);
3. Numero edifici presenti sull'area analizzata.

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Calcolo del volume edificato presente nell'area analizzata;
2. Digitalizzazione e calcolo della superficie coperta presente sull'area analizzata;
3. Calcolo dell'altezza media degli edifici presenti sull'area analizzata.

OBIETTIVO STRATEGICO:

Progettare la struttura fisica urbana: pianificare l'espansione urbana.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Riunire in uno spazio limitato gli usi e le funzioni urbane. Potenziare quindi la probabilità di contatto, di comunicazione, di interscambio, elementi essenziali della città.

1.6 INDICATORE	$Cc = [\text{Volume edificato}(V_e)(m^3) / \text{Spazio pubblico attenuante}(Sp.a.)(m^2)]$
COMPATTEZZA CORRETTA	

VALORE DI RIFERIMENTO: $Cc > 0$	
	La compattezza corretta è un indicatore che corregge il valore di densità edilizia, presupponendo che una compattezza troppo elevata potrebbe causare effetti negativi per l'interesse della città. La sostituzione della superficie costruita con dello spazio pubblico attenuante, permette di conoscere, per una determinata area urbana, l'equilibrio tra lo spazio costruito e gli spazi liberi e di relazione.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

La compattezza corretta è un indicatore che corregge il valore di densità edilizia, considerando che essa non è sempre un vantaggio per la città, ma un valore troppo elevato di densità edilizia potrebbe danneggiare la città stessa. La sostituzione della superficie costruita con dello spazio pubblico attenuante permette di raggiungere, per una determinata area urbana, l'equilibrio tra lo spazio libero di relazione e quello costruito. La compattezza corretta misura la pressione che esercita l'area edificata sullo spazio pubblico attenuante. Si intende come spazio pubblico attenuante quello che, per le sue caratteristiche, è capace di favorire, in gradi differenti, le relazioni tra le persone e le relazioni del soggetto con le aree naturali (gli spazi verdi, di convivenza, di stazionamento). La compattezza corretta rappresenta l'altezza media dell'edificato distribuita unicamente sull'area dello spazio pubblico attenuante. Il modello razionale di densità edificatoria deve essere compensato con una superficie di convivenza di carattere pubblico: spazi verdi, piazze e marciapiedi, che interrompono l'effetto di densità, promuovendo d'altra parte le funzioni della vita cittadina relazionate al relax, al silenzio e al riposo.

L'indicatore mette in relazione due aspetti basilari dello spazio cittadino: le funzioni che caratterizzano gli aspetti lavorativi della vita quotidiana e le relazioni che avvengono nello spazio pubblico e di dominio comune: spazi di relazione tra i cittadini e la natura. Esso esprime la permeabilità del suolo urbano e, di conseguenza, dello spazio pubblico come fattore di decompressione. Si richiede quindi di stabilire il grado di disequilibrio a livello della città con la finalità di stabilire le strategie necessarie a ristabilire un equilibrio.

METODO DI CALCOLO**DATI NECESSARI:**

1. Organizzazione dello spazio secondo categorie determinate (m^2):
 - Spazi legati al transito veicolare:
 1. carreggiata;
 2. parcheggi;
 3. aiuole.
 - Spazi legati al transito pedonale (m^2):
 1. vie pedonali;

-
2. viali;
 3. passeggiate;
 4. ampi marciapiedi;
 5. marciapiedi stretti
- Aree pedonali dedicate allo svago (m²):
1. aree verdi;
 2. parchi e giardini più ampi di 10 ha;
 3. parchi e giardini di grandezza compresa tra 1 e 10 ha;
 4. parchi e giardini di grandezza compresa tra 5000 m² e 1 ha;
 5. parchi e giardini di grandezza compresa tra 1000 e 5000 m²;
 6. aree di stazionamento interni ai blocchi edificati;
 7. aree di sosta esterne ai blocchi edificati;
 8. passeggiate;
 9. grandi piazze;
 10. piccole piazze.

2. Superficie territoriale (m²).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Digitalizzazione della superficie di spazio pubblico (m²) e associazione del codice secondo le diverse tipologie. Delle categorie descritte in precedenza si considerano spazi attenuanti tutte quelle appartenenti alla categoria della circolazione pedonale (2) (escludendo i marciapiedi stretti) e alla categoria delle aree di sosta (3);
2. Digitalizzazione delle aree costruite e associazione del volume edificato (m³);
3. Calcolo del valore di compattezza corretta (Cc) (m³/m²).

OBIETTIVO STRATEGICO:

Progettare la struttura fisica urbana: pianificare l'espansione urbana.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Si propone di diminuire gli elementi che creano sensazioni di insicurezza, elementi quali muri senza finestre, alte palizzate, lotti occupati da parcheggi, elementi che diminuiscono la sorveglianza naturale sulla strada.

1.7 INDICATORE	$Se = \frac{\text{Fronti con affacci su strada (Fea) (m)}}{\text{Fronti su strada (Ft) (m)}} * 100$
FRONTI CON AFFACCI SU STRADA	

VALORE DI RIFERIMENTO: $Se \Rightarrow 100\%$;	
	L'indice di sorveglianza naturale su di una strada indica la sensazione della presenza costante di uno sguardo sullo spazio pubblico. Accresce la sensazione di sicurezza dei pedoni.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

La sorveglianza naturale dello spazio pubblico accresce il senso di sicurezza dei pedoni, grazie alla sensazione che ci sia "uno sguardo costante sulla strada". La mappa dei fronti e dei retro permette di capire quali sono i punti in cui la sorveglianza è facilitata dalla presenza di finestre, portoni e vetrine che affacciano direttamente sulla strada¹.

Si propone quindi un metodo di misura attuabile sia su di una situazione reale che in caso di progetti. L'indice si calcola tracciando una linea lungo ogni strada, che delimiti ciascun isolato presente nell'area di analisi. Successivamente si esegue un offset della linea stessa per eliminare alcune aree tampone (aree "buie", che si considererebbero come non continue, secondo le linee tracciate, ma che in realtà lo sono: ad esempio l'angolo di un edificio lungo la strada). L'offset considerato è ad una distanza di 8 metri dal fronte stradale (distanza massima dalla strada per considerare un fronte che possa determinare sorveglianza sulla strada). Dunque si misurano la lunghezza dei fronti stradali totali e si considerano le percentuali di fronti aperti sulla strada e di fronti identificati come retro. In questo modo si può identificare la potenziale sorveglianza naturale che si può creare su di un'area.

METODO DI CALCOLO**DATI NECESSARI:**

1. Metri lineari totali dei fronti su strada (m);
2. Metri lineari dei fronti con affacci sulla strada (m);

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Misura dei metri lineari totali di fronti su strada: ogni strada ha due fronti, per questo la sua lunghezza si considera due volte (m);
2. Misura dei metri lineari di fronti con affacci sulla strada (m);
3. Calcolare la percentuale della presenza dei due elementi (%), identificando la potenziale sorveglianza naturale sulla strada.

¹Sergio Porta, John Luciano Renne, *Linking urban design to sustainability: formal indicators of social urban sustainability field research in Perth*, Western Australia, 2005, URBAN DESIGN International 10, pp. 51-64, Palgrave Macmillan.

OBIETTIVO STRATEGICO:

Progettare la struttura fisica urbana: pianificare l'espansione urbana.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Diminuire gli spazi vuoti lungo i fronti stradali, che creano sensazioni di insicurezza, aumentando la continuità dei fronti e cercando di delineare chiaramente i limiti delle strade.

1.8 INDICATORE	$Cf = [\text{Fronti continui } (F_c)(m) / \text{Fronti totali } (F_t)(m)]^*$
FRONTI CONTINUI LUNGO LA STRADA	100

VALORE DI RIFERIMENTO: Cf =>100 %;	
	La continuità dei fronti sulla strada delimita chiaramente lo spazio pubblico rendendolo maggiormente accogliente rispetto ad uno spazio non segnato da fronti continui.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Questo indicatore misura la continuità dei fronti stradali. La continuità delle facciate su strada contribuisce a dare un senso di sicurezza definendo lo spazio pubblico; esso può essere letto come una componente che rende una maggiormente frequentata. Esamina i fronti degli edifici come una condizione per stabilire il rapporto che c'è tra spazio pubblico e spazio privato lungo la strada. Questo indicatore descrive la potenziale diversità del panorama urbano. Sergio Porta e Luciano Renne propongono², per calcolare questo indicatore, un metodo che utilizza immagini reali dell'area d'analisi: ossia tracciare, una linea a 3 metri d'altezza rispetto al terreno sull'area fotografata, successivamente disegnare una poli-linea per identificare le parti non continue dei fronti (aree vuote), comprese tra il terreno e la linea. Si propone altrimenti un metodo che possa essere utilizzato in caso di progetti, quindi si propone di tracciare una linea lungo ogni strada, che delimiti ciascun isolato presente nell'area di analisi. Successivamente si esegue un offset della linea stessa per eliminare le aree tampone (aree "buie", che si considererebbero come non continue, secondo le linee tracciate, ma che in realtà lo sono: ad esempio l'angolo di un edificio lungo la strada si considera come elemento di continuità). L'offset considerato è ad una distanza di 8 metri dal fronte stradale (distanza massima dalla strada per considerare un fronte continuo). Dunque si misurano la lunghezza dei fronti stradali totali e si considerano le percentuali di fronti continui e di fronti discontinui.

METODO DI CALCOLO**DATI NECESSARI:**

1. Metri lineari dei fronti totali che si affacciano su strada (m);
2. Metri lineari dei fronti continui, che si affacciano direttamente sulla strada (m);

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Digitalizzazione dei fronti stradali totali, ogni strada ha due fronti, per questo la sua lunghezza si considera due volte (m);
2. Eliminazione dei buffer mediante un offset (8 m) della linea tracciata in precedenza;
3. Misura dei metri lineari di fronti identificati come continui con la strada (m);
4. Calcolare la percentuale della presenza dei due elementi (%), identificando la continuità delle facciate con la strada.

²Sergio Porta, John Luciano Renne, *Linking urban design to sustainability: formal indicators of social urban sustainability field research in Perth, Western Australia*, 2005, URBAN DESIGN International 10, pp. 51-64, Palgrave Macmillan.

INDICATORI DI METABOLISMO URBANO

OBIETTIVO STRATEGICO:

Ridurre il consumo energetico provocato dagli interventi di demolizione, ricostruzione e manutenzione del patrimonio edilizio esistente.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Le nuove aree di urbanizzazione devono riuscire a conservare quanto più possibile il patrimonio edilizio esistente: le operazioni di demolizione e ricostruzione, sono particolarmente energivore e dispendiose.

2.1 INDICATORE	% Conservazione esistente (Ce)= Superficie lorda di pavimento conservata (SLP _c) (m ²)/Superficie lorda di pavimento totale esistente (SLP _{Tot})(m ³)
% DI CONSERVAZIONE DELL'ESISTENTE	
% Ce => 60%	
	Il calcolo della percentuale di conservazione definisce il grado di sensibilità del caso analizzato verso il tema della conservazione del patrimonio edilizio e quindi dell'energia inglobata nelle strutture.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Mira ad evitare lo spreco di energia e di materiali utilizzati per la demolizione e la ricostruzione di parti di città, ad assicurare la conservazione di buona parte dell'edilizia esistente. Questo perché, le nuove costruzioni passive richiedono un basso quantitativo di energia, ma indipendentemente da ciò, durante la loro costruzione richiedono una grande quantità di energia, dobbiamo quindi considerare che gli edifici esistenti sono "verdi" perché già esistono e permettono di risparmiare l'energia richiesta per un eventuale demolizione, per estrarre le materie prime, renderle materiale da costruzione, per il trasporto dei materiali in cantiere e ricostruire la struttura.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Superficie lorda di pavimento esistente;
2. Superficie lorda di pavimento conservata nel progetto.

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Misura della superficie lorda di pavimento totale;
2. Misura della superficie lorda di pavimento conservata;
3. Calcolo della percentuale di conservazione dell'esistente.

OBIETTIVO STRATEGICO:

Ridurre il consumo energetico degli edifici, che può essere influenzato non solo dai materiali utilizzati per la costruzione e dalla tipologia degli impianti, ma anche dalla loro forma.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Si cerca di ridurre la superficie dell'involucro esterno dell'edificio, per ridurre la quantità di superfici disperdenti a contatto con l'aria esterna.

2.2 INDICATORE	Si/Ve= Superficie involucro esterno (S_e) (m²)/Volume edificato (V_e)(m³)
RAPPORTO SUPERFICIE INVOLUCRO/VOLUME	

Si/Ve => 0	Il rapporto tra la superficie dell'involucro e volume rappresenta il fattore di forma dell'edificio, esso cambia con le dimensioni della costruzione, dipende dalla morfologia.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Mira ad evitare lo spreco di energia attraverso l'involucro dell'edificio, mira quindi a contenere la superficie disperdente a contatto con l'aria esterna. Il fattore di forma dell'edificio cambia con le dimensioni dello stesso, influenzando l'utilizzo di energia e riscaldamento.

METODO DI CALCOLO**DATI NECESSARI:**

1. Superficie dell'involucro esterno;
2. Volume edificato.

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Misura della superficie dell'involucro esterno;
2. Misura del volume edificato;
3. Calcolo del rapporto Superficie involucro/Volume.

OBIETTIVO STRATEGICO:

Aumentare l'apporto di energia passiva mediante l'orientamento corretto degli edifici.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Se la morfologia urbana riesce a garantire un buon orientamento degli edifici con una buona quantità di superfici dell'involucro rivolte a sud, è possibile garantire un risparmio energetico grazie agli apporti energetici passivi dati dal sole.

2.3 INDICATORE	% S_{vs} = Superfici verticali orientate a sud (S _{vs}) (m ²)/ Superfici verticali (S _v)(m ²)
SUPERFICI VERTICALI ORIENTATE A SUD	

	Il calcolo della quantità di superfici esposte a sud rappresenta le possibilità di risparmiare energia sfruttando gli apporti di calore dati dai raggi solari.
--	--

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Mira ad aumentare il guadagno di calore e di energia mediante le superfici dell'involucro, che, esposte correttamente, possono garantire un buon risparmio energetico, sfruttando il calore solare.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Superfici dell'involucro esposte a sud;
2. Superficie totale dell'involucro.

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Misura delle superfici dell'involucro;
2. Misura delle superfici esposte a sud;
3. Calcolo della percentuale di superfici dell'involucro esposte a sud.

INDICATORI DI COMFORT URBANO

OBIETTIVO STRATEGICO:

Aumentare l'apporto di energia passiva mediante l'orientamento corretto degli edifici.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Se la morfologia urbana riesce a garantire un buon orientamento degli edifici con una buona quantità di superfici dell'involucro rivolte a sud, è possibile garantire un risparmio energetico grazie agli apporti energetici passivi dati dal sole.

2.4 INDICATORE	% S_{vs-e}/S_v = Superfici verticali orientate a sud (S_{vs-e}) (m ²) / Superfici verticali (S_v) (m ²)
SUPERFICI VERTICALI ORIENTATE DA SUD-EST A SUD-OVEST	

	Il calcolo della quantità di superfici orientate da sud-est a sud-ovest rappresenta le possibilità di risparmiare energia sfruttando gli apporti di calore dati dai raggi solari.
--	---

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

La misura delle superfici verticali orientate da sud-est a sud-ovest rappresenta una misura assimilabile alla precedente (2.3 Superfici verticali orientate a sud), ma leggermente ampliata considerando il percorso solare e il fatto che anche le superfici non perfettamente esposte a sud possono garantire un guadagno grazie ai raggi solari. Anche questa misura mira a misurare il possibile guadagno di calore e si energia mediante le superfici dell'involucro, che, esposte correttamente, possono garantire un buon risparmio energetico, sfruttando il calore solare.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Superfici dell'involucro esposte a sud;
2. Superficie totale dell'involucro.

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Misura delle superfici dell'involucro;
2. Misura delle superfici esposte a sud;
3. Calcolo della percentuale di superfici dell'involucro esposte a sud.

OBIETTIVO STRATEGICO:

Ridurre il consumo energetico dettato dalla forma degli edifici, garantendo che una buona

porzione degli edifici possa usufruire dei guadagni energetici passivi dovuti alla luce e al calore solare.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Gli edifici devono essere progettati in modo adeguato per poter garantire lo sfruttamento della luce e del calore solare attraverso le pareti e le vetrate. Le sezioni dell'edificio non devono essere troppo profonde per poter garantire lo sfruttamento passivo dell'energia.

2.5 INDICATORE	Zone passive (Z_p)= Superfici passive (S_p)/Superfici non passive (S_{np})
RAPPORTO ZONE PASSIVE/ NON PASSIVE	

$Z_p \Rightarrow 100\%$	
	Quantificare le zone passive interne agli edifici evidenzia la possibilità di poter diminuire la domanda energetica per luce e riscaldamento.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Mira ad evitare lo spreco di energia mediante un'adeguata progettazione della morfologia degli edifici, progettando edifici con sezioni non troppo profonde, ad esempio si considerano zone passive³, ovvero che sfruttano la luce e il calore solare, quelle contigue alla facciata, fino ad una distanza doppia rispetto all'altezza interpiano. Si considera come per garantire un comfort interno queste zone non richiedano necessariamente l'utilizzo di luce elettrica e riscaldamento, come le zone più interne.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Superfici passive
2. Superfici non passive.

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Misura delle superfici passive;
2. Misura delle superfici non passive
3. Calcolo del rapporto esistente tra superfici passive e non passive.

³Le zone passive sono aree caratterizzate da un fabbisogno energetico e di illuminazione talmente basso, che il calore e la luce forniti dagli apporti solari possono soddisfarne la domanda, le zone non-passive, al contrario, sono aree che richiedono l'utilizzo di energia proveniente da fonti artificiali per soddisfare il loro fabbisogno energetico.

OBIETTIVO STRATEGICO:

Analizzare la performance ambientale urbana per progettare la forma urbana in modo ambientale.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Uno degli indici semplificati che consente di porre in relazione la forma del costruito con il processo di generazione dell'isola di calore urbana è il "fattore di vista del cielo", identifica le aree negli ambienti aperti che possono essere ricondotte al fenomeno dell'isola di calore urbana, dipendenti in parte dalla geometria urbana che intrappola le radiazioni entranti sulla città e in parte dall'impiego di materiali urbani altamente assorbenti. Il controllo del microclima in città pone direttamente in relazione le variabili ambientali con la vita sociale degli abitanti, poiché un ambiente aperto confortevole e in grado di agevolare la permanenza delle persone è altresì un luogo di potenziale socialità e di produttività.

3.1 INDICATORE	Fattore di vista del cielo =[Area di analisi (A_a)(m^2)-Area ostruita dalle coperture(S_o) (m^2)]
FATTORE DI VISTA DEL CIELO	

	Il calcolo del fattore di vista del cielo è indipendente dal percorso solare in quanto il suo valore è puramente dipendente dalla geometria urbana.
--	---

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Il fattore di vista del cielo è calcolabile su ogni punto dello spazio aperto e per una porzione sufficientemente estesa di territorio urbano. Questo indice, infatti, esprime la porzione di cielo visibile da ogni punto dello spazio ed è direttamente correlabile alla capacità del suolo di riflettere verso il cielo il calore accumulato durante la giornata, restituendo cioè un modello semplificato per descrivere l'isola di calore urbana.

DATI NECESSARI:

1. Punto di calcolo;
2. Planimetria del costruito e degli elementi di ostruzione (m^2);
3. Modello 3D;
4. Area di analisi (m^2).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Costruzione del modello digitale 3D;
2. Esportazione del modello cad in 3D Studio Max;
3. Costruzione del Digital Elevation Model in 3D Studio Max;
4. Image processing di matrici mediante il programma Matlab.

OBIETTIVO STRATEGICO:

L'analisi della performance ambientale urbana e la corretta progettazione ambientale della forma urbana.

LINEA DI ATTUAZIONE:

La mappatura delle aree verdi a terra consente di porre in relazione la forma del costruito con il processo di generazione dell'isola di calore urbana, identificando le aree verdi negli ambienti aperti che causano l'evapo-traspirazione. Il controllo del microclima in città pone direttamente in relazione le variabili ambientali con la vita sociale degli abitanti, poiché un ambiente aperto confortevole e in grado di agevolare la permanenza delle persone è un luogo di potenziale socialità e di produttività.

3.2 INDICATORE	Aree verdi a terra = [aree verdi a terra (Av) (m ²)/superficie territoriale (St) (m ²)]
AREE VERDI A TERRA	

	Calcola la forma, la posizione e la grandezza delle aree verdi presenti sull'isolato urbano in questione.
--	---

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Considerare i materiali urbani naturali, la cui presenza dipende dall'azione progettuale, e dalla geometria della forma urbana un altro passaggio fondamentale perché permette di identificare quelle aree che possono influenzare l'isola di calore urbana. Dal calcolo e dalla sovrapposizione dei diversi indici si ricava la mappa delle criticità indicante i diversi gradi di rischio rispetto al generarsi del fenomeno dell'isola di calore urbana. La scala delle criticità consente di indirizzare e programmare le operazioni di manutenzione atte al miglioramento delle condizioni ambientali degli spazi aperti.

DATI NECESSARI:

1. Planimetria delle aree verdi a terra (m²);
2. Modello 3D;
3. Maglia di riferimento.

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Costruzione del modello digitale 3D;
2. Esportazione del modello cad in 3D Studio Max;
3. Costruzione del Digital Elevation Model in 3D Studio Max;
4. Realizzazione di una "maschera", planimetria delle aree verdi a terra;
5. Image processing di matrici mediante il programma Matlab.

OBIETTIVO STRATEGICO:

L'analisi della performance ambientale urbana e la corretta progettazione ambientale della forma urbana.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Calcolare i m² di ombra all'ora generati sugli spazi aperti significa stimare l'accessibilità solare, quantificando le zone d'ombra generate dal layout degli edifici sugli spazi aperti e sulle superfici urbane; rendendo possibile ottimizzare l'accessibilità solare non solo degli interventi di nuova costruzione, ma anche garantendo l'irraggiamento solare degli edifici esistenti interessati dalla presenza di nuovi volumi urbani.

3.3 INDICATORE	% ombra all'ora= [(superficie ombra (So)(m2)/Spazi aperti(Sa))%/ora (h)]
% DI OMBRA ALL'ORA GENERATA SUGLI SPAZI APERTI	

	Calcola l'effettivo irraggiamento solare captato dalle superfici urbane.
--	--

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Si calcola l'effettivo irraggiamento solare captato dalle superfici urbane, dando un'accezione energetica al concetto originario delle *solar envelope*, superfici solari tridimensionali da sovrapporre a un'area edificabile con la peculiarità di non ostruire per più di *n* ore l'incidenza solare sui siti adiacenti⁴; si tratta cioè di superfici dettate dal percorso solare reale e che consentono di superare i limiti delle norme basate sugli angoli di ostruzione contenute nei tradizionali regolamenti edilizi. Compiere questa analisi è possibile qualora, oltre al percorso solare, si conosca anche l'effettiva radiazione solare incidente (diretta e diffusa) calcolata e ripartita sulla volta celeste per la località in esame⁵.

DATI NECESSARI:

1. Modello 3D;
2. Percorso solare reale;
3. Effettiva radiazione solare incidente (diretta e diffusa);
4. Solar envelope;
5. Area di analisi.

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Costruzione del modello digitale 3D;
2. Esportazione del modello cad in 3D Studio Max;
3. Costruzione del Digital Elevation Model in 3D Studio Max;
4. Image processing di matrici mediante il programma Matlab.

⁴Ralph L. Knowles, 1981-2003

⁵Morello, Ratti, 2005

OBIETTIVO STRATEGICO:

L'analisi della performance ambientale urbana e la corretta progettazione ambientale della forma urbana.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Uno strumento di analisi e progettazione che mira a calcolare l'accessibilità solare, quantificando le zone d'ombra generate dal layout degli edifici sugli spazi aperti e sulle superfici urbane. Da sempre le città sono state plasmate in funzione dell'accesso solare degli edifici. Le geometrie delle maglie stradali sono dettate da precise regole per permettere al maggior numero di superfici urbane di poter beneficiare o proteggersi dalla primaria fonte energetica passiva in architettura, ovvero il sole.

3.4 INDICATORE	% spazi aperti
% DI SPAZI APERTI PERMANENTEMENTE IN OMBRA	permanentemente in ombra= [superficie spazi permanentemente in ombra (So)(m ²)/superficie spazi aperti (Sa)(m ²)]*100

	Calcola la percentuale delle zone permanentemente in ombra.
--	---

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Si calcola l'effettivo irraggiamento solare captato dalle superfici urbane, in questo modo si possono identificare le aree in ombra durante tutto l'arco della giornata, fattore influenza l'utilizzo degli spazi aperti urbani, che verranno utilizzati prevalentemente durante il periodo estivo.

DATI NECESSARI:

1. Modello 3D;
2. Percorso solare reale;
3. Effettiva radiazione solare incidente (diretta e diffusa);
4. Solar envelope;
5. Maglia di riferimento.

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Costruzione del modello digitale 3D;
2. Esportazione del modello cad in 3D Studio Max;
3. Costruzione del Digital Elevation Model in 3D Studio Max;
4. Image processing di matrici mediante il programma Matlab.

INDICATORI DEL SISTEMA ECOLOGICO

OBIETTIVO STRATEGICO:

Garantire l'accesso dei cittadini agli spazi verdi, minimizzandone l'impatto sulla sistema ecologico limitando il proliferare delle aree impermeabilizzate.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Favorire l'inserimento dei cittadini negli elementi naturali: aumento delle superfici verdi, diminuendo la quantità di superficie impermeabilizzata.

4.1 INDICATORE	Permeabilità = $S(\text{Fattore tipo di superficie (Ft)} \times \text{A tipo di superficie (At)}(\text{m}^2) / \text{A totale di riferimento (m}^2) (*)] \times 100$
PERMEABILITA'	
	L'indice di permeabilità indica la relazione tra le superfici funzionalmente significative all'interno per il ciclo naturale di un'area e la superficie totale dell'area di riferimento.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

La costruzione di una città coinvolge l'impermeabilizzazione di buona parte del territorio che viene urbanizzato, ciò implica una restrizione drastica della possibilità di proliferazione della vita vegetale e della grande quantità degli organismi indipendenti, oltre alle conseguenze che crea al microclima e al comfort urbano, alle isole di calore e al ciclo idrico. Questo indice si propone di misurare il livello di urbanizzazione e dell'impatto che essa ha sul territorio occupato. Per questo sembra ragionevole per sviluppare modelli di sviluppo a basso impatto costruire i nuovi ampliamenti urbani evitando le costruzioni massive, l'impermeabilizzazione del suolo.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Classificazione del suolo secondo le seguenti categorie: suolo con superficie permeabile: aree che mantengono le loro funzioni naturali. Sono quindi superfici che dispongono di vegetazione o che offrono le condizioni perché questa si possa sviluppare; in questa categoria si possono inglobare gli spazi urbanizzati con superfici permeabili morbide, o di tipo disgiunto, come la ghiaia, la sabbia o la terra vulcanica; suolo con superficie semipermeabile: superfici che inizialmente avevano caratteristiche naturali e che le mantengono parzialmente. Aree coperte da superfici permeabili (morbide o dure) che permettono infiltrazioni d'acqua verso la falda freatica del sottosuolo e che facilitano lo scambio di gas tra la terra e l'atmosfera (piazze di pietra naturale, finiture, etc.); suolo con superfici impermeabili non edificate: superfici pavimentate in cui il suolo ha perso completamente la sua funzione naturale. Corrispondono anche a superfici naturali come i viali urbani; suolo con superfici impermeabili edificate: superfici non suscettibili alla ri-naturalizzazione del suolo, posto che non ne è permessa la riapertura.
2. Indici di riferimento per ciascun tipo di superficie.
3. Area di analisi (m²).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Digitalizzazione degli spazi secondo il grado di permeabilità;
2. Consultazione della somma totale delle aree secondo le diverse categorie;
3. Mettere in relazione l'indice di permeabilità secondo una maglia di riferimento.

