

EDILIZIA

KATIA PERINI

PROGETTARE IL VERDE IN CITTÀ

Una strategia per l'architettura sostenibile

- spazi verdi al suolo
- coperture verdi
- verde verticale
- norme e casi studio

Presentazione di Mario Cucinella



FRANCOANGELI

Informazioni per il lettore

Questo file PDF è una versione gratuita di sole 20 pagine ed è leggibile con



La versione completa dell'e-book (a pagamento) è leggibile con Adobe Digital Editions. Per tutte le informazioni sulle condizioni dei nostri e-book (con quali dispositivi leggerli e quali funzioni sono consentite) consulta [cliccando qui](#) le nostre F.A.Q.



EDILIZIA/Strumenti

I lettori che desiderano informarsi sui libri e le riviste da noi pubblicati possono consultare il nostro sito Internet www.francoangeli.it e iscriversi nella home page al servizio “Informatemi” per ricevere via e-mail le segnalazioni delle novità.

KATIA PERINI

PROGETTARE IL VERDE IN CITTÀ

Una strategia per l'architettura sostenibile

- **spazi verdi al suolo**
- **coperture verdi**
- **verde verticale**
- **norme e casi studio**

Presentazione di Mario Cucinella

FRANCOANGELI

Ringrazio Rossana Raiteri, Fausto Novi, Adriano Magliocco, Andrea Giachetta e Marc Otte .

Un ringraziamento particolare anche all'architetto Mario Cucinella.

Dove non specificato diversamente le fotografie e le illustrazioni riprodotte nel volume sono eseguite dall'autrice. Fanno eccezione le immagini relative ai "casi studio", di propriet  delle aziende produttrici, e le fotografie di Adriano Magliocco, figure 1.1-1.4- 3.1.

In copertina: illustrazione di Andrea Bergamini (www.mintea.org).

Copyright   2013 by Franco Angeli s.r.l., Milano, Italy.

*L'opera, comprese tutte le sue parti,   tutelata dalla legge sul diritto d'autore.
L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni
della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito www.francoangeli.it.*

Indice

Presentazione , di <i>Mario Cucinella</i>	pag.	7
Introduzione: là dove c'era una città, ora c'è l'erba di <i>Fausto Novi</i>