OBIETTIVO STRATEGICO:

Garantire l'accesso dei cittadini agli spazi verdi, prevedendo una area minima di verde pro-capite.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Favorire l'inserimento dei cittadini negli elementi naturali: aumento delle superfici verdi, creazione di aree verdi pubbliche per assicurare l'esistenza di aree di svago.

4.2 INDICATORE	Spazio verde pubblico =[spazio verde pubblico(Svp)(m ²)/numero di persone(n°)]		
DOTAZIONE DI SPAZIO VERDE PUBBLICO PER PERSONA			
<table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> </table>			
	E' necessario garantire un'area minima di verde pubblico per abitante. L'esistenza di queste aree all'interno degli isolati deve essere integrata alle aree costruite e deve rappresentare un'opportunità per la popolazione che li abita.		

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Le aree verdi agiscono come elementi attenuanti sulle aree edificate. Mettere in rapporto lo spazio verde al numero di abitanti significa assicurarsi che queste aree siano davvero sufficienti a servire la popolazione e che siano anche utilizzate e non abbandonate al degrado.

La disposizione degli spazi verdi e della vegetazione all'interno degli isolati deve considerare quindi anche la distribuzione della popolazione sul territorio in modo da mantenere un equilibrio nell'utilizzo reale degli spazi.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI

1. Identificazione delle aree verdi (m²);
2. Numero di persone presenti nell'area di riferimento (n);
3. Area di analisi (m²).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Digitalizzazione della superficie degli spazi verdi nell'area di riferimento (m²);
2. Identificazione della quantità di persone che utilizzano quello spazio (n);
3. Calcolo del rapporto tra verde pubblico e numero di abitanti (m²/n).

OBIETTIVO STRATEGICO:

Assegnare una superficie alberata idonea in funzione delle condizioni proprie della trama urbana. Si intende per superficie alberata la parte di superficie coperta dalla proiezione verticale delle chiome degli alberi.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Analizzare le condizioni proprie del tessuto urbano per poi determinare il livello di vegetazione auspicabile.

4.3 INDICATORE	Dotazione alberi = numero di alberi(n)/ superficie costruita(m ²)
DOTAZIONE DI ALBERI NELLO SPAZIO	
PUBBLICO PER SUPERFICIE COSTRUITA	

	Se si costruiscono nuovi quartieri, si deve rappresentare la matrice biofisica del territorio ed evitare l'abbattimento degli alberi, conservando le aree alberate, soprattutto quelle di particolare bellezza e dimensione. Il numero di alberi che si innesta non dovrà essere minore rispetto al numero di alberi originali nell'area d'intervento. E' utile la creazione di un'organismo specifico che gestisca il patrimonio arboreo urbano (elaborazione di cataloghi completi degli spazi verdi di interesse, inserimento di alberi nella rete verde).
--	---

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Il modo più efficiente di valutare la relazione tra il verde e la popolazione è quello di stabilire il quoziente tra la superficie alberata e quella costruita.

Il valore che si ottiene a partire da questo indicatore varia in funzione delle condizioni del tessuto urbano. E' impensabile ottenere valori simili in tessuti urbani di caratteristiche diverse, cioè in nucleo urbano tradizionale e compatto o in un tessuto di abitazioni unifamiliari. Per questo si devono determinare inizialmente le tipologie distinte del tessuto urbano. I diversi tessuti urbani tenderanno ad avere associata alla loro natura una determinata densità di vegetazione (alberi/m²), che varierà in funzione dell'uso del suolo.

METODO DI CALCOLO**DATI NECESSARI:**

1. Trama delle aree di riferimento;
2. Spazi verdi (m²);
3. Area di analisi (m²).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Conteggio degli alberi presenti sull'area di analisi (n);
2. Calcolo della superficie costruita (m²);
3. Calcolo della dotazione di alberi nello spazio pubblico (n/m²).

OBIETTIVO STRATEGICO:

Creare e valorizzare l'esistenza di una rete di viali alberati all'interno del tessuto urbano.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Stabilire una continuità del verde urbano, consentendo l'integrazione delle diverse componenti vegetali presenti.

4.4 INDICATORE	Viali alberati = [lunghezza dei corridoi verdi (Lc) (m)/ lunghezza delle sezioni stradali (Ls) (m)] x 100(*)
VIALI ALBERATI	

Va=>20%	I viali alberati sono spazi di relazione che promuovono l'interscambio tra le persone e gli organismi che formano l'ecosistema urbano. Il concetto base è quello di creare una rete che permetta la comunicazione dei cittadini attraverso la sequenza di spazi pubblici di qualità.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

I viali alberati per le loro caratteristiche ambientali permettono di mettere in contatto due aree naturali che in altro modo sarebbero distinte ed indipendenti. Le connessioni tra aree diverse e divise contribuiscono a creare connessioni per l'ecosistema che, isolato, rischierebbe il degrado. La rete verde urbana si conforma secondo due tipi di connessioni, quelle che connettono a livello metropolitano e quelle che corrono all'interno dell'ambito urbano. Le funzioni principali che ha una rete di corridoi verdi urbani, includono:

1. L'incremento della biodiversità;
2. L'aumento della permeabilità del suolo;
3. Mitigazione dell'effetto dell'"isola di calore urbana";
4. Miglioramento dell'accessibilità delle persone allo spazio pubblico;
5. Potenziamento della rete di mobilità alternativa (in particolare la bicicletta).

Per definire i corridoi verdi si devono considerare, come elementi di base, le analisi della morfologia urbana e della qualità dello spazio pubblico, la rete verde potenzialmente esistente, la rete della mobilità.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Aree verdi pubbliche (parchi, giardini, piazze, etc.) (m²);
2. Aree di verde privato (m²);
3. Sviluppo longitudinale delle strade identificate come corridoio verde (m);
4. Sviluppo longitudinale totale delle strade (m).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Digitalizzazione delle aree di verde pubblico e privato (m²);
2. Digitalizzazione delle strade alberate presenti in città (m);
3. Digitalizzazione della rete stradale (m);
4. Calcolo dello sviluppo dei corridoi verdi (%).

OBIETTIVO STRATEGICO:

Conservare il metabolismo energetico dei sistemi vegetali per evitare la dispersione e la perdita degli ecosistemi naturali.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Prevedere la conservazione di aree verdi e di superfici permeabili per garantire il mantenimento e la protezione degli ecosistemi esistenti.

4.5 INDICATORE	Metabolismo energetico dei sistemi vegetali = $[\sum i(\text{superficie}_i (S_i) (m^2) \times \text{indice di metabolismo}(I_{met})) / \text{superficie territoriale}(St)(m^2)]$
METABOLISMO ENERGETICO DEI SISTEMI VEGETALI	$i = \text{tipo di copertura del suolo}$

	La conservazione del metabolismo energetico dei sistemi vegetali deve essere un obiettivo fondamentale della progettazione, le nuove costruzioni non devono distruggere gli ecosistemi esistenti, ma garantire la conservazione del loro potenziale energetico.
--	---

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

L'indice di metabolismo energetico dei sistemi vegetali rappresenta la capacità di un ecosistema di conservare e massimizzare l'impiego dell'energia, in grado di individuare le evoluzioni/involuzioni del paesaggio in relazione al grado di conservazione, recupero o trasformazione del mosaico ambientale.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Identificazione delle distinte tipologie di copertura del suolo;
2. Identificazione degli indici di metabolismo associati alle diverse tipologie di copertura del suolo;
3. Area analizzata (m²).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Digitalizzazione delle aree delle diverse tipologie di suolo;
2. Associazione degli indici di metabolismo;
3. Identificazione della area di analisi;
4. Calcolo della metabolismo energetico dei sistemi vegetali.

OBIETTIVO STRATEGICO:

Garantire l'accesso dei cittadini agli spazi verdi, minimizzandone l'impatto sulla biodiversità.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Conservazione della biodiversità, messa a rischio dai cambiamenti effettuati ad opera dell'uomo sul territorio.

4.6 INDICATORE	Bio-diversità = $[\sum_i (\text{superficie}_i (S_i) (m^2) \times \text{indice di bio-diversità}_i(\text{biod}_i)) / \text{superficie territoriale}(St)(m^2)]$ <i>i</i> = tipo di copertura del suolo
BIODIVERSITA'	

	Una delle principali minacce per la sopravvivenza di molte specie è l'alterazione, la perdita e la frammentazione dei loro habitat causata dai profondi cambiamenti del territorio condotti ad opera dell'uomo come conseguenza dell'esplosione demografica, dello sviluppo industriale, dell'estensione della rete dei trasporti e dell'industrializzazione dell'agricoltura. E' necessario quindi preservare la biodiversità dall'opera dell'uomo.
--	--

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Per biodiversità si intende l'insieme di tutte le forme viventi geneticamente differenti e degli ecosistemi ad esse correlati. Implica tutta la variabilità biologica: di geni, specie, habitat ed ecosistemi. Le risorse genetiche sono considerate una componente della biodiversità. La biodiversità costituisce la struttura degli ecosistemi e l'insieme dei rapporti funzionali alla base del loro funzionamento e della loro capacità di auto sostentarsi e perpetuarsi. Una delle principali minacce per la sopravvivenza di molte specie è l'alterazione, la perdita e la frammentazione dei loro habitat causata dai profondi cambiamenti del territorio condotti ad opera dell'uomo dopo l'esplosione demografica, lo sviluppo industriale, l'estensione della rete dei trasporti e dell'industrializzazione dell'agricoltura.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Identificazione delle distinte tipologie di copertura del suolo;
2. Identificazione degli indici di bio-diversità associati alle diverse tipologie di copertura del suolo;
3. Area di analisi.

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Digitalizzazione delle aree delle diverse tipologie di suolo (m²);
2. Associazione degli indici di biodiversità;
3. Identificazione dell'area di analisi;
4. Calcolo della biodiversità.

INDICATORI DI ACCESSIBILITA'

OBIETTIVO STRATEGICO:

Garantire la mobilità sostenibile favorendo i pedoni e le biciclette nelle aree urbane.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Favorire la leggibilità del tessuto urbano, rendendolo maggiormente coerente in modo che le aree pubbliche e quelle private siano identificate dalla morfologia urbana.

5.1 INDICATORE	Aree di transizione pubblico-privato = (numero aree transizione pubblico-privato connesse/ numero aree transizione-pubblico-privato totali)*100
AREE DI TRANSIZIONE PUBBLICO-PRIVATO	

Aree transizione pubblico-privato connesse => 100%	
	L'identificazione delle aree di transizione pubblico-privato aiuta ad immaginare quali possono essere gli spostamenti della popolazione.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Si può eseguire una mappatura delle aree pubbliche e di quelle private identificando le zone in cui la popolazione può muoversi liberamente o meno (le aree a cui le persone possono avere accesso 24 H al giorno)⁶. Le aree di pubblico dominio sono zone in cui gli individui possono andare in ogni momento, esse includono parchi pubblici, spazi aperti, strade e marciapiedi, parcheggi pubblici, ecc. Mappare queste aree significa dare un'indicazione su quanto una zona sia leggibile in termini di coerenza e di forma urbana (sapere quanto sia chiaro dove una persona può muoversi liberamente nel tessuto urbano). Si propone altrimenti un'analisi della distribuzione delle aree di transizione pubblico-privato: si analizza cioè la relazione che esiste tra le diverse aree, infatti la distribuzione ideale delle aree pubbliche e private presenta sempre un'area filtro, di transizione tra spazio pubblico e spazio privato. Esistono quindi diversi tipi di aree di transizione tra pubblico e privato: connesse 2 volte (area pubblica, area privata); non connesse (connesse o con spazio pubblico o con spazio privato). Si propone quindi una misura percentuale della presenza di questi spazi di transizione pubblico-privato che rendono maggiormente leggibile un'area in termini di morfologia urbana.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Distribuzione delle aree private;
2. Distribuzione delle aree pubbliche;
3. Numero aree di transizione pubblico-privato connesse;
4. Numero aree di transizione pubblico-privato non connesse;

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Identificazione dell'area di analisi;
2. Identificazione delle aree private presenti sull'area d'analisi;
3. Identificazione delle aree pubbliche presenti sull'area d'analisi;
4. Conteggio delle aree di transizione pubblico-privato connesse presenti sull'area di analisi;
5. Conteggio delle aree di transizione pubblico-privato non connesse presenti sull'area di analisi;

⁶Sergio Porta, John Luciano Renne, *Linking urban design to sustainability: formal indicators of social urban sustainability field research in Perth, Western Australia*, 2005, URBAN DESIGN International 10, pp. 51-64, Palgrave Macmillan.

6. Calcolo della percentuale di aree di transizione pubblico-privato connesse.

OBIETTIVO STRATEGICO:

Favorire l'accessibilità spaziale al trasporto pubblico.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Accesso ciclabile o pedonale alla rete del trasporto pubblico di superficie. Calcolare la necessità di fermate del trasporto a seconda della domanda, a seconda della distribuzione della popolazione, e della distribuzione dei punti di attrazione della città.

5.2 INDICATORE	Accessibilità trasporto pubblico (Acc_{ts})=
ACCESSIBILITA' FERMATE DEL TRASPORTO PUBBLICO	[area servita dal trasporto pubblico (Ats) (m ²) / superficie di riferimento (Stot)(m ²)]*100

Garantire l'accesso alle fermate del trasporto pubblico ad una distanza non superiore ai 400 m da qualunque punto della città (Ai= 400m= 1' in bicicletta= 5' a piedi).	
	Garantire da ogni punto della città l'accesso alle fermate del trasporto pubblico ad una distanza non superiore a 400 m.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

L'accessibilità alle fermate del trasporto pubblico di superficie restituisce un'informazione di dove si situa la rete dei trasporti in relazione alla distribuzione della popolazione. Garantendo l'accesso a piedi o in bicicletta alle fermate del trasporto pubblico si aiuta lo sviluppo di una mobilità sostenibile, all'interno di una città caratterizzata da "brevi distanze".

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Tracciato della rete del trasporto pubblico di superficie;
2. Raggio d'influenza delle fermate (m);
3. Area d'analisi (m²).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Identificazione dell'area d'analisi (m²);
2. Identificazione delle fermate del trasporto pubblico di superficie;
3. Identificazione dell'area d'influenza delle fermate (m²);
4. Identificazione dell'area di analisi coperta dal servizio (m²);
5. Calcolo dell'accessibilità al trasporto pubblico (%).

OBIETTIVO STRATEGICO:

Favorire l'uso della bicicletta come mezzo di movimento urbano.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Favorire l'accessibilità alla rete delle piste ciclabili urbane. Disegnare una rete di qualità che sia accessibile secondo tempi e distanze a tutta la cittadinanza e da qualunque punto della città. In questo modo si cerca di affermare la bicicletta come mezzo di spostamento urbano.

5.3 INDICATORE	Accessibilità rete ciclabile (Acc_c) = [area servita dalla rete delle piste ciclabili (A_c)(m^2) / superficie di riferimento (S)(m^2)] * 100
ACCESSIBILITA' ALLA RETE DI PISTE CICLABILI	

Garantire l'accesso alle piste ciclabili ad una distanza non superiore ai 400 m da qualunque punto della città ($A_i = 400m = 1'$ in bicicletta = 5' a piedi).	
	Garantire da ogni punto della città l'accesso alla rete delle piste ciclabili ad una distanza non superiore a 400 m. Costruire una rete di piste ciclabili protetta dal traffico.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

L'accessibilità alla rete delle piste ciclabili permette di valutare la prossimità della rete alla popolazione, situata in una determinata area urbana. Si considera un livello di accessibilità accettabile quello che permette alla popolazione di raggiungere la rete in un tempo compreso tra 1 e 5 minuti. Questa tempistica d'accesso si traduce in un ambito di influenza di 400 m, accessibilità che deve essere garantita anche per le attrezzature che completano la rete, come i punti di stazionamento, i servizi destinati alle biciclette, ecc.

METODO DI CALCOLO**DATI NECESSARI:**

1. Tracciato della rete delle piste ciclabili;
2. Area d'influenza della rete delle piste ciclabili (m^2);
3. Area d'analisi (m^2).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Identificazione dell'area d'analisi (m^2);
2. Identificazione della rete delle piste ciclabili;
3. Identificazione dell'area d'influenza delle piste ciclabili (m^2);
4. Identificazione dell'area di analisi coperta dal servizio (m^2);
5. Calcolo dell'accessibilità al trasporto pubblico (%).

OBIETTIVO STRATEGICO:

Politica di mobilità sostenibile, in coerenza con un minor uso dell'automobile.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Progettare gli spazi riservati al parcheggio a livello stradale. Si redigono piani di mobilità nei piani urbanistici (sia all'interno dei nuovi tessuti urbani che in quelli esistenti), calcolando la richiesta di parcheggi necessari a seconda delle previsioni di mobilità dei piani.

5.4 INDICATORE	Parcheggi necessari a bordo strada (P)=
PARCHEGGI SITUATI A BORDO STRADA	numero famiglie (n°f) / 4

Si considera necessario 1 parcheggio ogni 4 famiglie	
	Deve essere soddisfatta la domanda di piazzole di posteggio sia da parte dei residenti che da parte dei visitatori esterni.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Un numero limitato di piazzole di posteggio è necessario per rispondere alla domanda sia dei residenti che delle persone che utilizzano la zona in questione. Il numero di riferimento è di 1 parcheggio ogni 4 famiglie per incentivare la mobilità sostenibile ed il car-sharing. I parcheggi dovrebbero essere posizionati, se possibile, all'esterno degli isolati, lungo le strade principali per mantenere la mobilità a piedi e in bicicletta all'interno dei quartieri.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Area di analisi (m²);
2. Numero di famiglie (n°);
3. Numero di parcheggi necessari (n°).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Identificare l'area di analisi (m²);
2. Identificare il numero di famiglie presenti (n°);
3. Calcolare il numero di parcheggi necessari (n°).

OBIETTIVO STRATEGICO:

Garantire l'accesso dei cittadini agli spazi naturali, minimizzando l'impatto sulla biodiversità.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Favorire l'avvicinamento dei cittadini agli spazi naturali mediante un aumento delle superfici verdi, la creazione di corridoi verdi, lungo i corsi d'acqua o i viali alberati, l'aumento delle zone d'acqua.

5.5 INDICATORE	Accessibilità spazi verdi (Acc_v) = [area servita dall'area verde(A _v)(m ²)/superficie di riferimento (S) (m ²)]*100
ACCESSIBILITA' DEI CITTADINI AGLI SPAZI VERDI	
<p>Accessibilità ad uno spazio verde>1000 m² A_i<200 m (spostamento a piedi di tipo quotidiano). Accessibilità ad uno spazio verde>5000 m² A_i<750 m (spostamento a piedi di carattere non quotidiano). Accessibilità ad uno spazio verde<1ha e ad un corridoio verde ad una A_i<2 km (spostamento in bicicletta). Accessibilità ad uno spazio verde>10 ha ad una dist<4 km (spostamento mediante trasporto pubblico).</p>	
<p>Creazione di una rete di spazi verdi liberi e gratuiti per tutti i cittadini.</p>	

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Si progetta una pianificazione vincolata ai valori paesaggistici ed ecologici della città, un'ordinazione di carattere integrale ed integrante dei diversi spazi verdi. La vicinanza della popolazione agli spazi verdi è un parametro che valuta la qualità degli stessi, perché in questo modo si verifica come la popolazione possa usufruire degli spazi stessi. L'obiettivo da raggiungere è che tutti i cittadini possano raggiungere uno spazio verde ad una distanza inferiore di 5 minuti a piedi.

L'interconnessione dei parchi, dei giardini e degli spazi verdi interstiziali conformano una rete verde integrale che suppone un'aumento della biodiversità e della qualità dello spazio pubblico.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Area di analisi (m²);
2. Area dello spazio verde (m²);
3. Raggio d'influenza dello spazio verde (m);
4. Area servita dallo spazio verde (m²).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Identificazione dell'area di analisi (m²);
2. Identificazione dell'area dello spazio verde (m²);
3. Identificazione dell'area servita dallo spazio verde (m²);
4. Calcolo dell'accessibilità degli verdi pubblici all'interno dell'area di analisi (%).

OBIETTIVO STRATEGICO:

Garantire una buona connettività stradale, elemento fondamentale per la buona progettazione urbana; infatti una rete di strade ben connessa si comporta meglio ai fini della mobilità sostenibile favorendo i pedoni e le biciclette nelle aree urbane.

LINEA DI ATTUAZIONE:

La connettività urbana è una componente chiave per un buon urban design. Un network stradale ben connesso è più performante a livello di mobilità sostenibile e promuove la mobilità a piedi e in bicicletta. Infatti una griglia stradale ben connessa offre più opportunità di interazione sociale, riduce la domanda di spostamento, in quanto ogni cosa è raggiungibile in meno tempo.

5.6 INDICATORE	Indice di connessione (g) = numero delle connessioni (e)/3* (numero dei nodi (n) – 2)
INDICE DI CONNESSIONE	

L'indice è compreso tra 0 e 1 (0 <g< 1)	
	Si considera come un'area maggiormente connessa sia più efficiente, più l'indice si avvicina ad 1, più l'area è connessa.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

L'indice di connessione è un indicatore che prova a delinearne una possibile risposta alla misura della connettività per aumentare gli spostamenti a piedi e in bicicletta nelle aree urbane. Questo indice che deriva dalla teoria dei grafi planari, esprime il rapporto tra l'attuale numero di connessioni tra i nodi e quello massimo teorico (tutti i nodi sono collegati tra loro).

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Area di analisi (m²);
2. Numero delle connessioni (n°);
3. Numero dei nodi (n°).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Identificazione dell'area d'analisi (m²);
2. Conteggio del numero di connessioni (n);
3. Conteggio del numero dei nodi (n);
4. Calcolo dell'indice di connessione.

OBIETTIVO STRATEGICO:

Garantire una buona connettività stradale, elemento fondamentale per la buona progettazione urbana; infatti una rete di strade ben connessa si comporta meglio ai fini della mobilità sostenibile favorendo i pedoni e le biciclette nelle aree urbane.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Un network stradale ben connesso promuove la mobilità a piedi e in bicicletta, è performante a livello di mobilità sostenibile: infatti una griglia stradale ben connessa riduce la domanda di spostamento, poiché che ogni cosa è raggiungibile in meno tempo.

5.7 INDICATORE	Indice di circuitazione (a) = numero dei loop esistenti $(e-n+1) / n$ / numero dei loop massimo teorico $(2n-5) / n$ dove: e= numero di connessioni; n= numero dei nodi.
INDICE DI CIRCUITAZIONE	

L'indice è compreso tra 0 e $(2n-5) / n$ ($0 < a < (2n-5) / n$). Più l'indice si avvicina ad 1, più l'area è connessa.	
	Si considera come un'area maggiormente connessa sia più efficiente.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Essendo la chiusura ad anello (loop) tra diversi nodi la struttura più connessa, questo indice esprime il rapporto tra il numero di loop presenti nel mosaico e il numero massimo teorico.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Area di analisi (m^2);
2. Numero delle connessioni (n);
3. Numero dei nodi (n).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Identificazione dell'area d'analisi (m^2);
2. Conteggio del numero di connessioni (n);
3. Conteggio del numero dei nodi (n);
4. Calcolo dell'indice di circuitazione.

OBIETTIVO STRATEGICO:

Garantire una buona connettività stradale, elemento fondamentale per la buona progettazione urbana; infatti una rete di strade ben connessa si comporta meglio ai fini della mobilità sostenibile favorendo i pedoni e le biciclette nelle aree urbane.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Un network stradale ben connesso promuove la mobilità a piedi e in bicicletta, è performante a livello di mobilità sostenibile: infatti una griglia stradale ben connessa riduce la domanda di spostamento, dato che ogni cosa è raggiungibile in meno tempo.

5.8 INDICATORE	Densità di intersezioni (Di) = numero nodi (n)/unità di superficie (ha)
DENSITA' DI INTERSEZIONI	

Maggiore è il numero delle intersezioni maggiore è la connettività stradale.	
	Si considera come un'area maggiormente connessa sia più efficiente, maggiore è il numero di intersezioni presenti più l'area è efficiente.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Il conteggio dei nodi per unità di superficie è una misura semplice ed efficace per misurare la connettività stradale urbana: maggiore è il numero di nodi intersezioni, maggiore è la connettività della maglia stradale.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Area di analisi (m²);
2. Numero di nodi presenti sull'area di analisi (n).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Identificazione dell'area d'analisi (m²);
2. Conteggio del numero di nodi presenti sull'area di analisi (n);
3. Calcolo dell'indice *intersection density* (n/ha).

OBIETTIVO STRATEGICO:

Garantire una buona connettività stradale, elemento fondamentale per la buona progettazione urbana; infatti una rete di strade ben connessa si comporta meglio ai fini della mobilità sostenibile favorendo i pedoni e le biciclette nelle aree urbane.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Un network stradale ben connesso promuove la mobilità a piedi e in bicicletta, è performante a livello di mobilità sostenibile: infatti una griglia stradale ben connessa riduce la domanda di spostamento, dato che ogni cosa è raggiungibile in meno tempo.

5.9 INDICATORE	Connettività interna (CNR) = numero intersezioni stradali (n_s) / (n intersezioni stradali (n_s)+n cul de sac (n_{cs}))
CONNETTIVITA' INTERNA	

I valori dovrebbero essere compresi tra 0,5 e 0,7 ($0,5 < CNR < 0,7$) ¹ .	
	Più un'area è connessa più è efficiente, per questo motivo maggiore è la connettività interna, meglio funziona quella zona. Gli isolati allo stesso tempo non devono però essere troppo frammentati, per questo i valori della connettività non devono essere troppo alti, ma compresi all'interno di una gamma predefinita di valori.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

L'indice di connettività interna rappresenta la misura del numero di intersezioni stradali diviso per la somma del numero delle intersezioni stradali e il numero dei cul-de-sac.

METODO DI CALCOLO**DATI NECESSARI:**

1. Area di analisi (m^2);
2. Numero di intersezioni stradali (n);
3. Numero di cul de sac (n).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Identificazione dell'area d'analisi (m^2);
2. Calcolo della quantità di intersezioni stradali (n);
3. Calcolo del numero di cul de sac (n);
4. Calcolo dell'internal connectivity.

OBIETTIVO STRATEGICO:

Garantire una buona connettività stradale, elemento fondamentale per la buona progettazione urbana; infatti una rete di strade ben connessa si comporta meglio ai fini della mobilità sostenibile favorendo i pedoni e le biciclette nelle aree urbane.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Un network stradale ben connesso promuove la mobilità a piedi e in bicicletta, è performante a livello di mobilità sostenibile: infatti una griglia stradale ben connessa riduce la domanda di spostamento, dato che gli spostamenti sono più veloci.

5.10 INDICATORE	Rapporto connessioni/nodi = numero di archi (l)/ numero di nodi (n)
RAPPORTO CONNESSIONI/ NODI	

Una griglia perfetta ha un rapporto di 2.5, per gli insediamenti urbani 1.4 rappresenta un buon risultato ² .	
	Il rapporto tra gli archi e i nodi presenti su di un'area rappresenta quanto una griglia può avvicinarsi a quella perfetta (rapporto 2.5).

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

L'indice *link-node ratio* è il rapporto tra il numero degli archi (link) e il numero dei nodi (node), rappresenta la possibilità di costruzione di una griglia perfetta composta da archi e nodi. E' un indice utile nello studio comparativo di soluzioni alternative su di una stessa area, ma non tiene in considerazione la dimensione e il distanziamento dei componenti spaziali: la stessa griglia scalata diversamente presenta lo stesso rapporto link/node.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Area di analisi (m²);
2. Numero di archi (n);
3. Numero di nodi (n).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Identificazione dell'area d'analisi (m²);
2. Calcolo del numero di archi (n);
3. Calcolo del numero di nodi (n);
4. Calcolo del link-node ratio (l/n).

OBIETTIVO STRATEGICO:

Garantire una buona connettività stradale, elemento fondamentale per la buona progettazione urbana; infatti una rete di strade ben connessa si comporta meglio ai fini della mobilità sostenibile favorendo i pedoni e le biciclette nelle aree urbane.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Un network stradale ben connesso promuove la mobilità a piedi e in bicicletta, è performante a livello di mobilità sostenibile: infatti una griglia stradale ben connessa riduce la domanda di spostamento, dato che gli spostamenti sono più veloci.

5.11 INDICATORE	Estensione media degli isolati (Em) = $\Sigma(\text{area isolati } (A_{is}) (m^2)) / \text{numero isolati } (n^{\circ}) (n)$
ESTENSIONE MEDIA DEGLI ISOLATI	

Si considera migliore un'area con un'area media inferiore, infatti minore è l'area degli isolati, maggiore è la connettività.	
	Indice indiretto della densità della maglia stradale, misura la connettività.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

L'area media degli isolati presenti all'interno dell'area di riferimento per l'analisi è un indice indiretto della densità della maglia stradale che sostiene lo spazio costruito. Minore è la forma degli isolati e maggiore è la connettività.

METODO DI CALCOLO**DATI NECESSARI:**

1. Area di analisi (m^2);
2. Aree degli isolati presenti nell'area di analisi (m^2);
3. Numero degli isolati presenti nell'area di analisi (n).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Identificazione dell'area di analisi (m^2);
2. Digitalizzazione dell'area degli isolati presenti nell'area di analisi (m^2);
3. Conteggio degli isolati presenti nell'area di analisi (n);
4. Calcolo della mean block area (m^2).

OBIETTIVO STRATEGICO:

Garantire una buona connettività stradale, elemento fondamentale per la buona progettazione urbana; infatti una rete di strade ben connessa si comporta meglio ai fini della mobilità sostenibile favorendo i pedoni e le biciclette nelle aree urbane.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Un network stradale ben connesso promuove la mobilità a piedi e in bicicletta, è performante a livello di mobilità sostenibile: infatti una griglia stradale ben connessa riduce la domanda di spostamento, dato che gli spostamenti sono più veloci.

5.12 INDICATORE	Numero isolati per unità di superficie = numero isolati (n°i) (n)/ unità di superficie (S) (ha)
NUMERO ISOLATI PER UNITA' DI SUPERFICIE	

Si considera che più isolati ci sono all'interno di un'area analizzata, più la loro dimensione è ristretta e quindi la connettività è migliore.	
	L'indice restituisce un'idea della granulometria del tessuto urbano.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

L'indice *mean block density* determina il numero di isolati per unità di superficie (tipicamente 1/ha). L'indice da un'idea della granulometria del tessuto urbano, consente una maggiore flessibilità progettuale rispetto alla *mean block area*, poiché consente una maggiore varietà nel processo di dimensionamento degli isolati urbani.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Area di analisi;
2. Numero di isolati.

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Identificazione dell'area d'analisi;
2. Conteggio degli isolati presenti nell'area di analisi;
3. Calcolo dell'indice *mean block density*.

INDICATORI DI COMPLESSITA'

OBIETTIVO STRATEGICO:

Complessità tipologica e mix di tipologie edilizie.

LINEA DI ATTUAZIONE:

Si stabilisce una varietà e un mix di tipologie all'interno dei nuovi tessuti urbani. Si potenzia il modello di città complessa, con densità di attività e differenza di scenari.

6.1 INDICATORE	Diversità tipologie = $\sum_{i=1}^n f_i \log f_i / \log n$
DIVERSITA' DELLE TIPOLOGIE EDILIZIE	dove: Fi= tipologie edilizie n=numero tipologie edilizie

	L'indice di diversità delle tipologie garantisce una varietà di paesaggio urbano, creando un diverso rapporto tra spazio costruito e spazio aperto.
--	---

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

Si misura la presenza di diverse tipologie edilizie (edifici a corte, villette, edifici in linea, villette a schiera, torri, ecc.) all'interno di un'area dato che un adeguato mix tipologico garantisce una struttura equilibrata della stessa; in questo modo si creano piccole unità di vicinato ed una forte affinità nei caratteri comuni dell'insediamento. Un'altezza variabile dell'edificato garantisce un rapporto continuo e differente con gli spazi aperti creando un buon livello di omogeneità e armonizzando una spiccata varietà architettonica.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Identificazione delle tipologie edilizie;
2. Numero tipologie edilizie;
3. Area di analisi (m²).

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Identificazione dell'area di analisi (m²);
2. Identificazione delle diverse tipologie edilizie;
3. Conteggio delle tipologie edilizie presenti sull'area di analisi;
4. Calcolo della % d'influenza di ciascuna tipologia edilizia (%);
5. Calcolo del mix tipologico.

OBIETTIVO STRATEGICO:

Complessità di servizi, mixità di usi urbani, potenziare l'accessibilità ai servizi, migliorando la mobilità.

LINEA DI ATTUAZIONE:

All'interno dei nuovi tessuti urbani si promuove una mixità di usi; in questo modo si garantisce l'accessibilità della popolazione ai servizi di prima necessità e alle attività commerciali, si potenzia il modello di città complessa, con densità di attività.

6.3 INDICATORE	Servizi per il quartiere =[Si Aree interessate dai diversi servizi(Ai) (m ²)/numero di servizi (n)]
DOTAZIONE DI SERVIZI PER IL QUARTIERE	

Il valore di completezza urbana deve avvicinarsi il più possibile al 100%, massima varietà di servizi.	
	La completezza è un indicatore sintetico che informa sull'organizzazione del sistema urbano (grado di complessità), sulla diversità e sulla quantità di informazioni presenti all'interno di uno spazio urbano.

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

L'indice di completezza rivela la diversità e la mixità di usi presenti sul territorio. Conoscere queste variabili permette di sapere quali servizi mancano in quella zona in modo da poter applicare alcune strategie di pianificazione futura tanto a livello di costruzione che di mobilità urbana.

METODO DI CALCOLO

DATI NECESSARI:

1. Tipo e numero dei servizi presi in considerazione (n);
2. Identificazione dei servizi con area di influenza sull'area di riferimento (m²);
3. Identificazione del raggio d'influenza dei servizi (300 m o 400 m);
4. Area di analisi (m²);

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Identificazione dei servizi presi in considerazione;
2. Geo-referenziazione dei servizi con area di influenza sull'area di riferimento;
3. Identificazione del raggio d'influenza dei servizi (300 m o 400 m);
4. Area di analisi;
5. Identificazione dell'area d'influenza di ciascun servizio sulla maglia di riferimento;
6. Somma delle aree di influenza;
7. Percentuale dell'area servita da ciascun servizio (%).
8. Calcolo dell'indice di completezza (%).

OBIETTIVO STRATEGICO:

Complessità di funzioni, si progetta un'adeguata mixità di usi urbani, equamente distribuiti tra residenze, edifici commerciali ed edifici terziari.

LINEA DI ATTUAZIONE:

All'interno dei nuovi tessuti urbani si promuove una mixità di funzioni:evitando la proliferazione di aree mono-funzionali, promuovendo l'idea di città complessa.

6.2 INDICATORE	Mix funzionale = $\sum_{i=1}^n f_i \log f_i / \log n$
DIVERSITA' DELLE FUNZIONI	dove: Fi= tipologie funzionali n=numero tipologie edilizie
L'indicatore di mix funzionale garantisce la presenza di una varietà di funzioni, informa, come la completezza, sull'organizzazione e sulla complessità dello spazio urbano.	

SIGNIFICATO DELL'INDICATORE:

L'indicatore di mix funzionale rivela la diversità e la densità della presenza di diversi settori (residenziale, commerciale e terziario). La misura di entropia e quindi del mix di queste tipologie, in modo da evitare la costruzione di intere aree mono-funzionali, migliorando la mobilità e l'accessibilità ai servizi.

METODO DI CALCOLO**DATI NECESSARI:**

1. Area di analisi (m²);
2. Superficie lorda di pavimento totale (m²);
3. Superficie lorda di pavimento residenziale (m²);
4. Superficie lorda di pavimento commerciale (m²);
5. Superficie lorda di pavimento dei servizi urbani e terziari (m²);

PROCESSO METODOLOGICO:

1. Identificazione dell'area di analisi (m²);
2. Calcolo della superficie lorda di pavimento totale (m²);
3. Calcolo della superficie lorda di pavimento residenziale (m²);
4. Calcolo della superficie lorda di pavimento commerciale (m²);
5. Calcolo della superficie lorda di pavimento dei servizi urbani e terziari (m²);
6. Calcolo delle percentuali di influenza di ciascuna superficie (%);
7. Calcolo della misura di entropia del mix funzionale.

ALLEGATO 3_STUDIO DELLE DENSITA' ABITATIVE A MILANO

L'analisi di alcuni tessuti urbani dell'area metropolitana milanese è utile a stabilire quale sia la densità abitativa territoriale nel capoluogo lombardo, per poi dedurre i valori di soglia della densità abitativa territoriale a Milano, analizzando anche le destinazioni d'uso del suolo e le densità abitative territoriali¹ differenti.

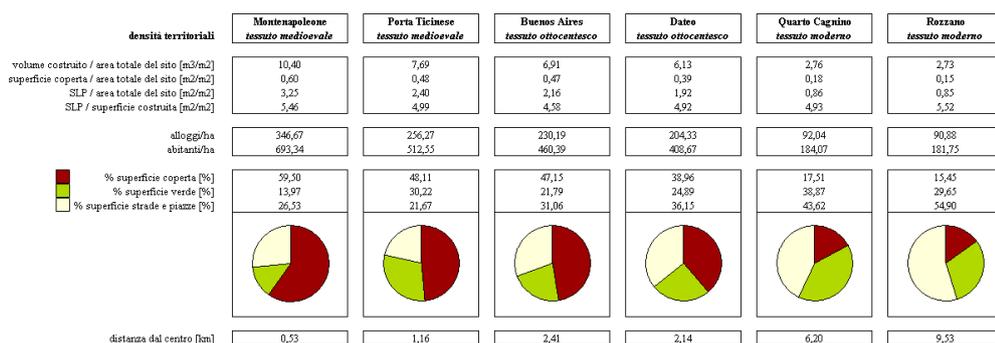


Figura n°10. Confronto tra le densità territoriali in sei tessuti urbani dell'area metropolitana milanese. I valori di densità sono territoriali, comprensivi di strade e aree verdi non edificate (Fonte: *Human Space Laboratory, Densità abitative e tessuti urbani, Cambridge MA, 2008*).

Da questa analisi emerge che il territorio può essere occupato in modo differente, si nota come le densità territoriali siano in calo costante in corrispondenza dell'allontanamento dal centro storico, seguendo l'andamento di una curva di potenza (Figura n°10), allo stesso modo la percentuale di superficie coperta diminuisce, mentre il verde e le infrastrutture aumentano.

Questa tendenza si può ricondurre a due motivazioni: la prima, dovuta alla frammentazione dell'ambiente costruito, che allontanandosi dal centro si scontra con il territorio agricolo, unendosi ad esso e inglobandone i residui, la seconda, la presenza di modelli edificativi diversi: si passa degli isolati densi e compatti del centro storico a isolati più grandi di matrice ottocentesca nelle zone semi-centrali, fino a grandi isolati di concezione modernista e composti da edifici singoli nel verde.

¹ La densità territoriale tiene conto in questo caso del territorio urbanizzato, comprensivo di strade, servizi e i parchi urbani di piccolo taglio. Sono enclisi parchi di grande dimensione e il territorio agricolo.

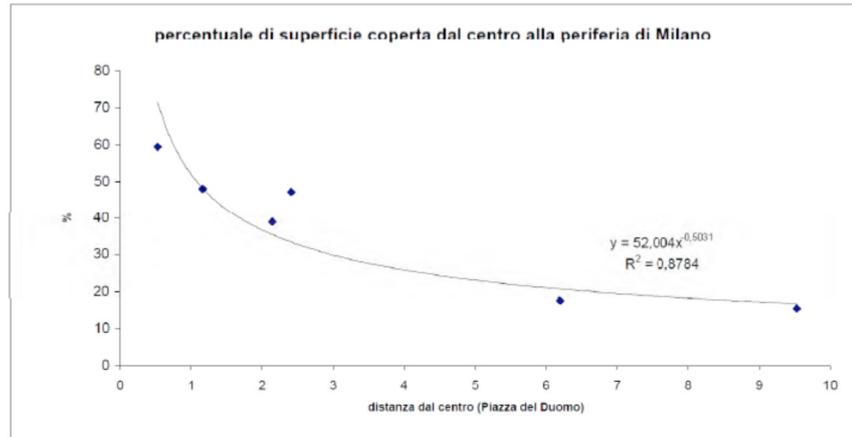


Figura n°11. Andamento delle destinazioni d'uso del suolo e delle densità all'aumentare della distanza dal centro città per il caso studio di Milano: la percentuale di superficie coperta (Fonte. *Human Space Laboratory*, Densità abitative e tessuti urbani, Cambridge MA, 2008).

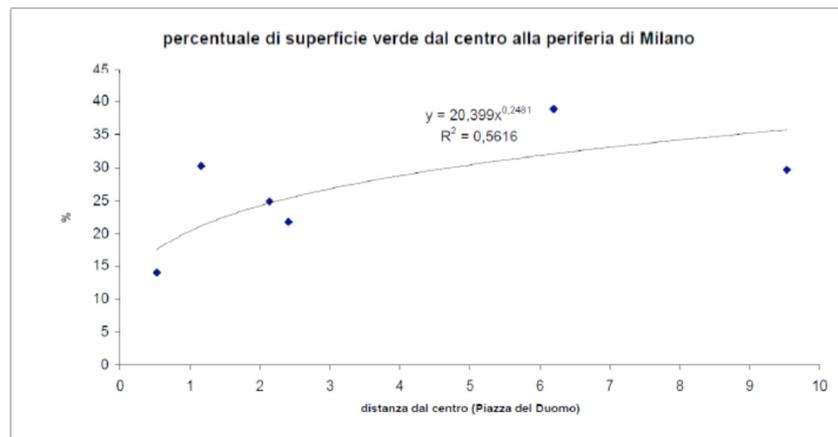


Figura n°12. Andamento delle destinazioni d'uso del suolo e delle densità all'aumentare della distanza dal centro città per il caso studio di Milano: la percentuale delle aree verdi (Fonte. *Human Space Laboratory*, Densità abitative e tessuti urbani, Cambridge MA, 2008).

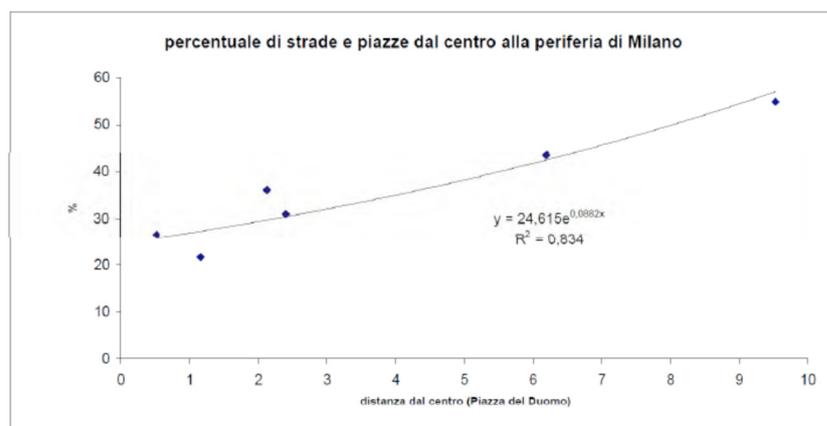


Figura n°13. Andamento delle destinazioni d'uso del suolo e delle densità all'aumentare della distanza dal centro città per il caso studio di Milano: la percentuale delle aree verdi (Fonte. *Human Space Laboratory*, Densità abitative e tessuti urbani, Cambridge MA, 2008).

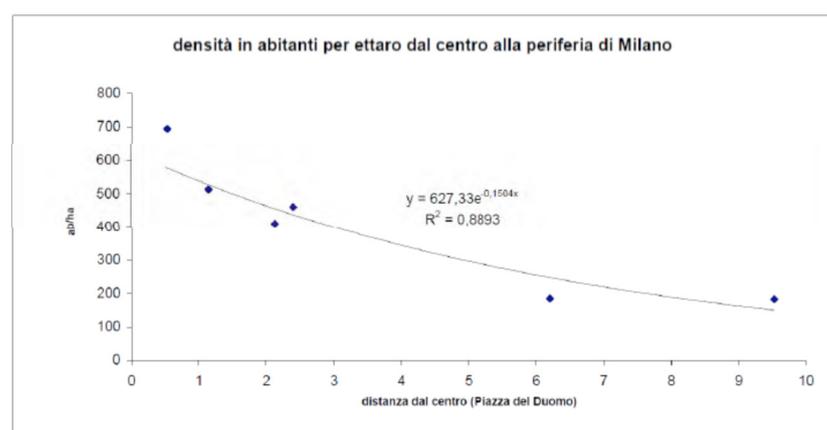


Figura n°14. Andamento delle destinazioni d'uso del suolo e delle densità all'aumentare della distanza dal centro città per il caso studio di Milano: la densità misurata in abitanti per ettaro (Fonte. *Human Space Laboratory*, Densità abitative e tessuti urbani, Cambridge MA, 2008).

Nel confronto tra centro e periferia è evidente una netta differenza tra la densità misurata e la densità percepita. La percezione della densità dipende da diversi fattori; ad esempio, dalla densità fisica (densità misurata e fattori fisici qualitativi), da singoli fattori cognitivi (sensazione di sicurezza, privacy e comfort), da fattori socio-culturali (omogeneità, eterogeneità dell'uso dell'ambiente circostante, presenza o assenza di normative per l'interazione, livello di interazione sociale), dalla tipologia di attività (intensità, dimensione spaziale e temporale).

Quello che determina la percezione di densità è la morfologia urbana, cioè la disposizione e la progettazione degli edifici, degli spazi verdi, della vegetazione,

ecc.; per il caso milanese gli alti palazzi da oltre dieci piani nella periferia sfruttano lo spazio meno densamente delle basse e compatte forme urbane del tessuto storico medioevale, anche se la percezione dello spazio è opposta; inoltre lo spazio verde è maggiore in periferia, ma allo stesso tempo esso è spesso abbandonato, non utilizzato, ricavato in spazi di risulta tra edifici e strada.

Allegato 4_ Valutazione

Matrice di valutazione: definizione del problema

DEFINITE 2.0 - Lorenteggio_Alternative Sostenibili (3)					
File View Module Problem definition Settings Help					
Problem definition					
Start Alternatives Effects Close					
C/B Unit Progetto 1 Progetto 2 Progetto 3					
Morfologia					
Densità edilizia	●	mq/mq	1,32	1,34	1,52
Densità stradale sull'unità di superficie	●	m/mq	0,05	0,05	0,04
Rapporto di copertura del suolo	●	%	29,25	22,05	34,22
Compattezza corretta	●	mc/mq	3,10	8,19	4,39
Fronti con affacci su strada	●	%	86,50	80,89	91,85
Fronti continui lungo la strada	●	%	62,14	43,86	64,80
Densità abitativa	●	ab/ha	469	581	568
Altezza media edifici	●	m	18,61	32,71	16,90
Metabolismo urbano					
Percentuale di conservazione dell'esistente	●	%	59,05	0,00	59,49
Metodo Lt - Rapporto superficie involucro/volume	●	mq/m	0,40	0,39	0,32
Metodo Lt - Superfici verticali orientate a sud	●	%	0,11	0,13	0,12
Metodo Lt - Superfici verticali orientate da sud/est a sud/ovest	●	%	0,27	0,33	0,29
Metodo Lt - Rapporto zone passive/zone non passive	●	n.	0,97	0,99	0,91
Comfort urbano					
Fattore di vista del cielo - intera area	●		0,80	0,81	0,83
Fattore di vista del cielo - spazi aperti	●		0,80	0,80	0,81
Fattore di vista del cielo - coperture	●		0,82	0,85	0,90
Fattore di vista del cielo - spazi aperti area ristretta	●		0,66	0,57	0,62
Fattore di vista del cielo - coperture area ristretta	●		0,81	0,80	0,71
Aree verdi a terra	●	%	37,44	27,58	31,68
Ombra ora generata mediamente su spazi aperti (21.06.2011)	●	%	1,91	2,19	1,95

DEFINITE 2.0 - Lorenteggio_Alternative Sostenibili (3)					
File View Module Problem definition Settings Help					
Problem definition					
Start Alternatives Effects Close					
C/B Unit Progetto 1 Progetto 2 Progetto 3					
Comfort urbano					
Fattore di vista del cielo - intera area	●		0,80	0,81	0,83
Fattore di vista del cielo - spazi aperti	●		0,80	0,80	0,81
Fattore di vista del cielo - coperture	●		0,82	0,85	0,90
Fattore di vista del cielo - spazi aperti area ristretta	●		0,66	0,57	0,62
Fattore di vista del cielo - coperture area ristretta	●		0,81	0,80	0,71
Aree verdi a terra	●	%	37,44	27,58	31,68
Ombra ora generata mediamente su spazi aperti (21.06.2011)	●	%	1,91	2,19	1,95
Ombra ora generata mediamente su spazi aperti (21.12.2011)	●	%	3,86	5,06	3,42
Spazi aperti permanentemente in ombra (21.06.2011)	●	%	0,16	0,33	0,03
Spazi aperti permanentemente in ombra (21.12.2011)	●	%	14,45	16,15	8,43
Sistema ecologico					
Permeabilità del suolo	●	%	45,06	33,19	38,13
Dotazione di spazio verde pubblico per persona	●	mq/persona	9,62	5,72	6,71
Dotazione di alberi nello spazio pubblico per mq costruiti	●	alber/mq	0,01	0,02	0,00
Viali alberati	●	%	32,94	11,89	28,75
Metabolismo energetico dei sistemi energetici	●		3,15	1,25	0,76
Biodiversità	●		12,85	7,32	4,20
Accessibilità					
Aree di transizione pubblico-privato	●	%	85,71	57,58	67,65
Parcheggi situati a bordo strada	●	n.	137	0	220
Indice di connessione	●		0,66	0,57	0,58
Indice di circolazione	●		0,48	0,34	0,37

DEFINITE 2.0 - Lorenteggio_Alternative Sostenibili (3)

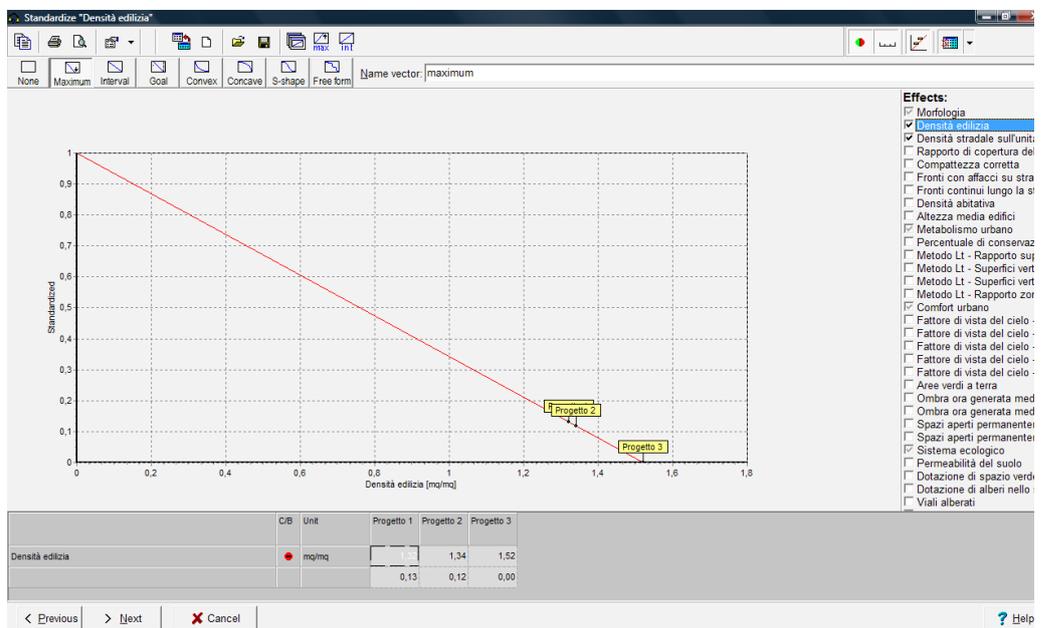
File View Module Problem definition Settings Help

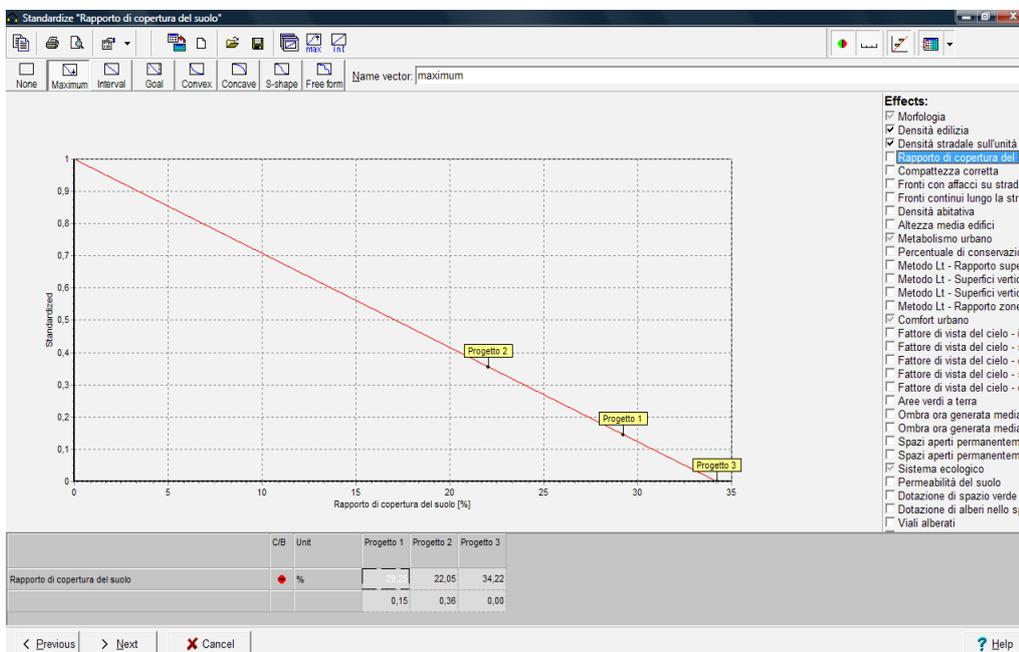
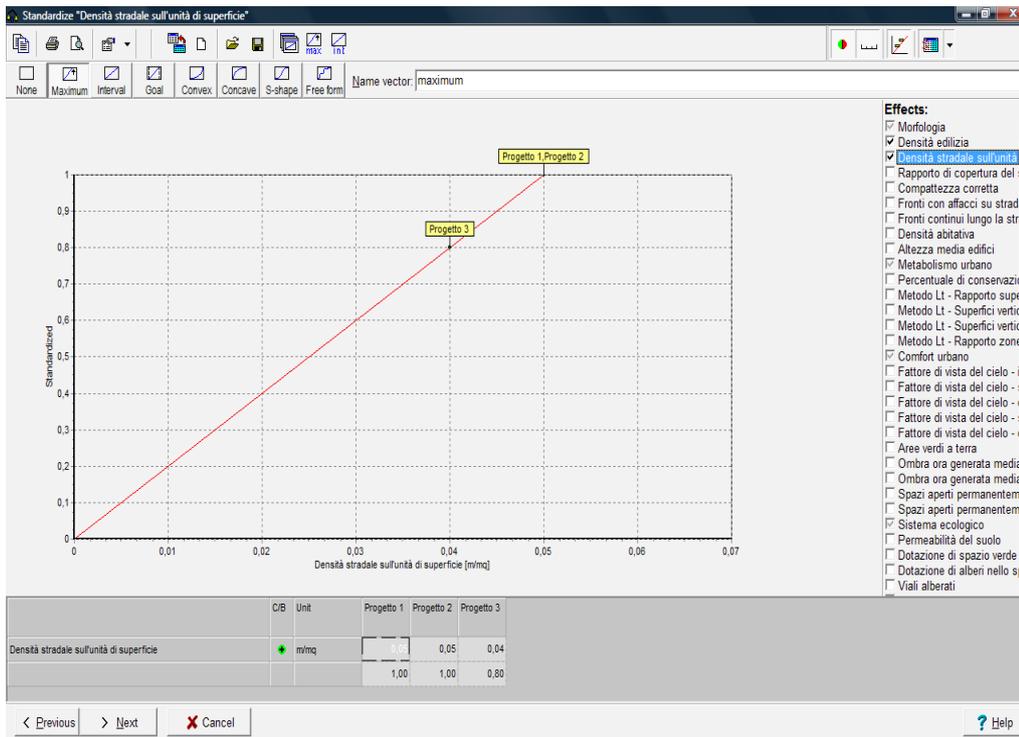
Problem definition Start Alternatives Effects Close

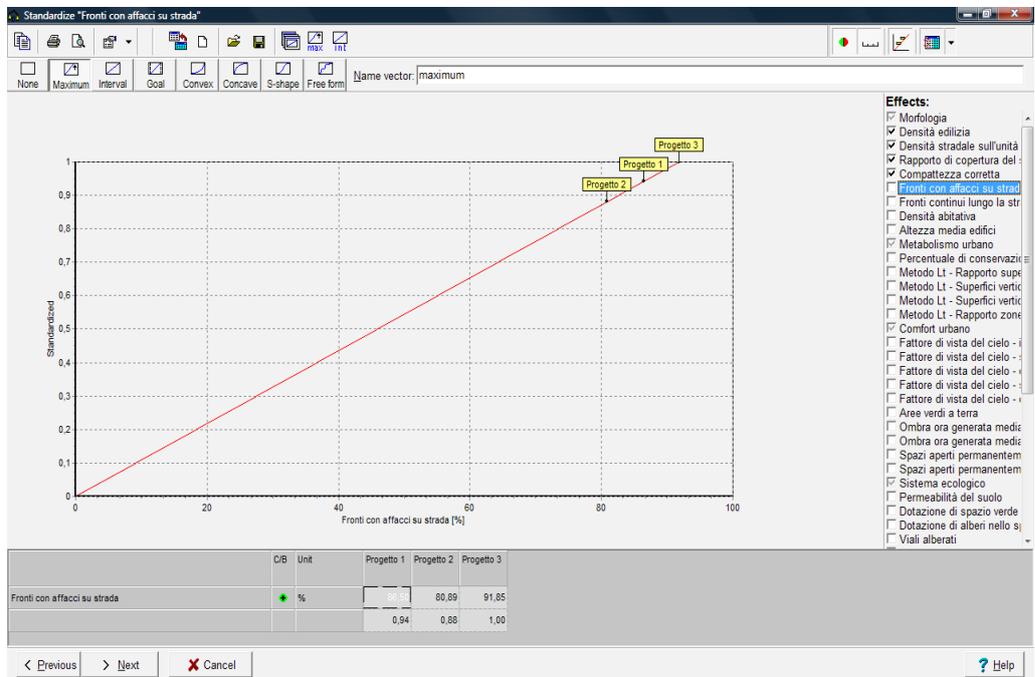
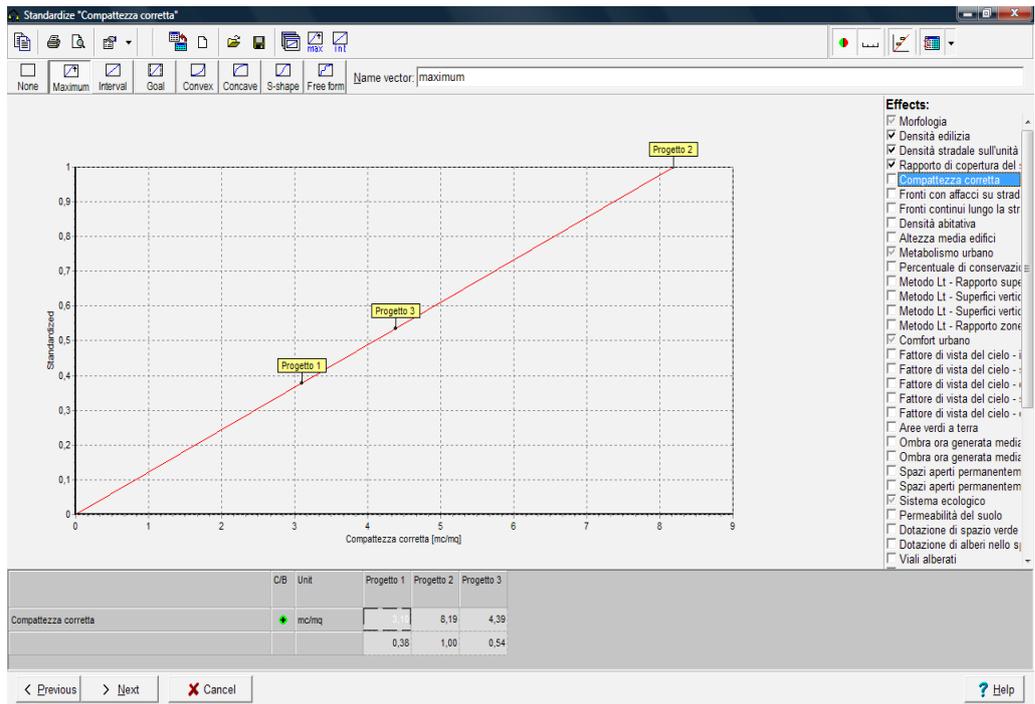
	C/B	Unit	Progetto 1	Progetto 2	Progetto 3
Spazi aperti permanentemente in ombra (21.12.2011)	●	%	14,45	16,15	8,43
- Sistema ecologico					
Permeabilità del suolo	●	%	45,06	33,19	38,13
Dotazione di spazio verde pubblico per persona	●	mq/persona	9,62	5,72	6,71
Dotazione di alberi nello spazio pubblico per mq costruiti	●	alberi/mq	0,01	0,02	0,00
Viali alberati	●	%	32,94	11,89	28,75
Metabolismo energetico dei sistemi energetici	●		3,15	1,25	0,76
Biodiversità	●		12,65	7,32	4,20
- Accessibilità					
Area di transizione pubblico-privato	●	%	85,71	57,58	67,65
Parcheggi situati a bordo strada	●	n.	137	0	220
Indice di connessione	●		0,66	0,57	0,58
Indice di circolazione	●		0,48	0,34	0,37
Densità di intersezioni	●	nodi/ha	0,89	0,80	0,58
Connettività interna	●		0,98	0,97	0,93
Rapporto connessione/nodi	●	archi/nodi	1,88	1,62	1,72
Estensione media degli isolati	●	mq	5515,13	2739,96	4773,71
Numero isolati per unità di superficie	●	isolati/ha	1,24	2,09	1,62
- Complessità					
Diversità delle tipologie edilizie	●		0,27	0,29	0,37
Dotazione di servizi per il quartiere	●	%	83,44	77,00	68,77
Diversità delle funzioni	●		0,27	0,37	0,27

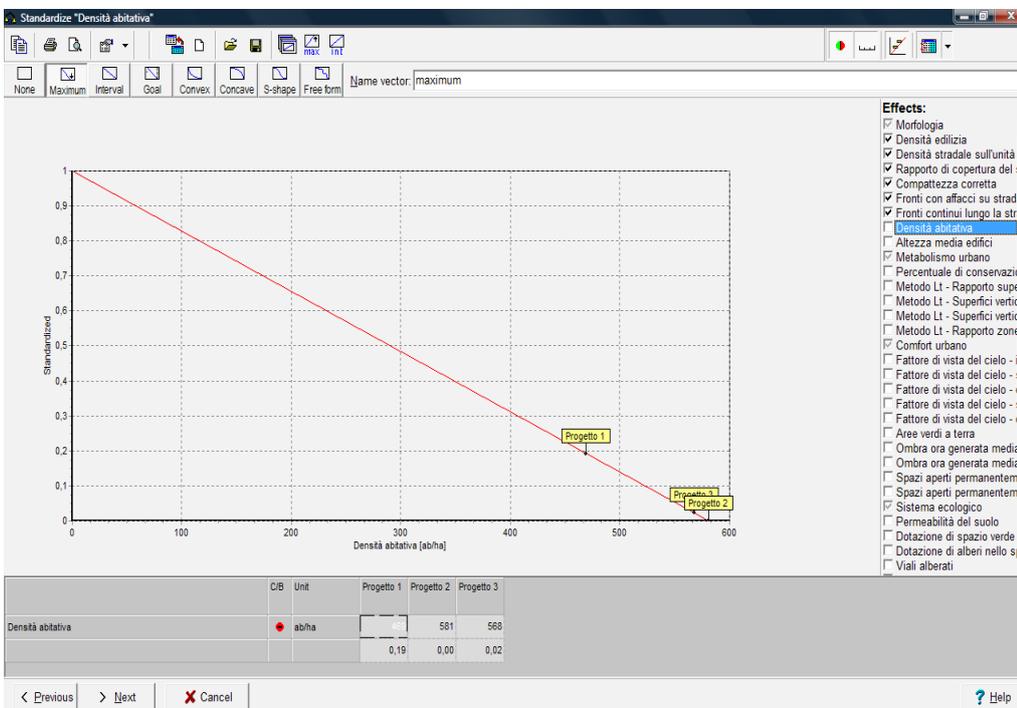
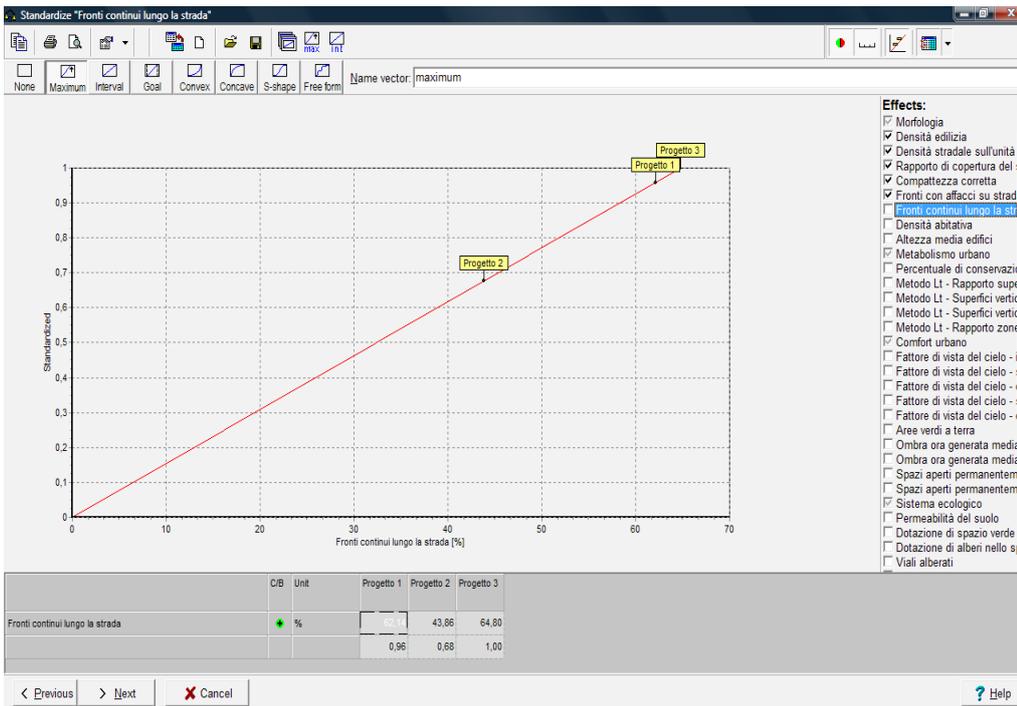
Valutazione: somma pesata

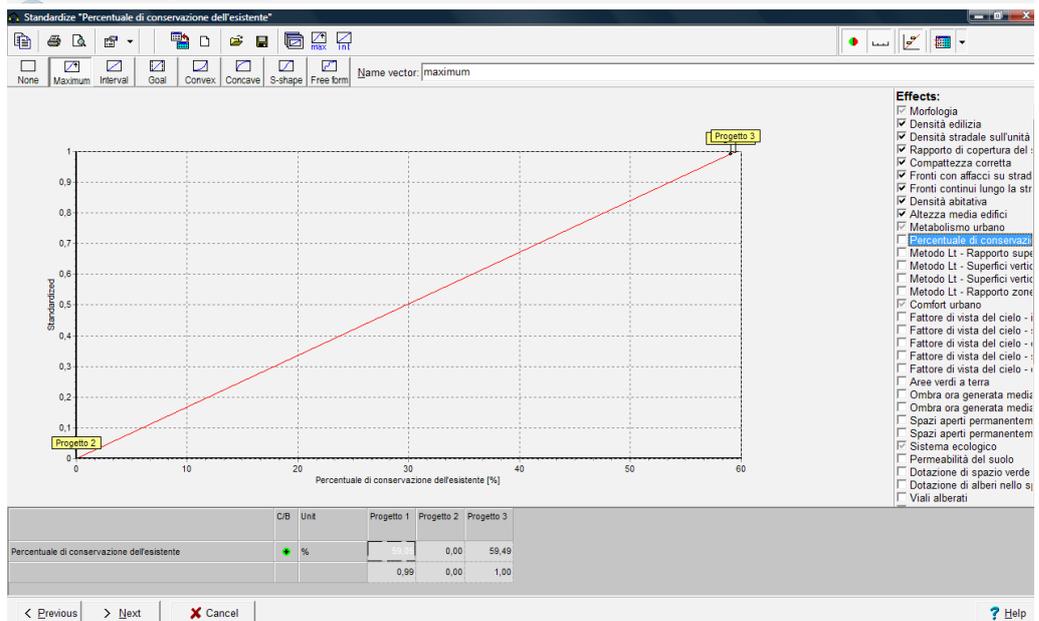
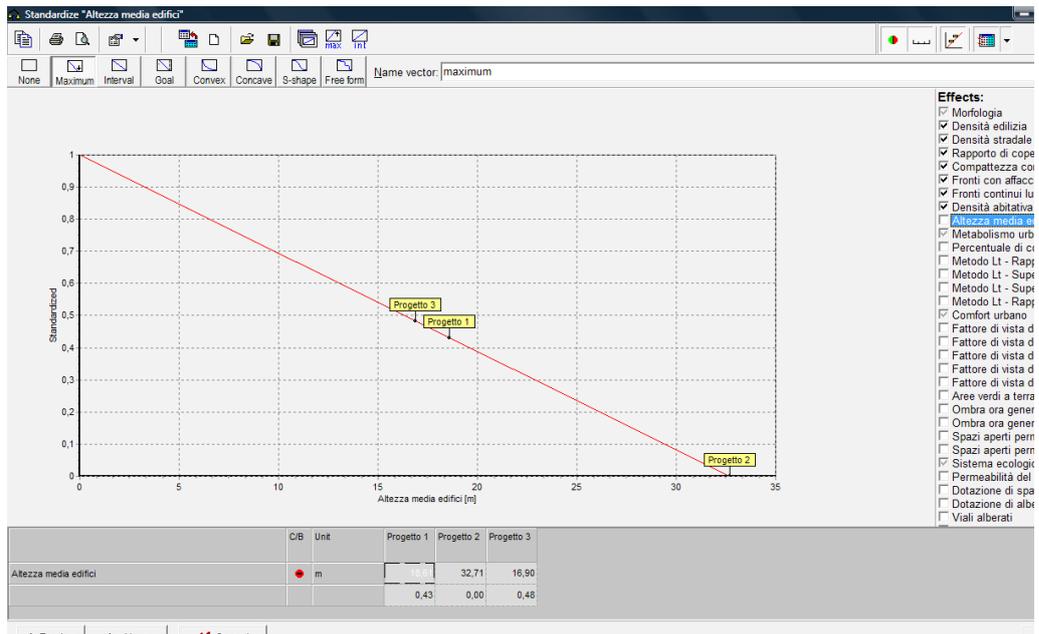
1. Standardizzazione

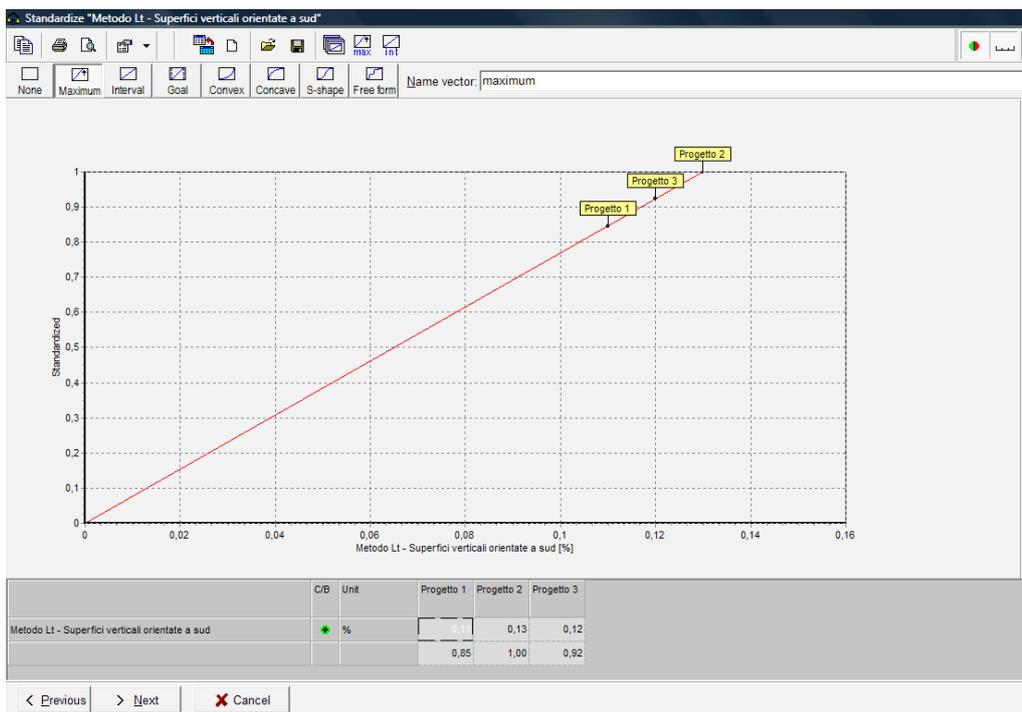
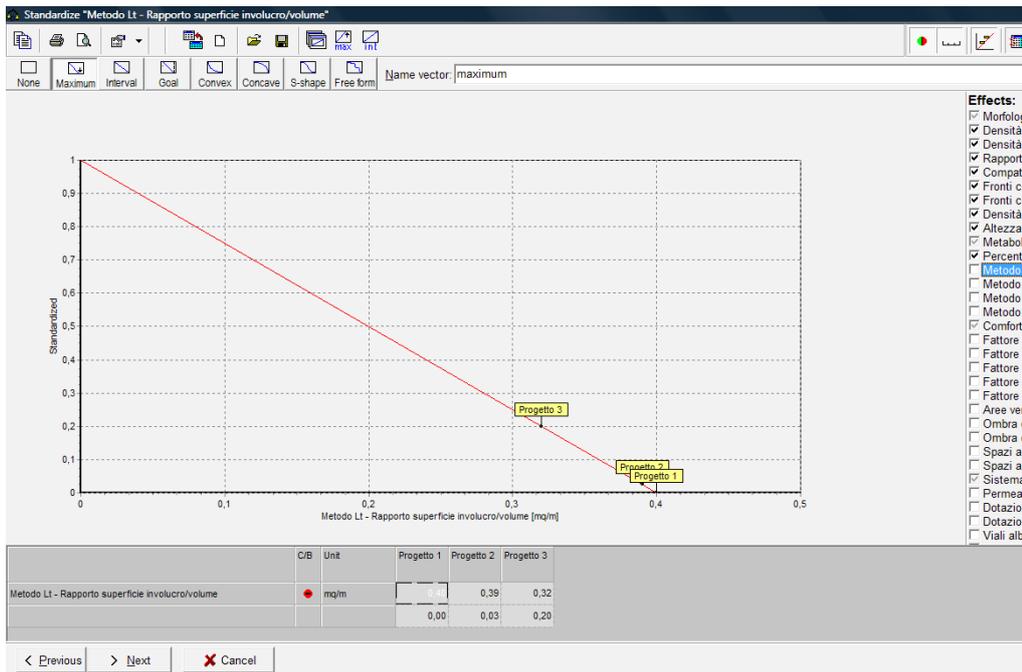


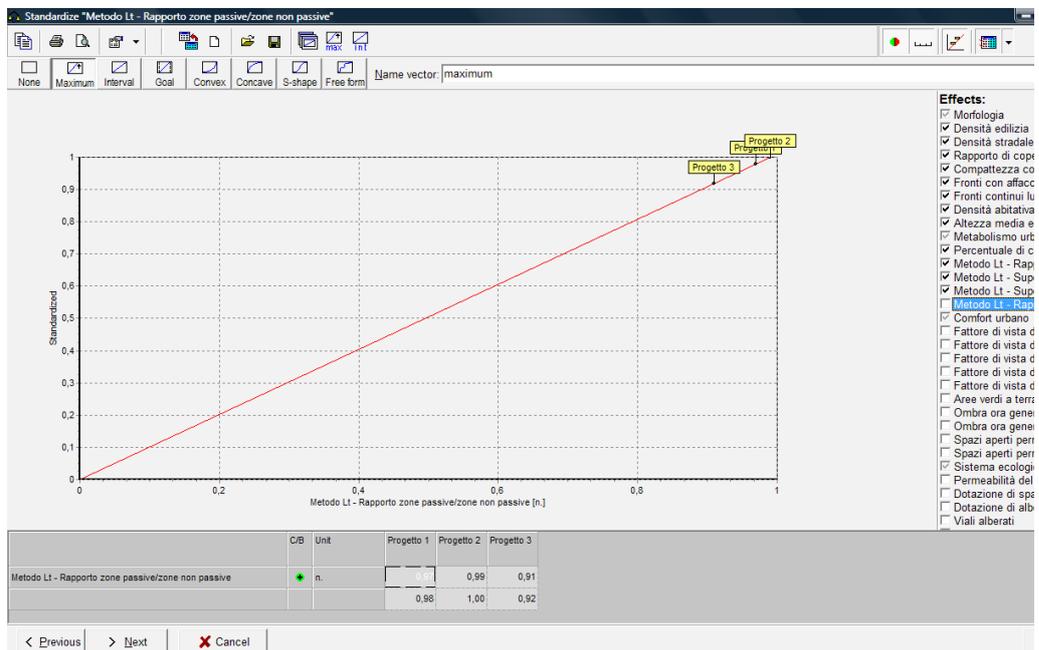
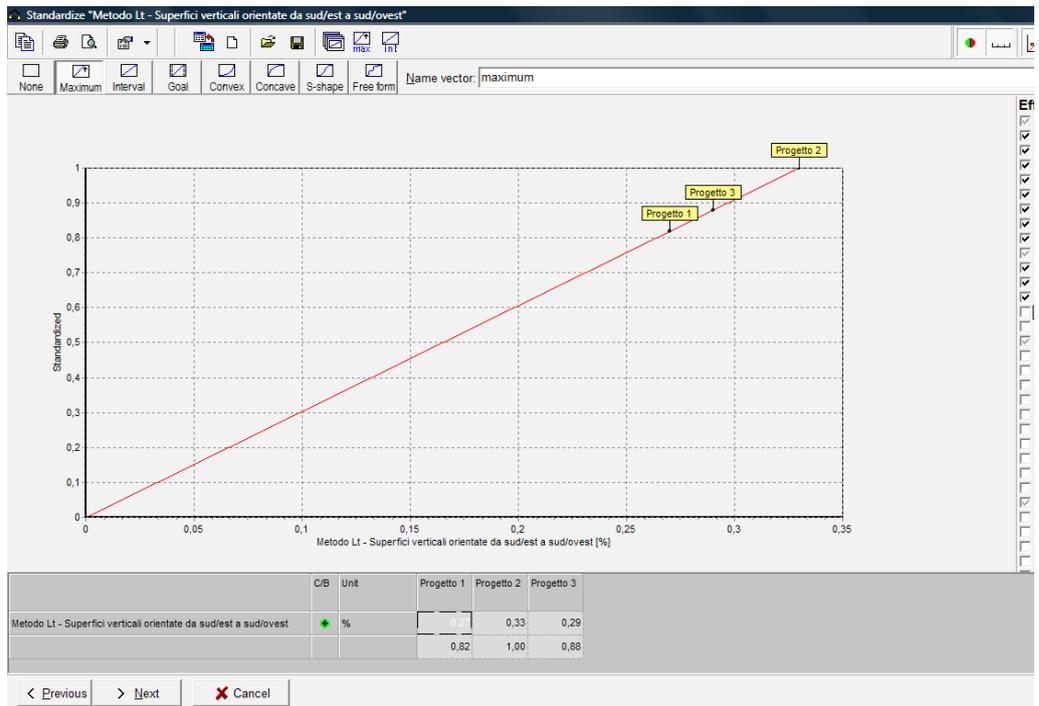


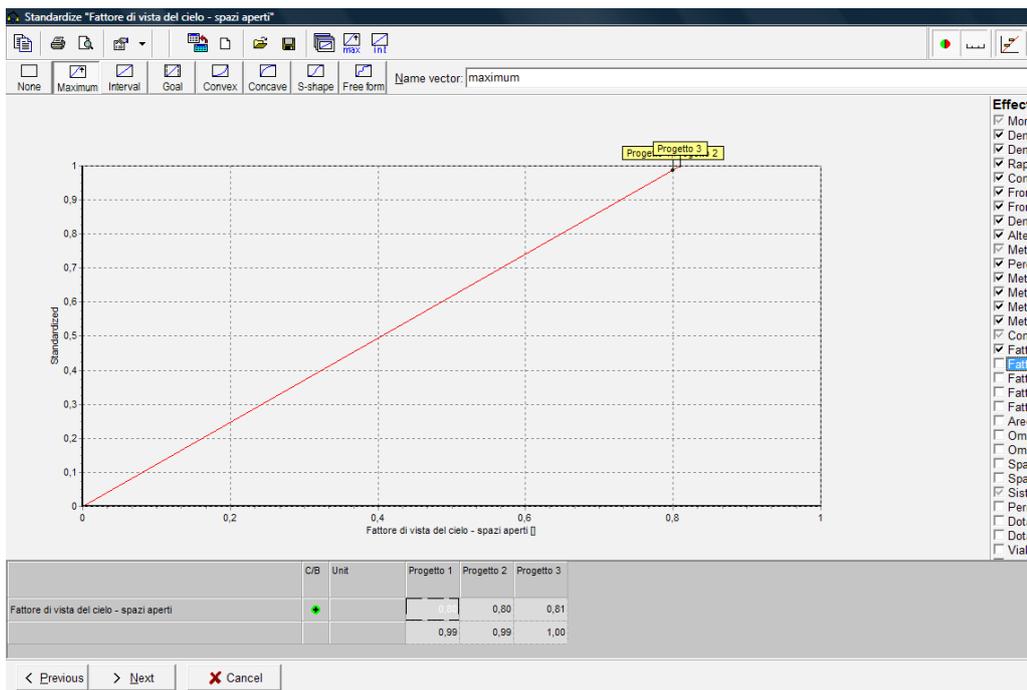
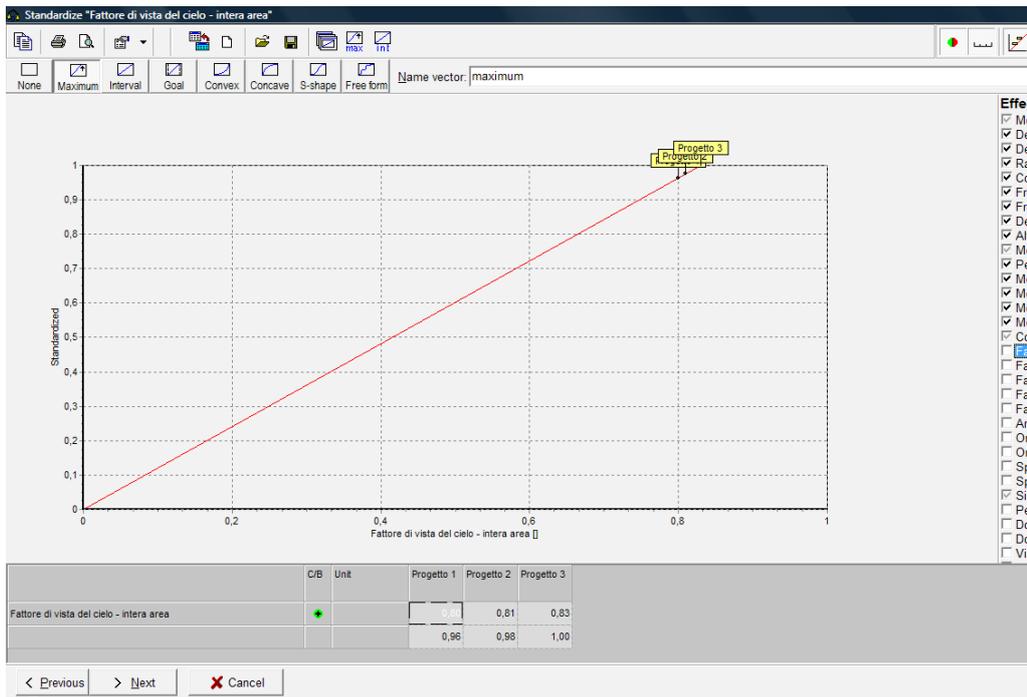


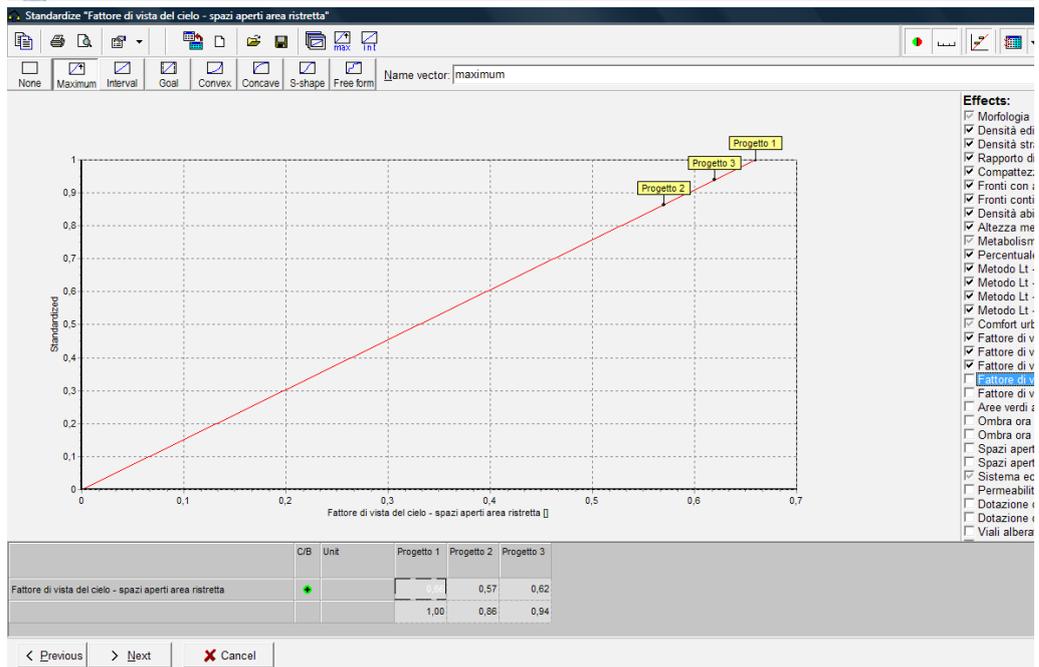
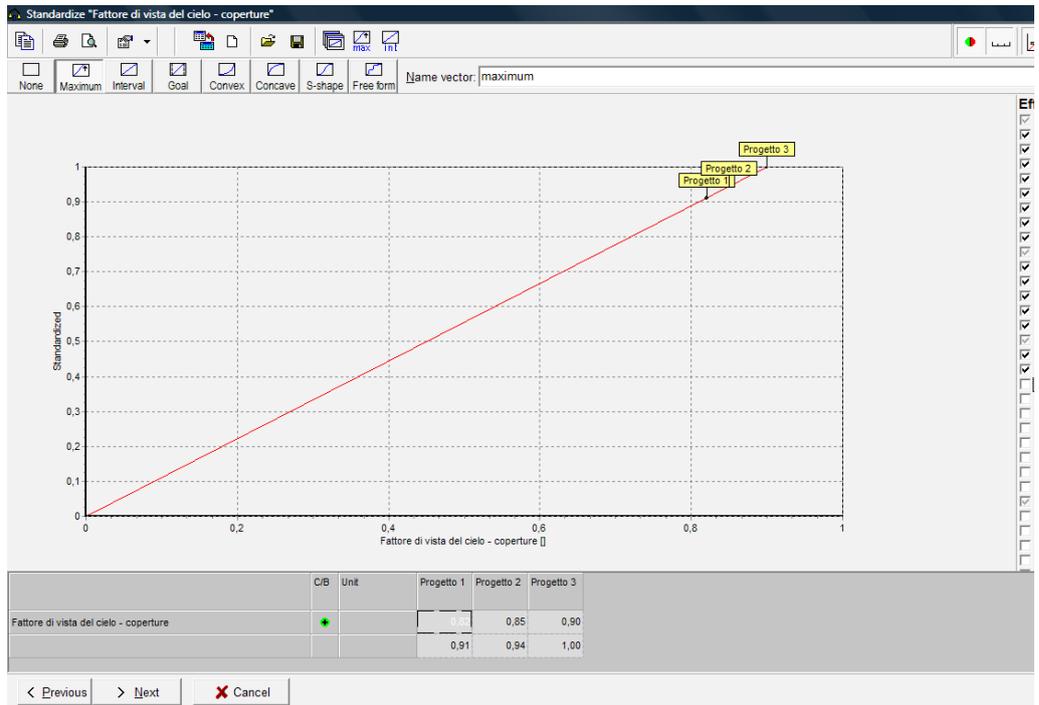


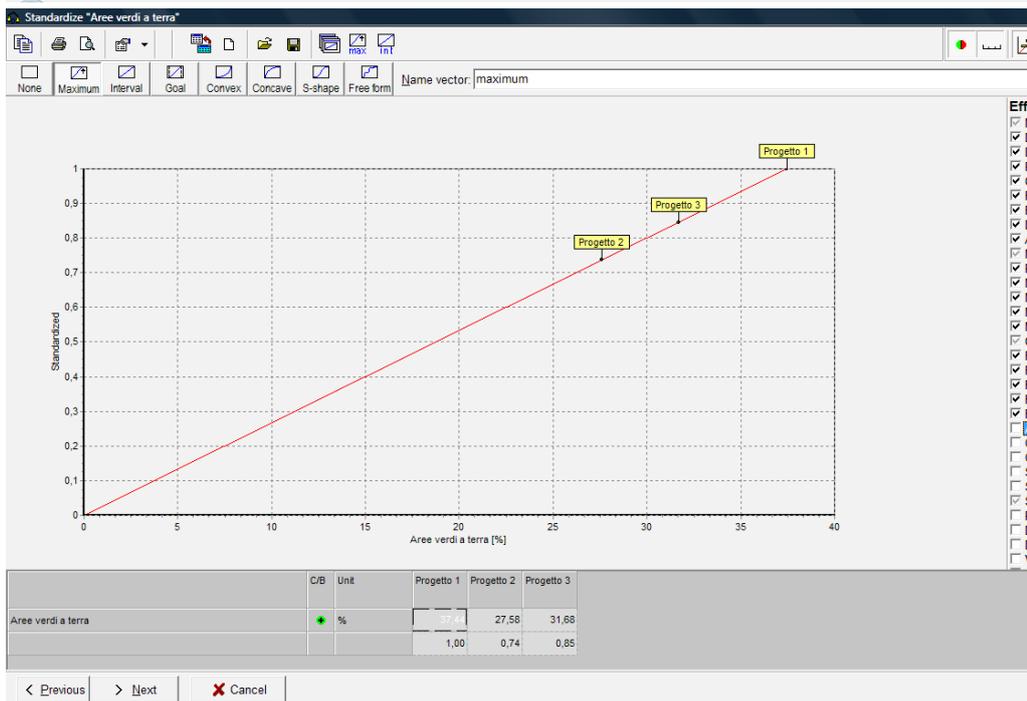
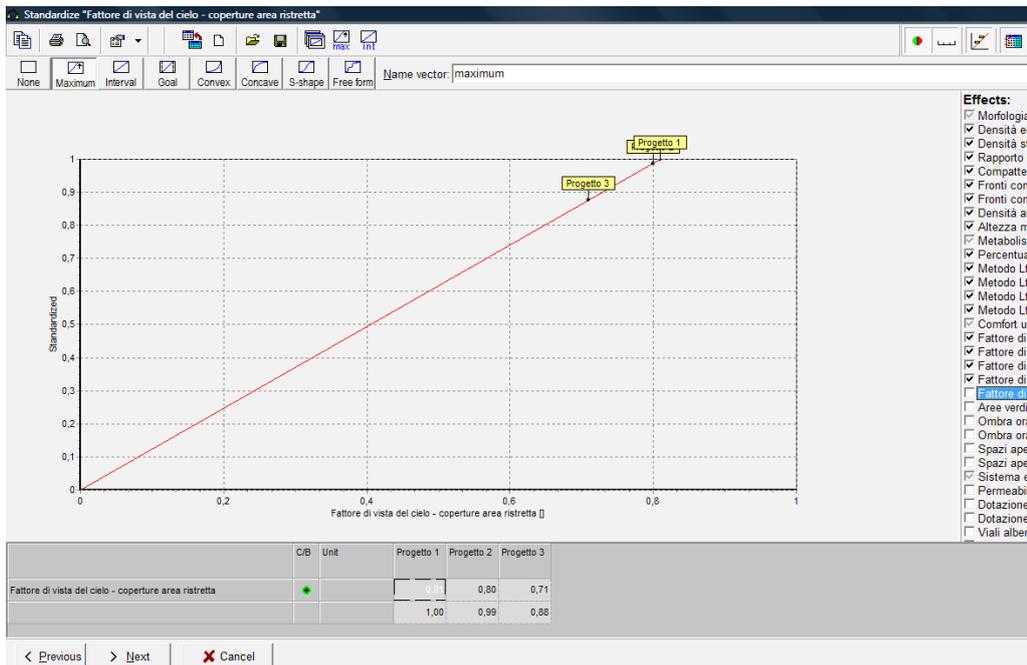


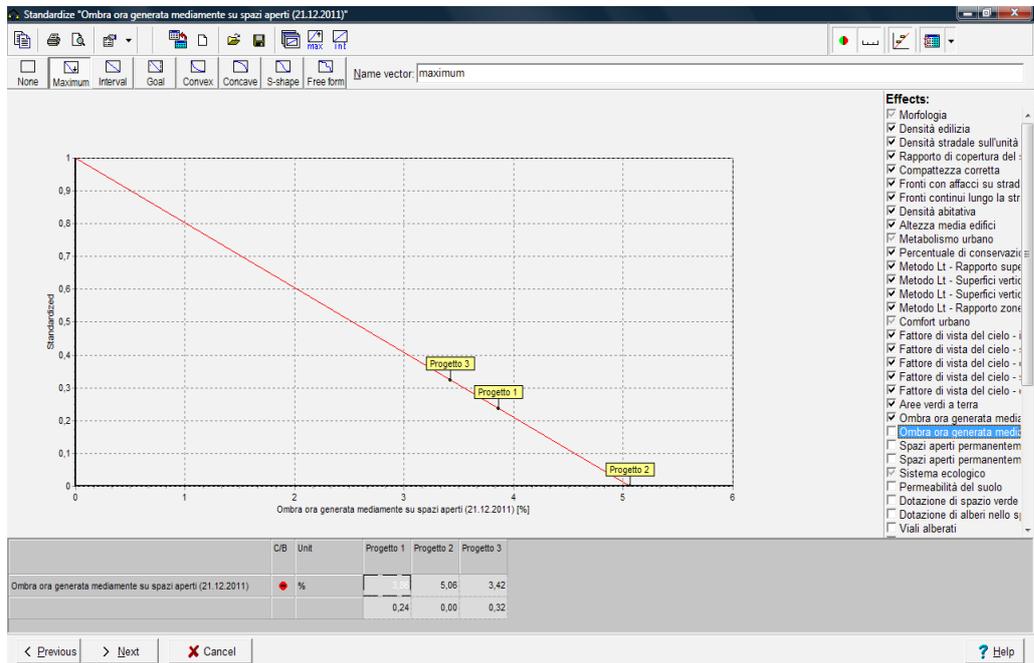
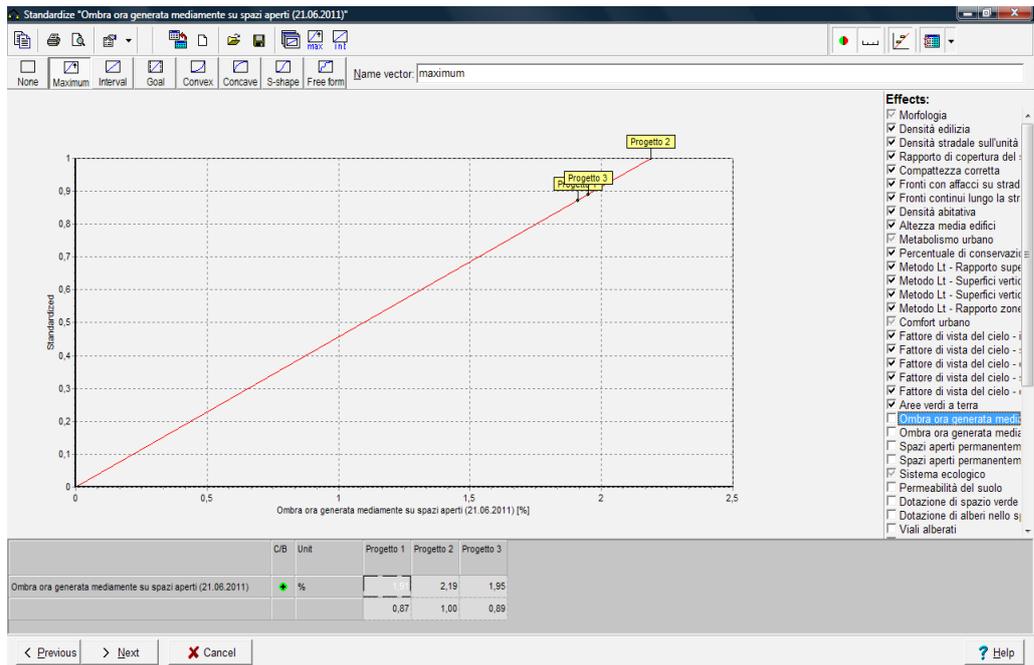


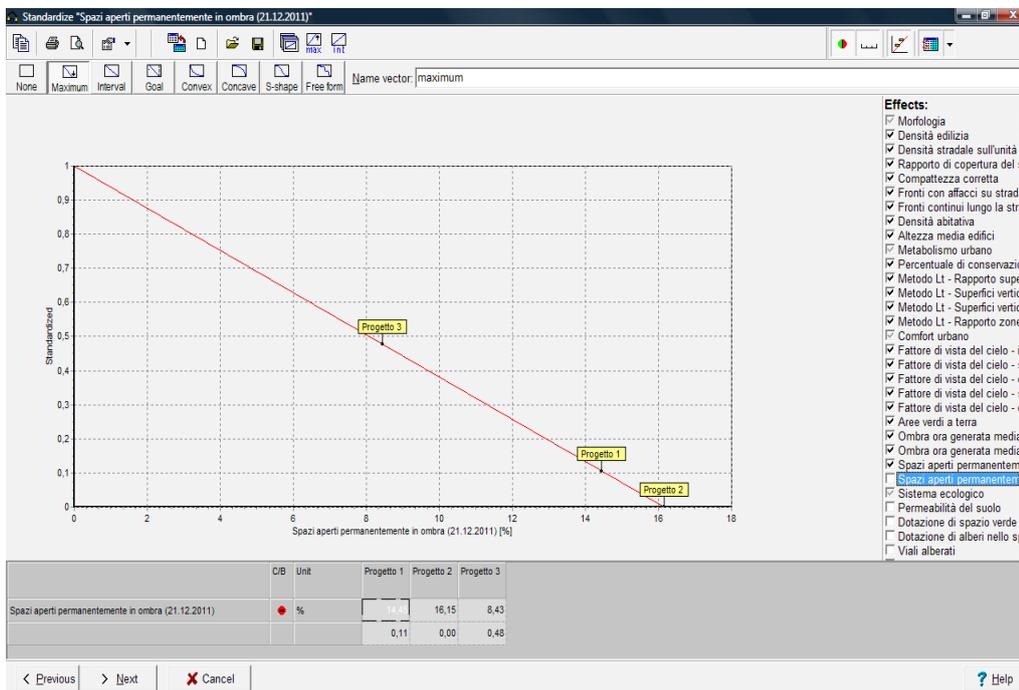
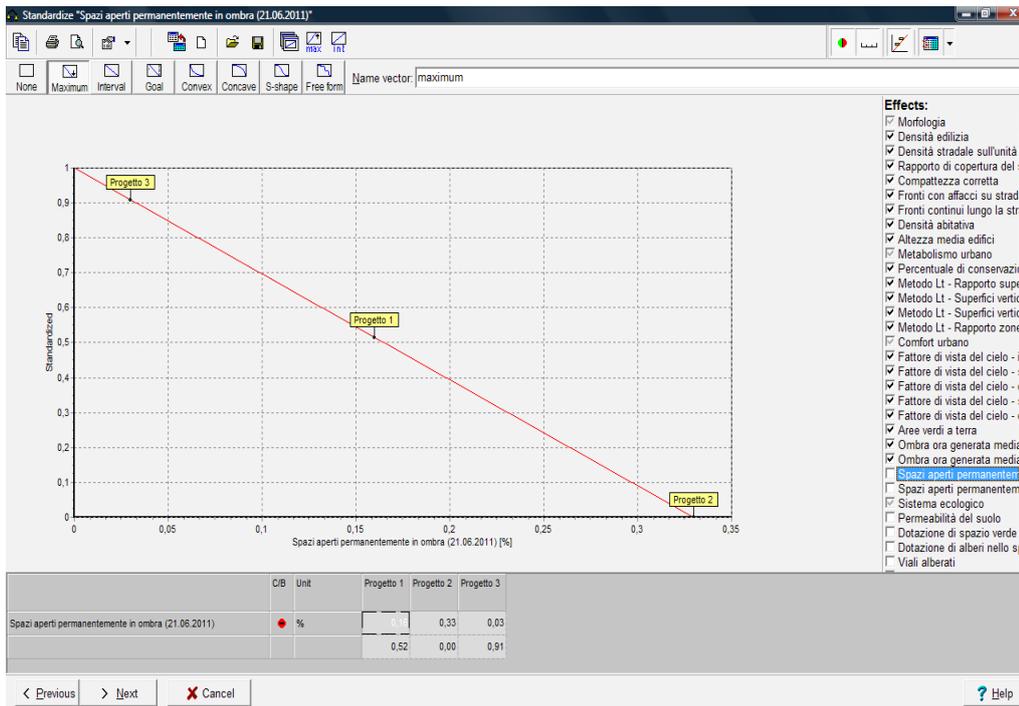


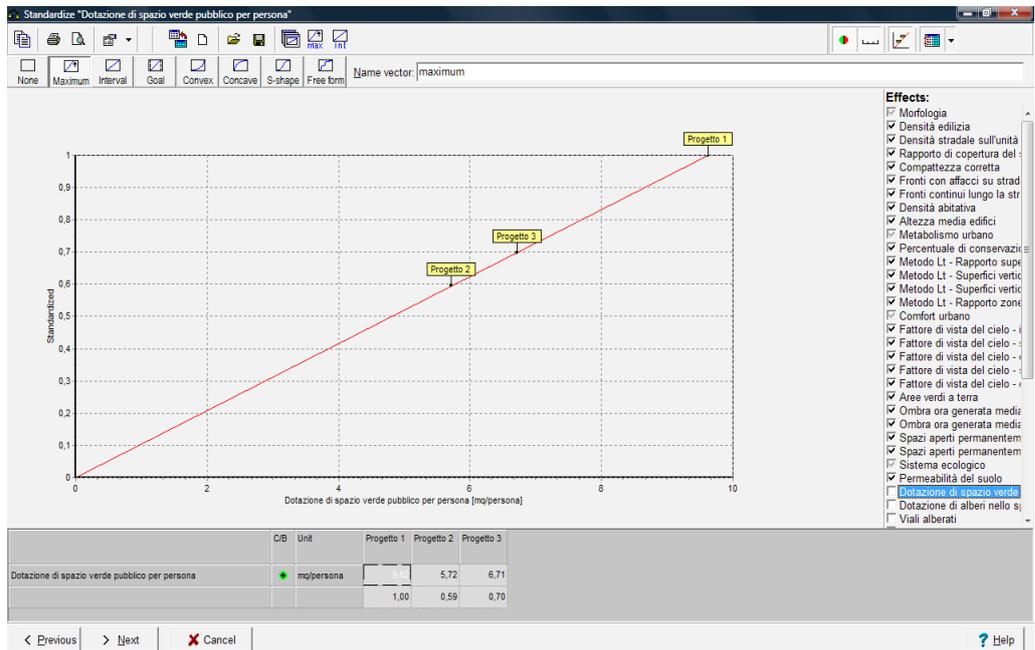
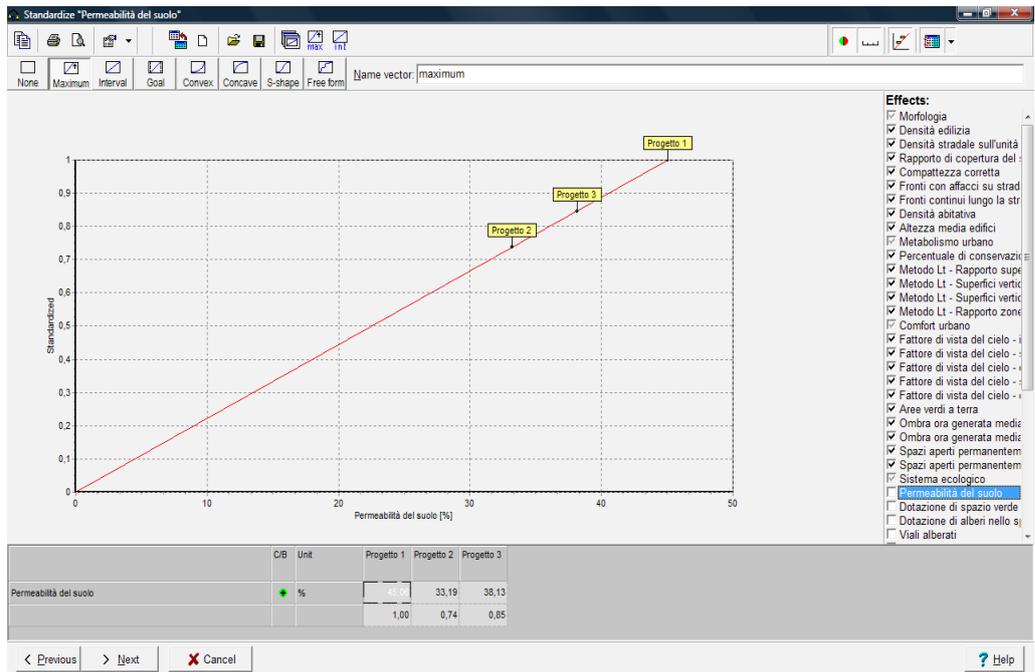


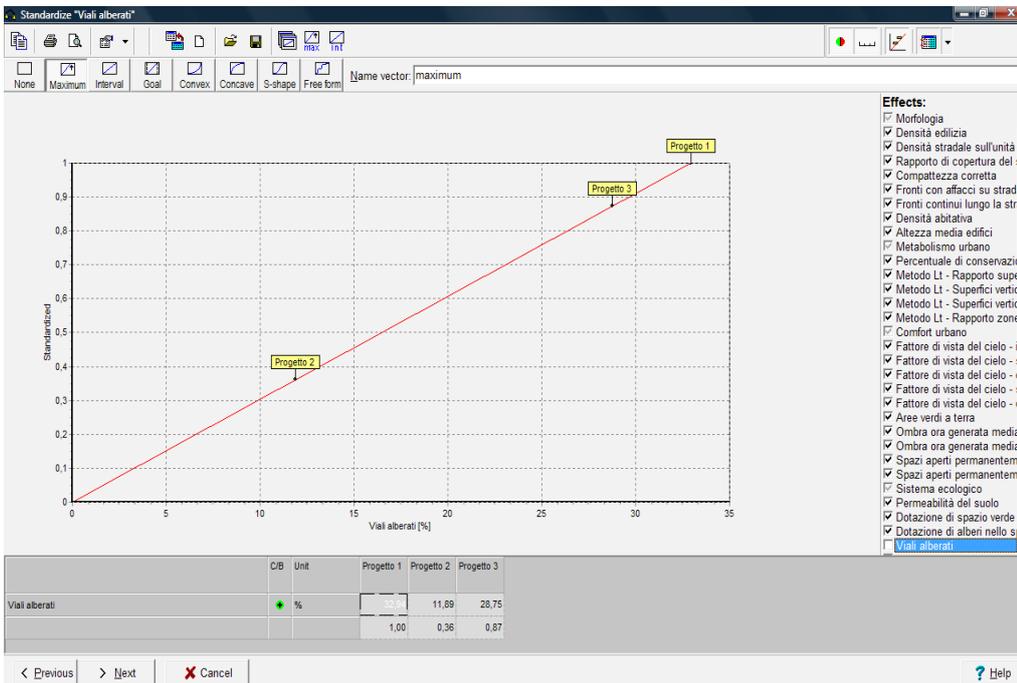
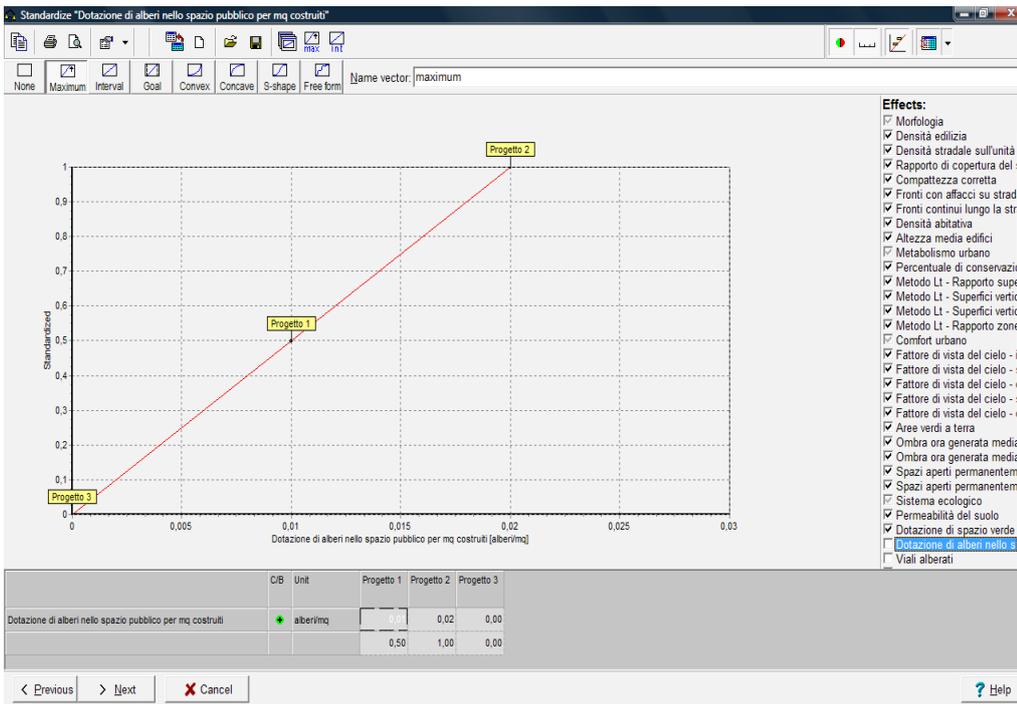


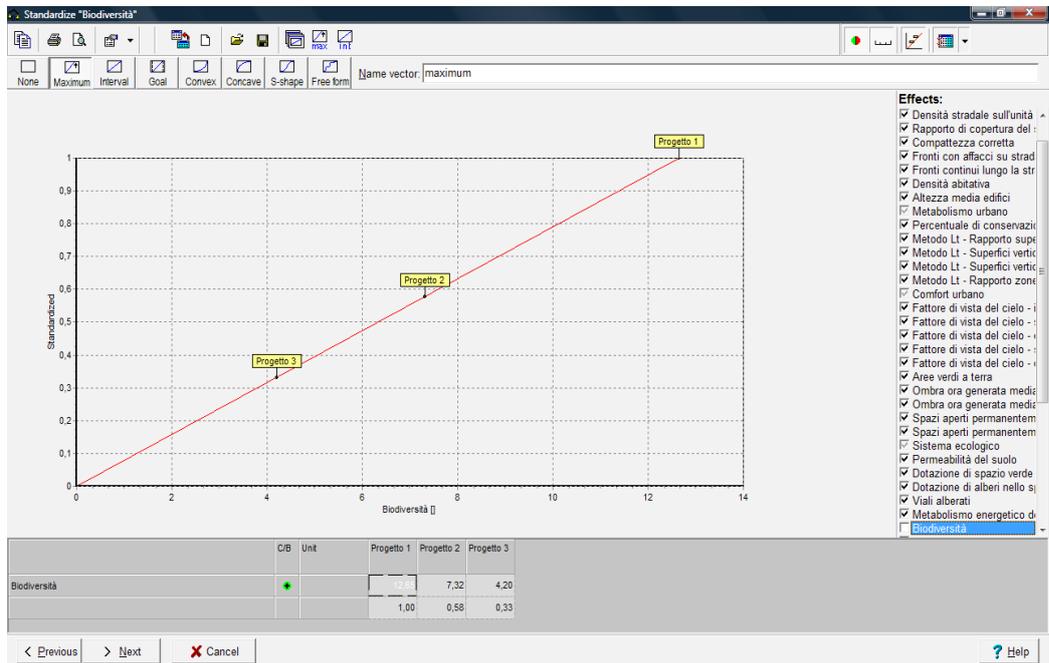
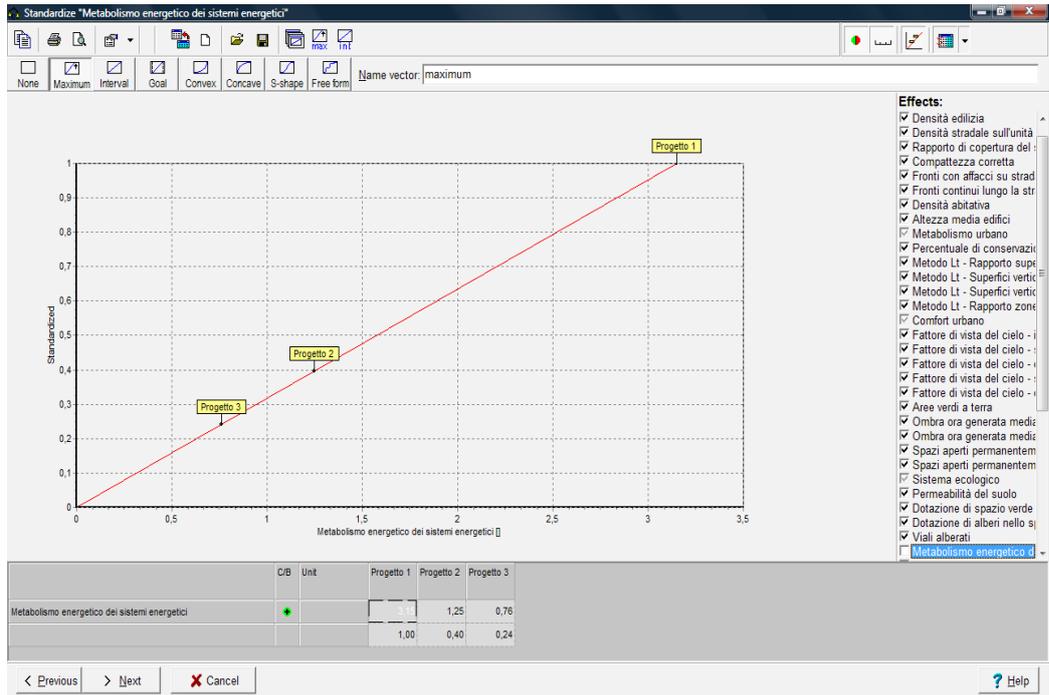


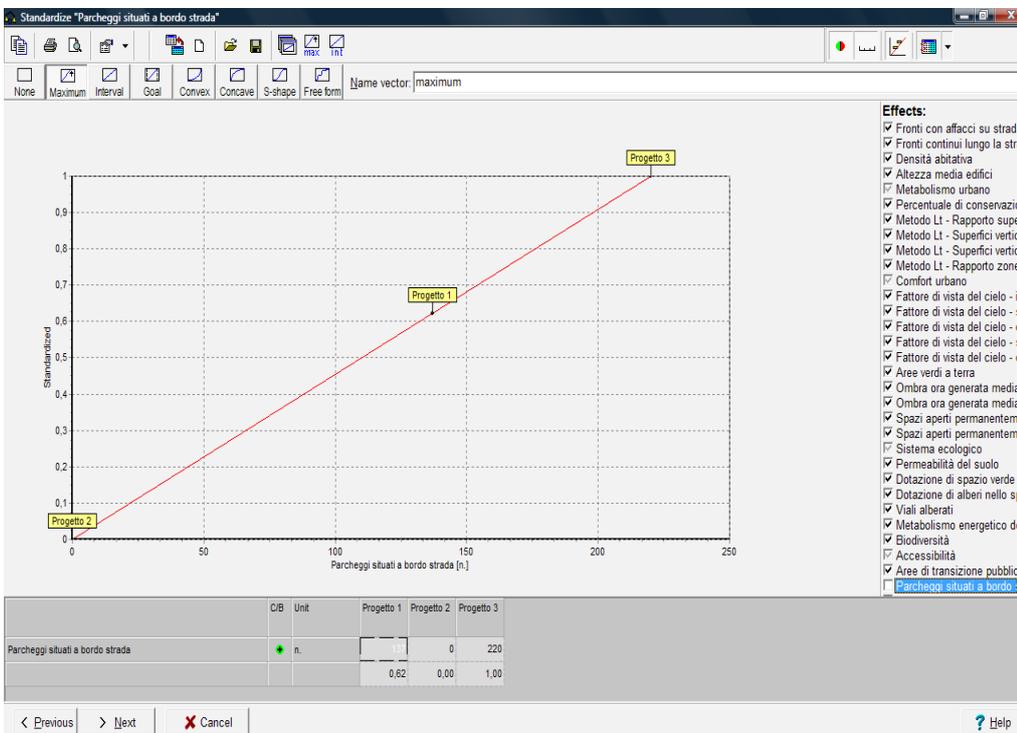
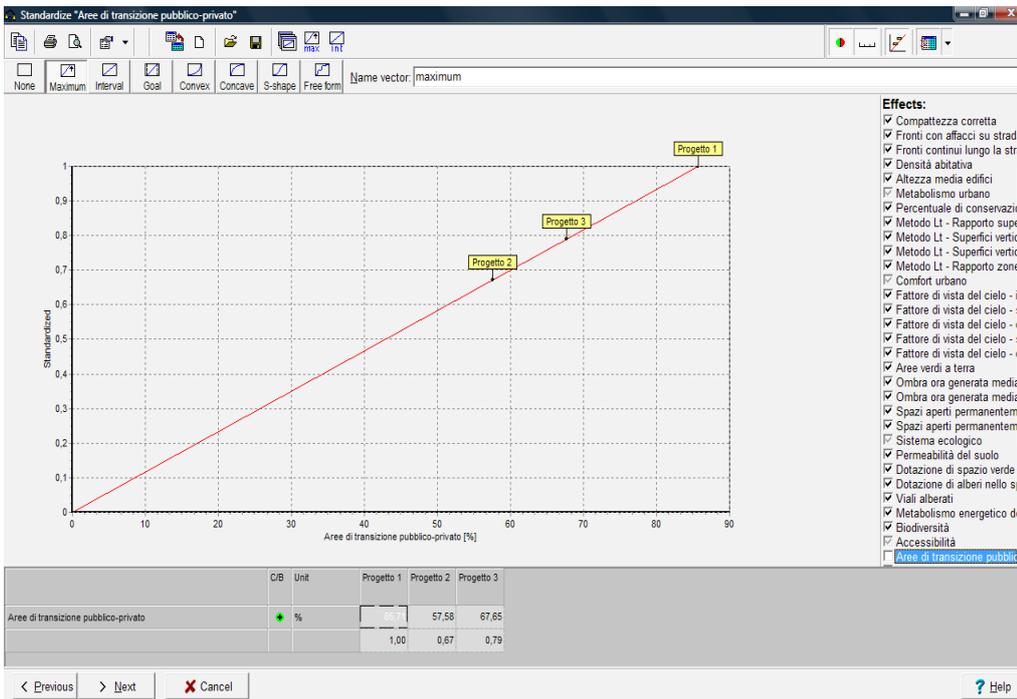


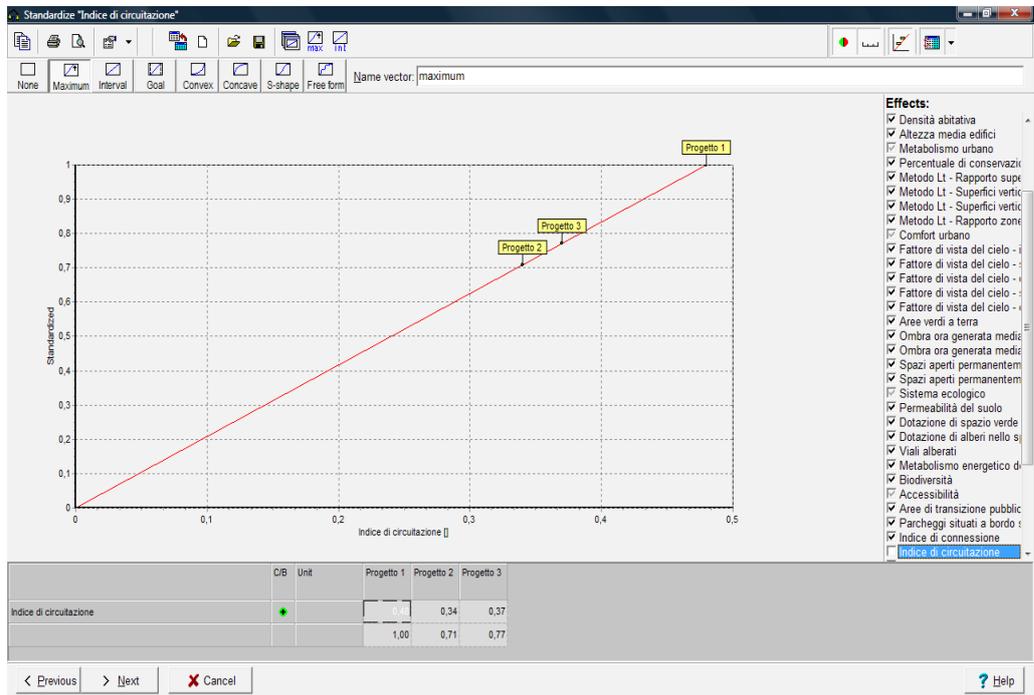
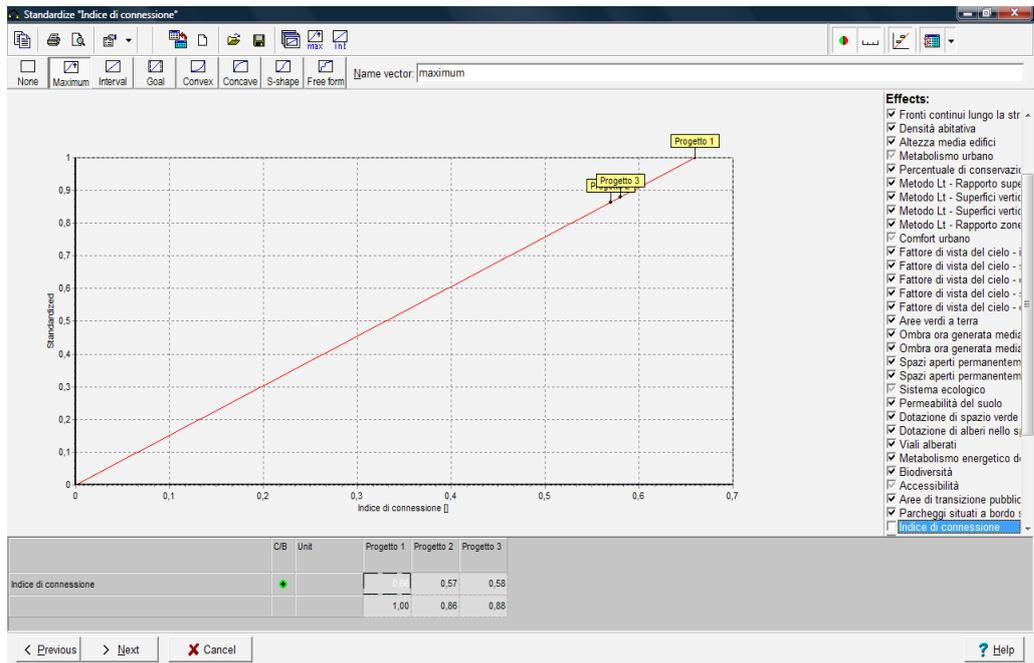


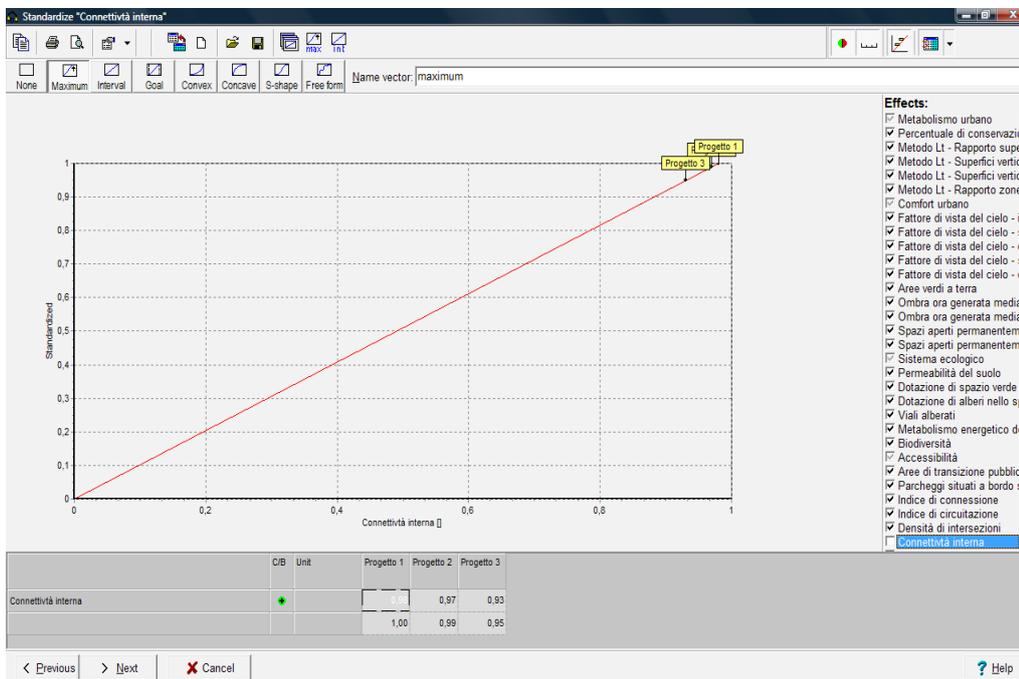
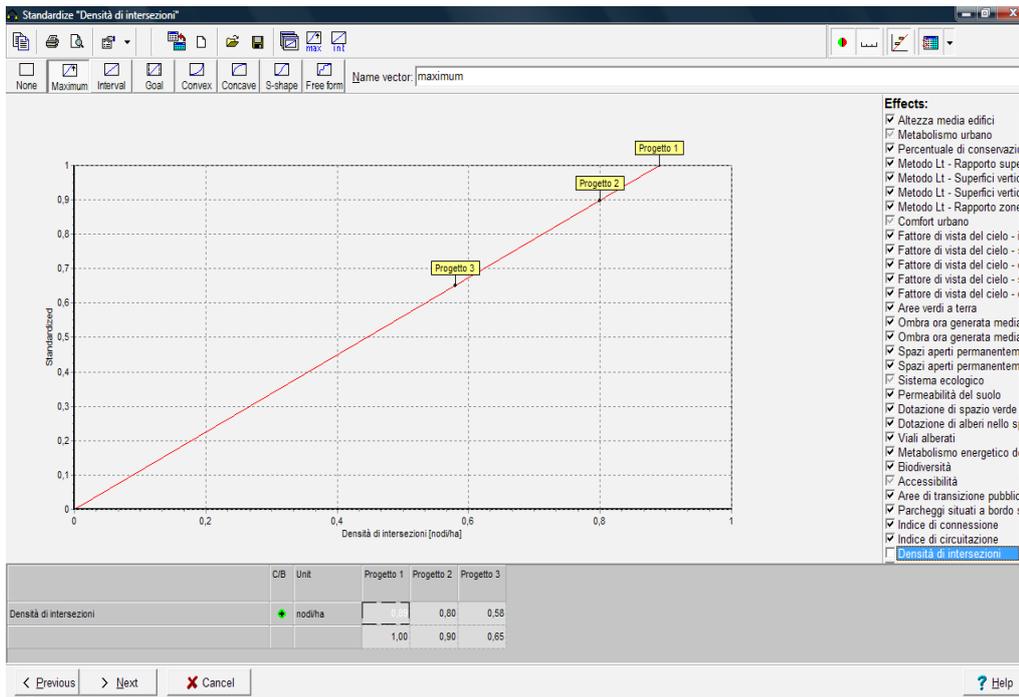


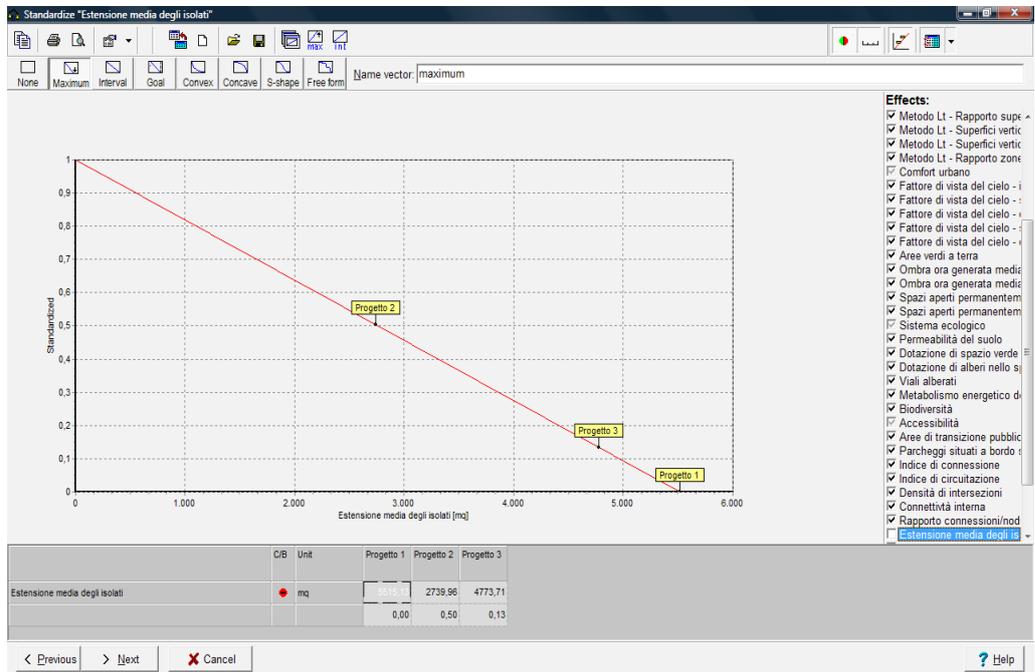
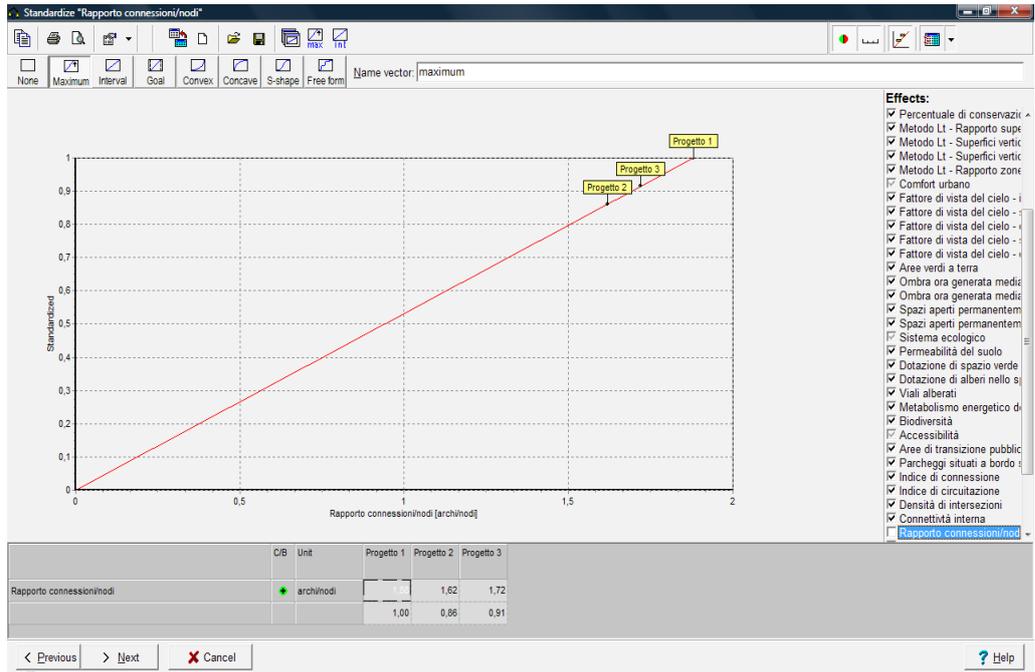


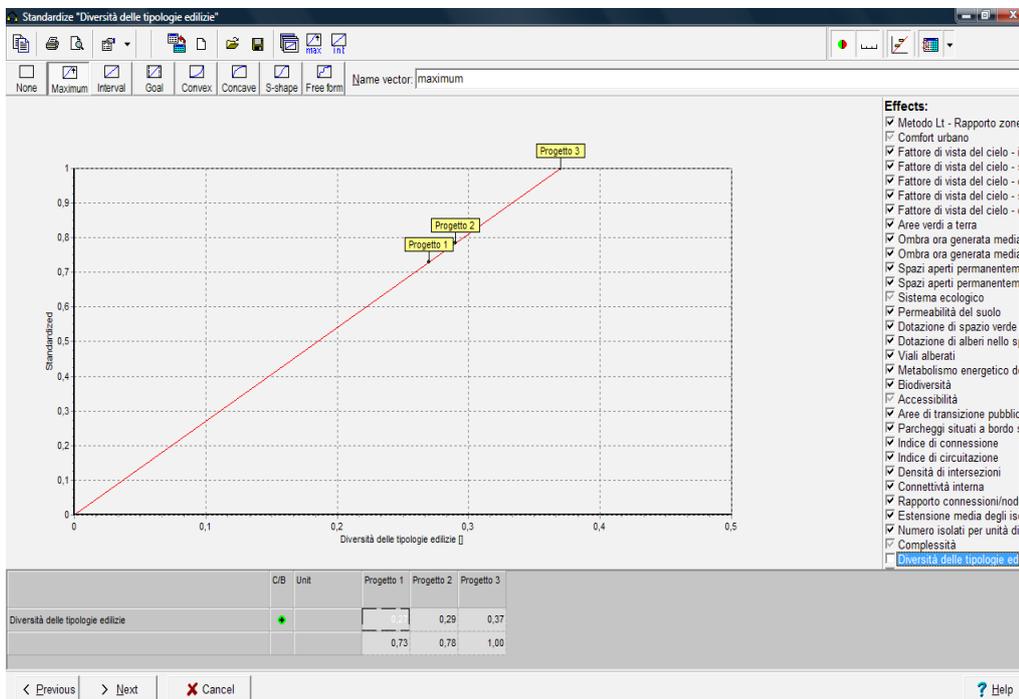
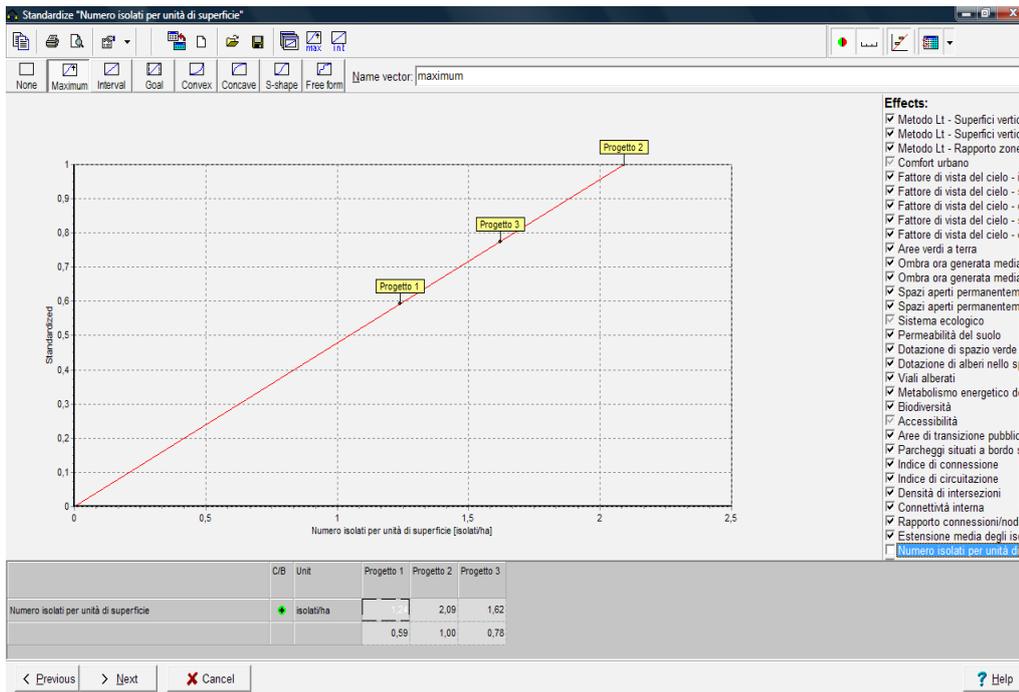


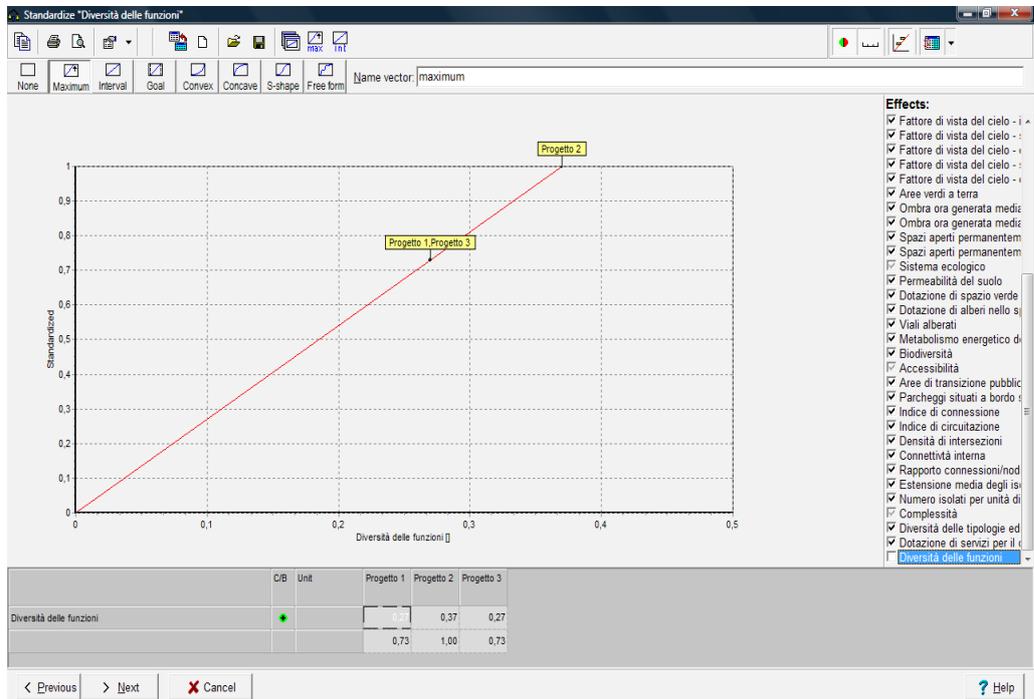
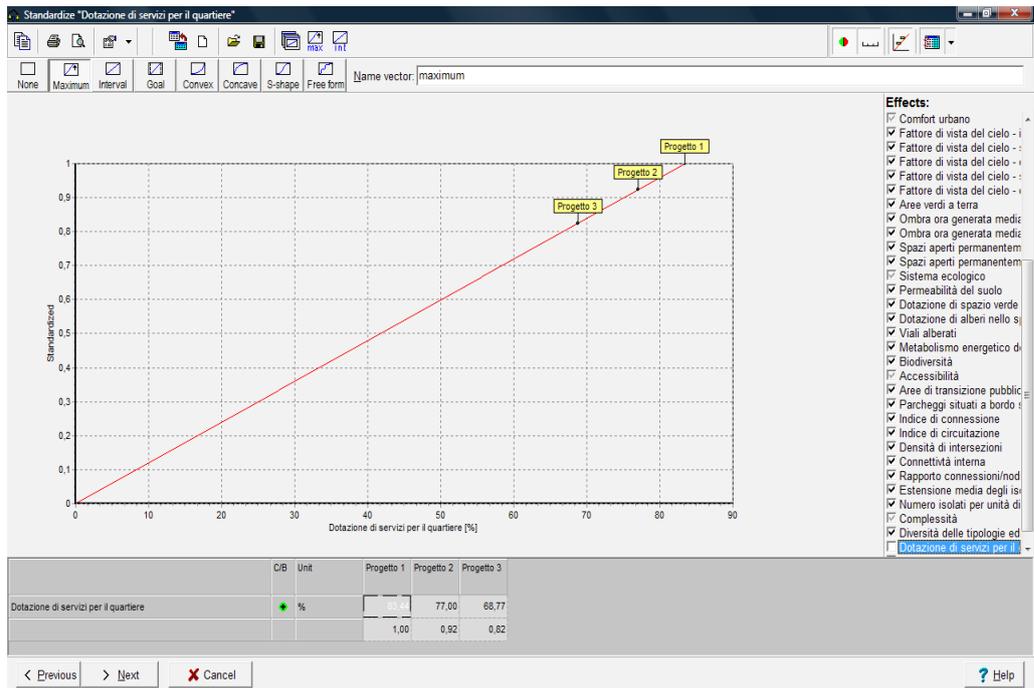












DEFINITE 2.0 - Lorenteggio_Alternative Sostenibili (3)

File View Module Multicriteria analysis Settings Help

Multicriteria analysis

Start Standardize Weights Rank Close

Method: Weighted summation Analysis Description: MCA 1: Weighted summation (maximum)

	C/B	Unit	Standardization method	Minimum Range	Maximum Range
Morfologia					
Densità edilizia	+	mq/mq	maximum	0.00	1.52
Densità stradale sull'unità di superficie	+	m/mq	maximum	0.00	0.05
Rapporto di copertura del suolo	-	%	maximum	0.00	34.22
Compattezza corretta	+	mq/mq	maximum	0.00	8.19
Fronti con affacci su strada	+	%	maximum	0.00	91.85
Fronti continui lungo la strada	+	%	maximum	0.00	64.80
Densità abitativa	-	ab/ha	maximum	0	581
Altezza media edifici	-	m	maximum	0.00	32.71
Metabolismo urbano					
Percentuale di conservazione dell'esistente	+	%	maximum	0.00	59.49
Metodo L1 - Rapporto superficie involucro/volume	-	mq/m	maximum	0.00	0.40
Metodo L1 - Superfici verticali orientate a sud	+	%	maximum	0.00	0.13
Metodo L1 - Superfici verticali orientate da sud-est a sud-ovest	+	%	maximum	0.00	0.33
Metodo L1 - Rapporto zone passive/zone non passive	+	n.	maximum	0.00	0.99
Comfort urbano					
Fattore di vista del cielo - intera area	+		maximum	0.00	0.83
Fattore di vista del cielo - spazi aperti	+		maximum	0.00	0.81
Fattore di vista del cielo - coperture	+		maximum	0.00	0.90
Fattore di vista del cielo - spazi aperti area ristretta	+		maximum	0.00	0.66
Fattore di vista del cielo - coperture area ristretta	+		maximum	0.00	0.81

DEFINITE 2.0 - Lorenteggio_Alternative Sostenibili (3)

File View Module Multicriteria analysis Settings Help

Multicriteria analysis

Start Standardize Weights Rank Close

Method: Weighted summation Analysis Description: MCA 1: Weighted summation (maximum)

	C/B	Unit	Standardization method	Minimum Range	Maximum Range
Fattore di vista del cielo - intera area	+		maximum	0.00	0.83
Fattore di vista del cielo - spazi aperti	+		maximum	0.00	0.81
Fattore di vista del cielo - coperture	+		maximum	0.00	0.90
Fattore di vista del cielo - spazi aperti area ristretta	+		maximum	0.00	0.66
Fattore di vista del cielo - coperture area ristretta	+		maximum	0.00	0.81
Aree verdi a terra	+	%	maximum	0.00	37.44
Ombra ora generata mediamente su spazi aperti (21.06.2011)	+	%	maximum	0.00	2.19
Ombra ora generata mediamente su spazi aperti (21.12.2011)	-	%	maximum	0.00	5.06
Spazi aperti permanentemente in ombra (21.06.2011)	-	%	maximum	0.00	0.33
Spazi aperti permanentemente in ombra (21.12.2011)	-	%	maximum	0.00	16.15
Sistema ecologico					
Permeabilità del suolo	+	%	maximum	0.00	45.06
Dotazione di spazio verde pubblico per persona	+	mq/persona	maximum	0.00	9.62
Dotazione di alberi nello spazio pubblico per mq costruiti	+	alberi/mq	maximum	0.00	0.02
Viali alberati	+	%	maximum	0.00	32.94
Metabolismo energetico dei sistemi energetici	+		maximum	0.00	3.15
Biodiversità	+		maximum	0.00	12.65
Accessibilità					
Aree di transizione pubblico-privato	+	%	maximum	0.00	85.71
Parcheggi situati a bordo strada	+	n.	maximum	0	220
Indice di connessione	+		maximum	0.00	0.66

DEFINITE 2.0 - Lorenteggio_Alternative Sostenibili (3)

File View Module Multicriteria analysis Settings Help

Multicriteria analysis Start Standardize Weights Rank Close

Method: Weighted summation Analysis Description: MCA 1: Weighted summation (maximum)

	C/B	Unit	Standardization method	Minimum Range	Maximum Range
Densità edilizia	●	mq/mq	maximum	0,00	1,52
Densità stradale sull'unità di superficie	●	mq/mq	maximum	0,00	0,05
Rapporto di copertura del suolo	●	%	maximum	0,00	34,22
Compattezza corretta	●	mq/mq	maximum	0,00	8,19
Fronti con affacci su strada	●	%	maximum	0,00	91,85
Fronti continui lungo la strada	●	%	maximum	0,00	64,80
Densità abitativa	●	abi/ha	maximum	0	581
Altezza media edifici	●	m	maximum	0,00	32,71
Metabolismo urbano					
Percentuale di conservazione dell'esistente	●	%	maximum	0,00	59,49
Metodo Lt - Rapporto superficie involucro/volume	●	mq/m	maximum	0,00	0,40
Metodo Lt - Superfici verticali orientate a sud	●	%	maximum	0,00	0,13
Metodo Lt - Superfici verticali orientate da sud/est a sud/ovest	●	%	maximum	0,00	0,33
Metodo Lt - Rapporto zone passive/zone non passive	●	n.	maximum	0,00	0,99
Comfort urbano					
Fattore di vista del cielo - intera area	●		maximum	0,00	0,83
Fattore di vista del cielo - spazi aperti	●		maximum	0,00	0,81
Fattore di vista del cielo - coperture	●		maximum	0,00	0,90
Fattore di vista del cielo - spazi aperti area ristretta	●		maximum	0,00	0,66
Fattore di vista del cielo - coperture area ristretta	●		maximum	0,00	0,81
Aree verdi a terra	●	%	maximum	0,00	37,44

2. Attribuzione di pesi

Assess weights Effects of "Morfologia"

Method: Direct Name vector: Direct (incomplete)

	Minimum Range	Maximum Range	Weight level 2
Densità edilizia	0,00	1,52	0,125
Densità stradale sull'unità di superficie	0,00	0,05	0,125
Rapporto di copertura del suolo	0,00	34,22	0,125
Compattezza corretta	0,00	8,19	0,125
Fronti con affacci su strada	0,00	91,85	0,125
Fronti continui lungo la strada	0,00	64,80	0,125
Densità abitativa	0	581	0,125
Altezza media edifici	0,00	32,71	0,125
Total			1,000

Groups:

- Morfologia
- Metabolismo urbano
- Comfort urbano
- Sistema ecologico
- Accessibilità
- Complessità
- Main groups

< Previous > Next X Cancel ? Help

Assess weights Effects of "Metabolismo urbano"

Method: Direct Name vector: Direct (Incomplete)

	Minimum Range	Maximum Range	Weight level 2
Percentuale di conservazione dell'esistente	0,00	59,49	0,200
Metodo L1 - Rapporto superficie involucro/volume	0,00	0,40	0,200
Metodo L1 - Superfici verticali orientate a sud	0,00	0,13	0,200
Metodo L1 - Superfici verticali orientate da sud/est a sud/ovest	0,00	0,33	0,200
Metodo L1 - Rapporto zone passive/zone non passive	0,00	0,99	0,200
Total			1,000

Groups:

- Morfologia
- Metabolismo urbano**
- Comfort urbano
- Sistema ecologico
- Accessibilità
- Complessità
- Main groups

< Previous > Next X Cancel ? Help

Assess weights Effects of "Comfort urbano"

Method: Direct Name vector: Direct (Incomplete)

	Minimum Range	Maximum Range	Weight level 2
Fattore di vista del cielo - intera area	0,00	0,83	0,100
Fattore di vista del cielo - spazi aperti	0,00	0,81	0,100
Fattore di vista del cielo - coperture	0,00	0,90	0,100
Fattore di vista del cielo - spazi aperti area ristretta	0,00	0,66	0,100
Fattore di vista del cielo - coperture area ristretta	0,00	0,81	0,100
Aree verdi a terra	0,00	37,44	0,100
Ombra ora generata mediamente su spazi aperti (21.06.2011)	0,00	2,19	0,100
Ombra ora generata mediamente su spazi aperti (21.12.2011)	0,00	5,06	0,100
Spazi aperti permanentemente in ombra (21.06.2011)	0,00	0,33	0,100
Spazi aperti permanentemente in ombra (21.12.2011)	0,00	16,15	0,100
Total			1,000

Groups:

- Morfologia
- Metabolismo urbano
- Comfort urbano**
- Sistema ecologico
- Accessibilità
- Complessità
- Main groups

< Previous > Next X Cancel ? Help

6 | Allegati

Assess weights Effects of "Sistema ecologico"

Method: Direct Name vector: Direct (Incomplete)

	Minimum Range	Maximum Range	Weight level 2
Permeabilità del suolo	0,00	45,06	0,167
Dotazione di spazio verde pubblico per persona	0,00	9,62	0,167
Dotazione di alberi nello spazio pubblico per mq costruiti	0,00	0,02	0,167
Viali alberati	0,00	32,94	0,167
Metabolismo energetico dei sistemi energetici	0,00	3,15	0,167
Biodiversità	0,00	12,65	0,167

Total 1,000

Groups:

- Morfologia
- Metabolismo urbano
- Comfort urbano
- Sistema ecologico
- Accessibilità
- Complessità
- Main groups

< Previous > Next X Cancel ? Help

Assess weights Effects of "Accessibilità"

Method: Direct Name vector: Direct (Incomplete)

	Minimum Range	Maximum Range	Weight level 2
Aree di transizione pubblico-privato	0,00	85,74	0,111
Parcheggi situati a bordo strada	0	220	0,111
Indice di connessione	0,00	0,66	0,111
Indice di circolazione	0,00	0,48	0,111
Densità di intersezioni	0,00	0,89	0,111
Connettività interna	0,00	0,98	0,111
Rapporto connessione/nodi	0,00	1,88	0,111
Estensione media degli isolati	0,00	5515,13	0,111
Numero isolati per unità di superficie	0,00	2,09	0,111

Total 1,000

Groups:

- Morfologia
- Metabolismo urbano
- Comfort urbano
- Sistema ecologico
- Accessibilità
- Complessità
- Main groups

< Previous > Next X Cancel ? Help

Assess weights Effects of "Complessità"

Method: Direct Name vector: Direct (Incomplete)

	Minimum Range	Maximum Range	Weight level 2
Diversità delle tipologie edilizie	0,00	0,37	0,333
Dotazione di servizi per il quartiere	0,00	83,44	0,333
Diversità delle funzioni	0,00	0,37	0,333
Total			1,000

Groups:

- Morfologia
- Metabolismo urbano
- Comfort urbano
- Sistema ecologico
- Accessibilità
- Complessità**
- Main groups

< Previous > Next X Cancel ? Help

Assess weights Main groups

Method: Direct Name vector: Direct (Morfologia: 0,167)

	Weight level 1	
Morfologia	0,167	
Metabolismo urbano	0,167	
Comfort urbano	0,167	
Sistema ecologico	0,167	
Accessibilità	0,167	
Complessità	0,167	
Total		1,000

Groups:

- Morfologia
- Metabolismo urbano
- Comfort urbano
- Sistema ecologico
- Accessibilità
- Complessità
- Main groups**

< Previous > Next X Cancel ? Help

Matrice con attribuzione dei pesi

DEFINITE 2.0 - Lorenteggio Alternative Sostenibili (3)

File View Module Multicriteria analysis Settings Help

Multicriteria analysis Start Standardize Weights Rank Close

Method: Weighted summation Analysis Description: MCA 1: Weighted summation (maximum; Direct (Morfologia: 0,167))

	ClB	Unit	Standardization method	Minimum Range	Maximum Range	Weight level 1	Weight level 2	Weight
Morfologia								
								0,167
Densità edilizia	●	mq/mq	maximum	0,00	1,52	0,125		0,021
Densità stradale sull'unità di superficie	●	m/mq	maximum	0,00	0,05	0,125		0,021
Rapporto di copertura del suolo	●	%	maximum	0,00	34,22	0,125		0,021
Compattezza corretta	●	mc/mq	maximum	0,00	8,19	0,125		0,021
Fronti con affacci su strada	●	%	maximum	0,00	91,85	0,125		0,021
Fronti continui lungo la strada	●	%	maximum	0,00	64,80	0,125		0,021
Densità abitativa	●	ab/ha	maximum	0	581	0,125		0,021
Altezza media edifici	●	m	maximum	0,00	32,71	0,125		0,021
Metabolismo urbano								
								0,167
Percentuale di conservazione dell'esistente	●	%	maximum	0,00	59,49	0,200		0,033
Metodo Lt - Rapporto superficie involucro/volume	●	mq/m	maximum	0,00	0,40	0,200		0,033
Metodo Lt - Superfici verticali orientate a sud	●	%	maximum	0,00	0,13	0,200		0,033
Metodo Lt - Superfici verticali orientate da sud/est a sud/ovest	●	%	maximum	0,00	0,33	0,200		0,033
Metodo Lt - Rapporto zone passive/zone non passive	●	n.	maximum	0,00	0,99	0,200		0,033
Comfort urbano								
								0,167
Fattore di vista del cielo - intera area	●		maximum	0,00	0,83	0,100		0,017
Fattore di vista del cielo - spazi aperti	●		maximum	0,00	0,81	0,100		0,017
Fattore di vista del cielo - coperture	●		maximum	0,00	0,90	0,100		0,017
Fattore di vista del cielo - spazi aperti area ristretta	●		maximum	0,00	0,66	0,100		0,017
Fattore di vista del cielo - coperture area ristretta	●		maximum	0,00	0,81	0,100		0,017

DEFINITE 2.0 - Lorenteggio Alternative Sostenibili (3)

File View Module Multicriteria analysis Settings Help

Multicriteria analysis Start Standardize Weights Rank Close

Method: Weighted summation Analysis Description: MCA 1: Weighted summation (maximum; Direct (Morfologia: 0,167))

	ClB	Unit	Standardization method	Minimum Range	Maximum Range	Weight level 1	Weight level 2	Weight
Comfort urbano								
								0,167
Fattore di vista del cielo - intera area	●		maximum	0,00	0,83	0,100		0,017
Fattore di vista del cielo - spazi aperti	●		maximum	0,00	0,81	0,100		0,017
Fattore di vista del cielo - coperture	●		maximum	0,00	0,90	0,100		0,017
Fattore di vista del cielo - spazi aperti area ristretta	●		maximum	0,00	0,66	0,100		0,017
Fattore di vista del cielo - coperture area ristretta	●		maximum	0,00	0,81	0,100		0,017
Aree verdi a terra	●	%	maximum	0,00	37,44	0,100		0,017
Ombratura generata mediamente su spazi aperti (21.06.2011)	●	%	maximum	0,00	2,19	0,100		0,017
Ombratura generata mediamente su spazi aperti (21.12.2011)	●	%	maximum	0,00	5,06	0,100		0,017
Spazi aperti permanentemente in ombra (21.06.2011)	●	%	maximum	0,00	0,33	0,100		0,017
Spazi aperti permanentemente in ombra (21.12.2011)	●	%	maximum	0,00	16,15	0,100		0,017
Sistema ecologico								
								0,167
Permeabilità del suolo	●	%	maximum	0,00	45,06	0,167		0,028
Dotazione di spazio verde pubblico per persona	●	mq/persona	maximum	0,00	9,62	0,167		0,028
Dotazione di alberi nello spazio pubblico per mq costruiti	●	alberi/mq	maximum	0,00	0,02	0,167		0,028
Viali alberati	●	%	maximum	0,00	32,94	0,167		0,028
Metabolismo energetico dei sistemi energetici	●		maximum	0,00	3,15	0,167		0,028
Biodiversità	●		maximum	0,00	12,65	0,167		0,028
Accessibilità								
								0,167
Aree di transizione pubblico-privato	●	%	maximum	0,00	85,71	0,111		0,019
Parcheggi situati a bordo strada	●	n.	maximum	0	220	0,111		0,019

DEFINITE 2.0 - Lorenteggio_Alternative Sostenibili (3)

File View Module Multicriteria analysis Settings Help

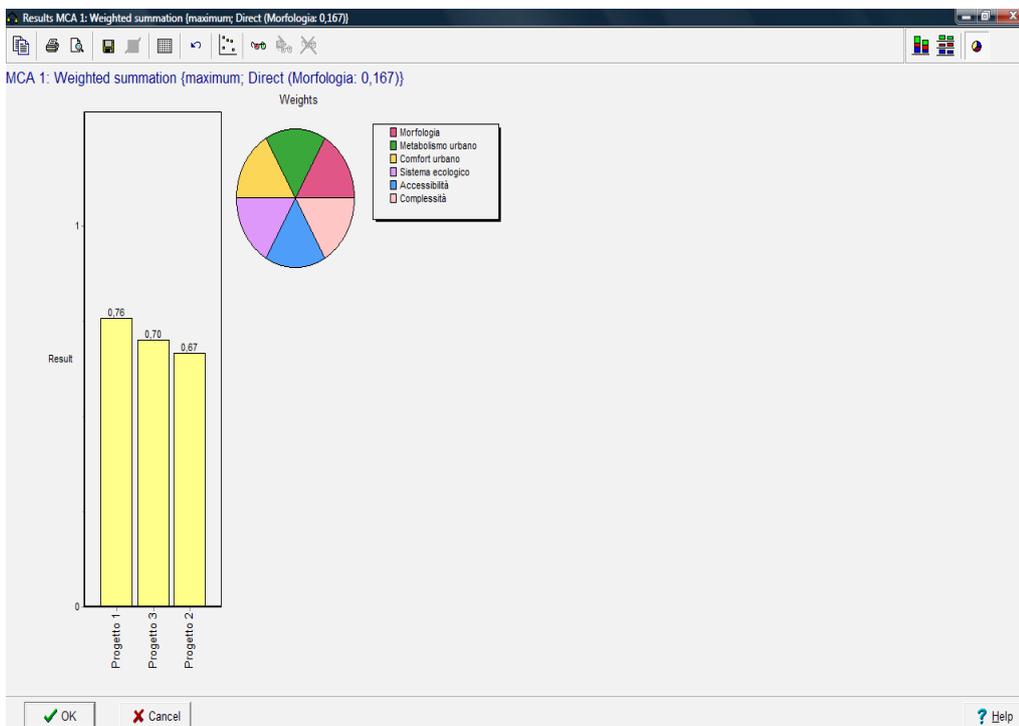
Multicriteria analysis

Start Standardize Weights Rank Close

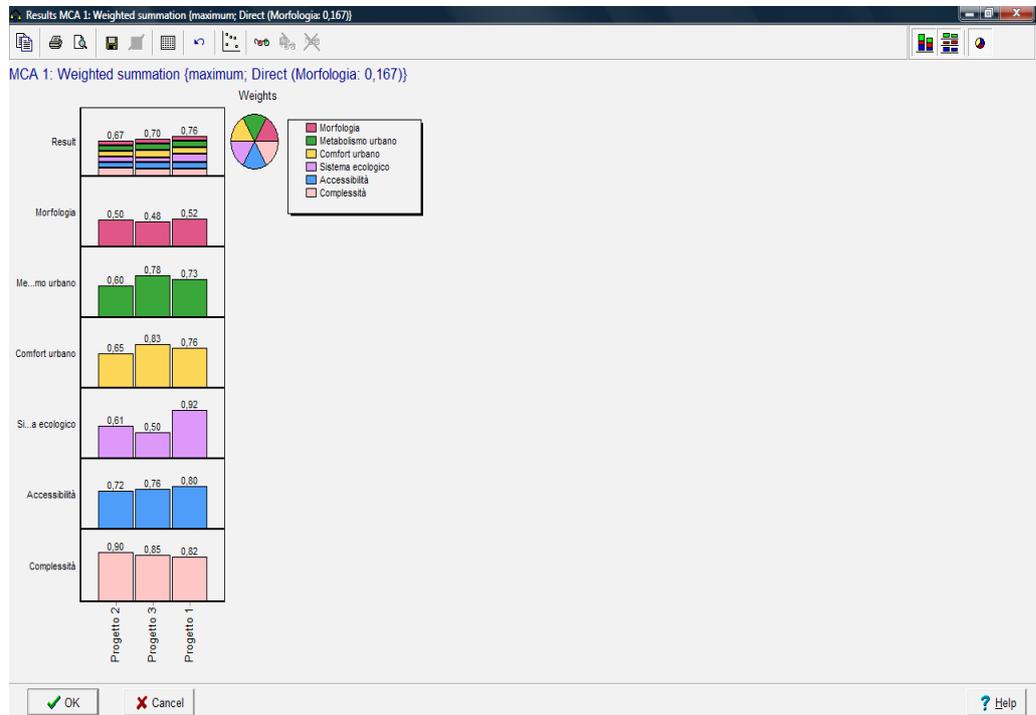
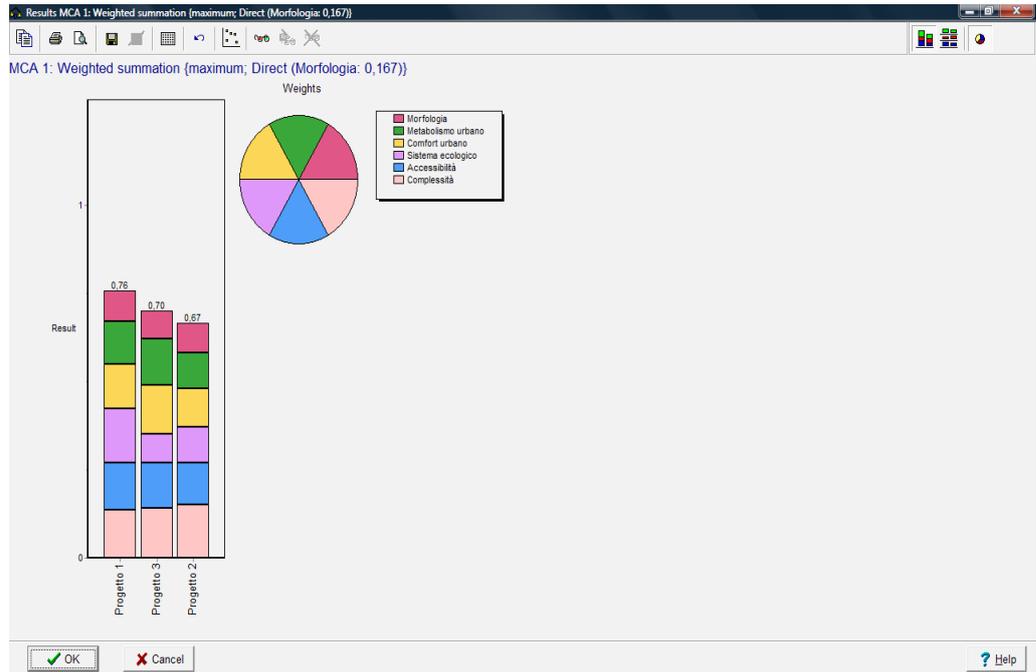
Method: Weighted summation Analysis Description: [MCA 1: Weighted summation (maximum: Direct (Morfologia: 0,167))]

	C/B	Unit	Standardization method	Minimum Range	Maximum Range	Weight level 1	Weight level 2
Permeabilità del suolo	+	%	maximum	0,00	45,06	0,167	0,028
Dotazione di spazio verde pubblico per persona	+	m ² /persona	maximum	0,00	9,62	0,167	0,028
Dotazione di alberi nello spazio pubblico per mq costruiti	+	alberi/mq	maximum	0,00	0,02	0,167	0,028
Viali alberati	+	%	maximum	0,00	32,94	0,167	0,028
Metabolismo energetico dei sistemi energetici	+		maximum	0,00	3,15	0,167	0,028
Biodiversità	+		maximum	0,00	12,65	0,167	0,028
- Accessibilità						0,167	
Aree di transizione pubblico-privato	+	%	maximum	0,00	85,71	0,111	0,019
Parcheggi situati a bordo strada	+	n.	maximum	0	220	0,111	0,019
Indice di connessione	+		maximum	0,00	0,66	0,111	0,019
Indice di circolazione	+		maximum	0,00	0,48	0,111	0,019
Densità di intersezioni	+	nod/ha	maximum	0,00	0,89	0,111	0,019
Connettività interna	+		maximum	0,00	0,98	0,111	0,019
Rapporto connessioni/nodi	+	archi/nodi	maximum	0,00	1,88	0,111	0,019
Estensione media degli isolati	-	m ²	maximum	0,00	5515,13	0,111	0,019
Numero isolati per unità di superficie	+	isolati/ha	maximum	0,00	2,09	0,111	0,019
- Complessità						0,167	
Diversità delle tipologie edilizie	+		maximum	0,00	0,37	0,333	0,056
Dotazione di servizi per il quartiere	+	%	maximum	0,00	83,44	0,333	0,056
Diversità delle funzioni	+		maximum	0,00	0,37	0,333	0,056

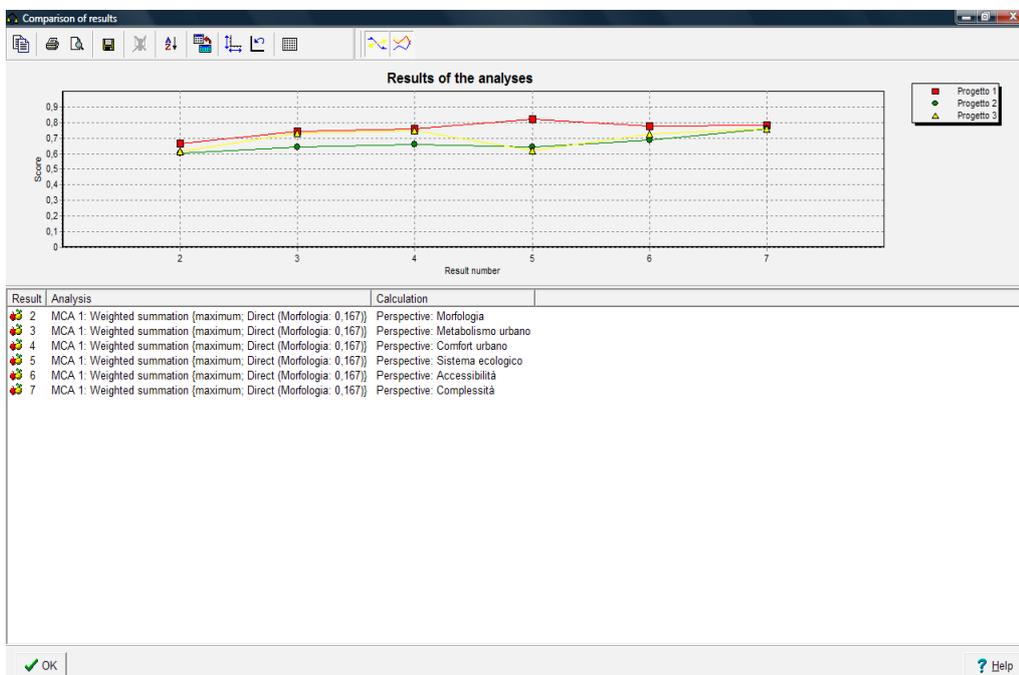
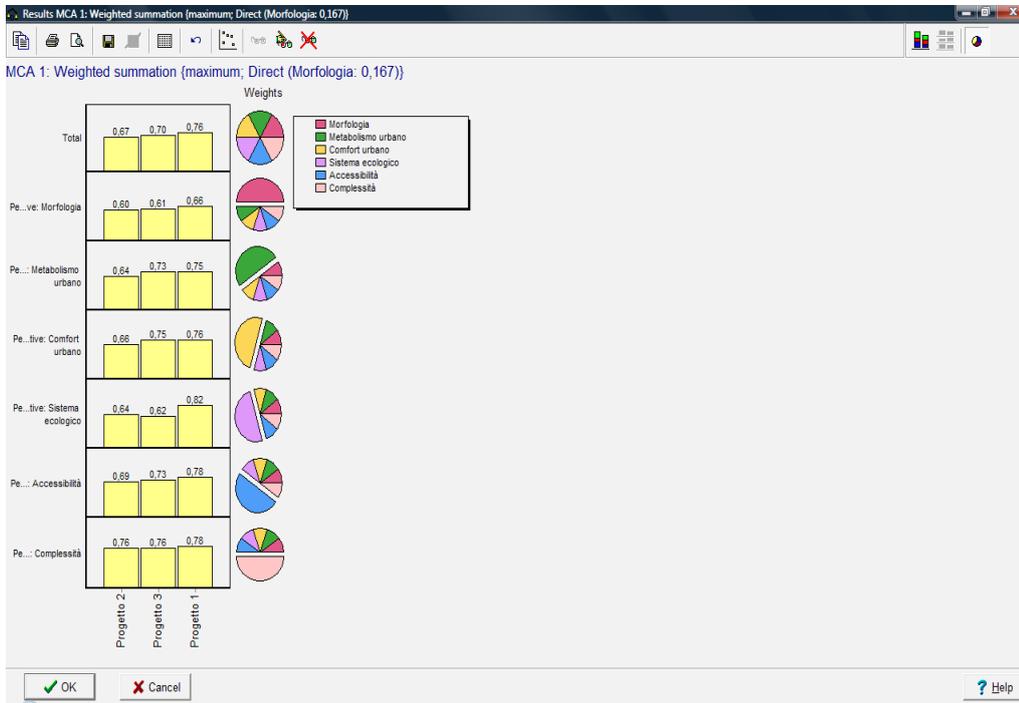
3. Ordine di preferibilità dei progetti (con pesi uguali)



6 | Allegati



4. Analisi di sensitività



BIBLIOGRAFIA

7

BIBLIOGRAFIA

- Agenzia di ecologia urbana di Barcellona, (2007). *Piano speciale degli indicatori di sostenibilità ambientale dell'attività urbanistica di Siviglia*.
- Alexander E. R., (ed) (2006). *Evaluation in Planning. Evolution and Prospects*. Ashgate, Aldershot.
- Alexander, C., *A pattern language*, Oxford University Press, New York.
- Allmendinger P., Tewdwr-Jones M (2006) *Territory, Identity and Space: Planning in a Disunited Kingdom*, Routledge, London.
- Amler B., Etke D., Eger H., Ehrich C., Kohler A., Kutter A., von Lossau A., Müller U., Seidemann S., Steurer R., Zimmermann W. (1999). *Land Use Planning: Methods, Strategies and Tools*. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit [http://www.iapad.org.publications/ppgis/gtzplup.pdf, access October 2009].
- Baker, N., & Steemers, K. (1992). *The LT Method*. In J. R. Goulding, J. Owen Lewis, & T. C. Steemers (A cura di), *Energy in architecture: the European passive solar handbook*. Batsford for the Commission of the European Community. London.
- Baker, N., & Steemers, K. (2000). *Energy and Environment in Architecture*, London: E&FN Spon.
- Blengini, G. A., (Marzo 2009). Life cycle of buildings, demolition and recycling potential: A case study in Turin, Italy, *Building and Environment*, 44, 319–330
- Blumenfeld, H. (1957). Residential densities, *American Society of Planning Officials*.
- Bologna, G., (2009). *Manuale della sostenibilità*, Ed. Ambiente, Milano.
- Bosselman, P., (2008), *Urban Transformation*, Island Press, US.
- Bottero, M., (2005). *Progetto ambiente*, Libreria CLUP, Milano.
- Brundtland Commission (WCED, 1987), Report: "Our common future", *Commissione mondiale sull'ambiente e sullo sviluppo*.
- Cerreta, M., (2010). Thinking through complex Values, in Cerreta, M., Concilio, G., Monno, V., *Making Strategies in Spatial Planning*, Springer, London-New York.
- Charter of the Congress for the New Urbanism*, 1996
- Colantonio, A., (Luglio 2007). Measuring Social Sustainability: Best Practice from Urban Renewal in the EU. Social Sustainability: An Exploratory Analysis of its Definition, Assessment Methods, Metrics and Tools, Luglio 2007, *EIBURS Working Paper Series*.
- Columbia University, Tsinghua University, and McKinsey & Company, (2010). *The urban Sustainability Index: A New Tool for Measuring China's Cities*, (2010).
- Concilio, G., (1999). *La conservazione del patrimonio culturale/ambientale: verso processi di valutazione*

- interattiva*. Tesi di dottorato di ricerca in: Metodi di valutazione per la conservazione integrata del patrimonio architettonico, urbano ed ambientale, "Università degli studi di Napoli, Federico II".
- Costanza, R., (1980). Embodied Energy and Economic Valuation, *Science*, vol.210, 12.
- Criterion Planners Engineers, 2001, INDEX PlanBuilder User Guide, Portland. Oppure: <http://www.crit.com/documents/planuserguide.pdf>
- Daly, H. E. (1991). *Steady State Economics*, (seconda edizione con nuovi saggi). Washington, D.C.: Island Press.
- Daly, H. E. (1996), *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*. Boston: Beacon Press.
- Deakin M., Mitchell G., Nijkamp P., Vreeker R. (eds) (2007). *Sustainable Urban Development. The Environmental Assessment Methods (Vol. 2)*, Routledge, London
- Dessi, V., (2007). Progettare il comfort urbano, Sistemi Editoriali, Napoli.
- de Roo, G., Visser, J. (2004). *Slimme Methoden voor Milieu en Ruimte. Een Analyse van Zestien Toonaangevende Milieubeschouwende Methoden ten Behoeve van Planologische Keuzes* [Methods for the Integration of Environment in Spatial Planning], Faculty of Spatial Sciences, Groningen University, Groningen.
- Fabrizi P., Della Valle, M. F., (2010). *Il Verde Urbano, Struttura e Funzione*, Editore: Politecnica, Milano.
- Farr D., (2007). *Sustainable Urbanism: Urban Design with Nature*, Editore: Wiley.
- Faucheux S., Froger G., Munda G. (1997). *Toward an Integration of Uncertainty, Irreversibility, and Complexity in Environmental Decision Making*, in J.C.J.M. van den Bergh, J. Van der Straaten (eds), *Economy and Ecosystems in Change. Analytical and Historical Approaches*, Edward Elgar, Cheltenham, pp. 50-74.
- Funtowicz, S. O., Martinez-Alier, J., Munda, G., Ravetz, J. (2002). *Multicriteria-Based Environmental Policy*. In: Abaza, H., Baranzini, A., (eds) *Implementing Sustainable Development*, UNEP/Edward Elgar, Cheltenham, pp. 53-77.
- Fusco Girard L., (1987). *Risorse Architettoniche e Culturali: Valutazioni e Strategie di Conservazione*. Angeli, Milano.
- Fusco Girard, L., Cerreta, M., De Toro, P., Garzillo, C., *Le valutazioni integrate: gli approcci metodologici*, 2006. Estratto del lavoro preparato dagli autori per il Progetto Europeo Leonardo da Vinci 2000-2006, Development of Competencies and Skills in Local Agenda 21 Process, Piano d'azione comunitario I/01/B/F/PP-120592. Piano biennale con partner: Fondazione Istituto per il Lavoro (Coordinatore del progetto, Bologna); APAT – Dipartimento Strategie Integrate, Promozione e Comunicazione (Roma); Centre for Environment and Sustainability at the University of Goteborg; Centro de Politica de Suelo y Valoraciones, Universitat Politecnica de Barcelona; Fondazione Lanza (Padova); Istituto Ricerche Economiche e Sociali (Torino); Laboratorio delle Idee (Ancona); Katholische Universitat Eichstatt Ingolstadt; Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy; Dipartimento di Conservazione dei beni architettonici ed ambientali, Università degli Studi di

-
- Napoli Federico II (responsabile scientifico dell'unità locale di Napoli: prof. Luigi Fusco Girard). Indirizzo Internet: www.ambiente-lavoro.it
- Fusco Girard, L., Forte, B., Cerreta, M., De Toro, P., Forte, F., (eds) (2003). *The Human Sustainable City. Challengers and Perspectives from the Habitat Agenda*, Ashgate, Aldershot.
- Fusco Girard, L., Nijkamp, P., (1997). *Le valutazioni per lo sviluppo sostenibile della città e del territorio*, FrancoAngeli, Milano
- Giampietro M. (1999). *Implications of Complexity for an Integrated Assessment of Sustainability Trade-offs: Participative Definition of a Multi-Objective Multiple-Scale Performance Space*, Advanced Study Course on Decision tools and Processes for Integrated Environmental Assessment, Universitat Autònoma Barcelona, September 20th – October 1st.
- Giridharan, R., Ganesan, S., & Lau, S. (2004). Daytime urban heat island effect in high-rise and high-density residential developments in Hong Kong. *Energy and Buildings*, 36.
- Givoni, B. (1998). *Climate considerations in building and urban design*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Hernandez-Moreno, S., De Hojos-Martinez, J., (2010). Indicators of urban sustainability in Mexico. *Theoretical and Empirical Researches in Urban Management*, 7 (16).
- Howard, E. (1898). *Garden cities of tomorrow*, London, Faber and Faber (1946).
- Human Space Laboratory, *Densità abitative e tessuti urbani, Internal paper*, Cambridge MA, 2008
- J. Jacobs, (1961). *The death and life of a Great American Cities*, Random House and Vintage Books, New York.
- Jenks M., Burton E., Williams K. (editors), (1996). *The Compact City: A Sustainable Urban Form?*, E & FN Spon, London, UK.
- Jenks, M., Burton, E., Williams, K. (2000). *Achieving Sustainable Urban Form*, E & FN Spon, London, UK.
- Keeney, R. L. (1992). *Value-focused Thinking: A Path to Creative Decision-making*, Harvard University Press, Cambridge.
- Keeney R.L., Raiffa, H. (1976), *Decision with Multiple Objectives: Performance and Value Trade-Offs*, Wiley, New York.
- Kenworthy, J.R. and Laube, F.B. (1996). Automobile dependence in cities: An international comparison of urban transport and land use patterns with implications for sustainability. *Environmental Impact Assessment Review, Special Issue: Managing Urban Sustainability*.
- Kirdar Ü., (2003). *A Better and Stronger System of Human Governance*. In: Fusco Girard L, Forte B, Cerreta M, De Toro P, Forte F (eds) *The Human Sustainable City. Challengers and Perspectives from the Habitat Agenda*, Ashgate, Aldershot.
-

- Knowles, R. L. (1981). *Sun Rhythm Form*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Le Corbusier, (1943). *Athens Charter*, CIAM.
- Leed 2009* for neighborhood Development
- Leknes, E. (2001). *The Role of EIA in the Decision-Making Process*. *Environmental Impact Assessment Review*, 21(4), pp. 309–334.
- Lichfield, N., (1996). *Community Impact Evaluation*, UCL Press, London.
- Liew, A., Sundaram, D., (2009). *Flexible Modelling and Support of Interrelated Decisions*. *Decision Support Systems*, 46(4), pp.786-802.
- Littlefair, P. J. (1998). Passive solar urban design: ensuring the penetration of solar energy into the city. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2.
- Lynch, K. (1960). *The image of the city*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Marchetti C., (1994). Anthropological Invariants in Travel Behavior, *Technological Forecasting and Social Change*. Mayer, I., van Daalen, S., Els, C., Bots, P. W. G., (2004). *Perspectives on Policy Analyses: a Framework for Understanding and Design*. *International International Journal of Technology, Policy and Management*, 4 (2004), pp. 169–191.
- Mega, V., Pedersen, J. (1998) *European Sustainability Indicators*, European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, Ireland.
- Meta Berghauser Pont, Per Haupt, (2010). *Spacematrix, Space, Density and Urban Form*, Nai Publisher.
- Miller D., Patassini, D., (eds) (2005). *Beyond Benefit Cost Analysis. Accounting for Non-Market Values in Planning Evaluation*, Ashgate, Aldershot.
- Mindali O., Raveh A., Salomon I., 2004, Urban density and energy consumption: a new look at old statistics, *Transportation Research*.
- Morello E., (2009), “*La scala urbana e microurbana: analisi e progettazione ambientale della forma urbana*”, in Bertoldini M., Campioli A. (editors), *Cultura tecnologica e ambiente*, Città Studi UTET, Torino.
- Morello, E., (2010). Indicatori di connettività del tessuto urbano, *Materiale didattico per il corso: Laboratorio di Eco-urbanistica*, Milano.
- Morello, M. (2010), La progettazione ambientale della forma urbana. *Materiale didattico per il corso: Laboratorio di Eco-urbanistica*, Milano.
- Morello, E., & Ratti, C. (2009). SunScapes: ‘solar envelopes’ and the analysis of urban DEMs. *Computers, Environment and Urban Systems*, 33, 26-34.
- Munda, G., (2004). *Social Multi-Criteria Evaluation: Methodological Foundations and Operational Consequences*. *European Journal of Operational Research*, 158(3), pp. 662-677.

-
- Munda, G., (2008). *Social Multi-Criteria Evaluation for a Sustainable Economy*, Springer, Heidelberg.
- Newman, P., Jennings, I. (2008). *Cities as a Sustainable Ecosystems, Principles and Practices*, Island Press, London, pp.4 e p.119.
- Newman, P.W.G. and Kenworthy, (1989). *Cities and Automobile Dependence: An International Sourcebook*, Aldershot: Gower.
- Pasqui, (2011). *Lezione ai dottorandi del corso in Pianificazione e Governo del Territorio*, Politecnico di Milano.
- Porta, S., Renne, J. L., (2005). Linking urban design to sustainability: formal indicators of social urban sustainability field research in Perth, Western Australia, *URBAN DESIGN International 10*, Palgrave Macmillan, pp. 51–64.
- Ramos, M. C., & Steemers, K. (2005). Indicatori morfologici della qualità ambientale. In A. Rogora, & V. Dessi (A cura di), *Il comfort ambientale negli spazi aperti* (p. 37-46). Monfalcone, Italy: Edicom Edizioni.
- Ratti, C., Baker, N., & Steemers, K. (2005). Energy consumption and urban texture. *Energy and Buildings*, 37.
- Ratti, C., & Morello, E. (2005). SunScapes: extending the 'solar envelopes' concept through 'isosolar surfaces'. *Proceedings of the 22nd International Conference on Passive and Low Energy Architecture*. Beirut: NDU Press.
- Rogers, R., (1999). *Towards an urban renaissance*, Urban task force, London: E&FN Spon.
- Rogora, A., (2003), *Architettura e bioclimatica*, Sistemi Editoriali, Napoli.
- Rosen R. (1977). *Complexity as a System Property*, Int. J. General Systems, vol.3, pp. 227-232.
- Rosen R. (1985). *Anticipatory Systems: Philosophical, Mathematical and Methodological Foundations*, New York, Pergamon Press.
- Rosen R. (1991). *Life Itself: A Comprehensive Inquiry into the Nature, Origin and Fabrication of Life*, Columbia University Press, New York.
- Rosenhead, J. (2005). *Controversy on the Streets: Stakeholder Workshops on a Choice a Carnival Route*. In: Friend J, Hickling A (eds) *Planning Under Pressure: the Strategic Choice Approach*, Butterworth-Heinemann, Oxford, pp. 298-302.
- Rotmans, J., van Asselt, M., Vellinga, P. (2000). *An Integrated Planning Tool for Sustainable cities*. Environmental Impact Assessment Review, 20(3), pp. 265-276.
- Runhaar, H., Driessen, P. P. J., Soer, L. (2009). *Sustainable Urban Development and the Challenge of Policy Integration: an Assessment of Planning Tools for Integrating Spatial and Environmental Planning in the Netherlands*. Environment and Planning B, 36(3), pp. 417-431.
- Schön, D., (1993). *Il professionista riflessivo*, Dedalo ed. Bari.
-

- Simon H.A. (1976). *From Substantive to Procedural Rationality*, in J.S. Latsis (ed) *Methods and Appraisal in Economics*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Scudo, G., Ochoa de la Torre, J. M., (2003). *Spazi verdi Urbani-La vegetazione come elemento di progetto per il comfort ambientale negli spazi urbani*, Sistemi Editoriali, Napoli.
- Serra Florensa R., Coch Roura H., (1997). *L'energia nel progetto di architettura*, Città Studi Edizioni, Torino.
- Spiekermann, K., Wegener, M., (2003). Modelling Urban Sustainability. *International Journal of Urban Sciences*, 7 (1), 47-64.
- Stemers, K., & Steane, M. (2004). *Environmental Diversity in Architecture*. London, New York: Spon.
- Susskind, L., McKearnan, S., Thomas-Larmer, J. (eds) (1999). *The Consensus Building Handbook: a Comprehensive Guide to Reaching Agreement*, Sage, Thousand Oaks.
- The Urban China Initiative, (2010). *The urban Sustainability Index: A New Tool for Measuring China's Cities*. A joint initiative of Columbia University, Tsinghua University, and McKinsey & Company.
- UNCED. (1992). *Agenda 21: The United Nations Programme of Action from Rio*. UNCED.
- Urban Task Force, (1999). *Towards an urban renaissance: final report of the Urban Task Force* - Chaired by Lord Rogers of Riverside, E & FN Spon. London.
- Valentin, A., Spangenberg, J. H. (2000). *A Guide to Community Sustainability Indicators*. *Environmental Impact Assessment Review*, 20(3), pp. 381-392.
- Voogd, H., (1983). *Multicriteria Evaluation in Urban and Regional Planning*, Pion Limited, London.
- Wiek, A., Walter, A. (2009). *A Transdisciplinary Approach for Formalized Integrated Planning and Decision-Making in Complex Systems*. *European Journal of Operational Research*, 197(1), pp. 360-370.

3.6. Riferimenti sitografici

<http://www.cnu.org/>

<http://emergenturbanism.com/>

<http://www.slideshare.net/mhelie/urban-complexitys-role-in-a-practical-emergenturbanism>

<http://www.slideshare.net/mhelie/urban-complexitys-role-in-a-practical-emergenturbanism>

http://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch1en/meth1en/ch1m3en_2ed.html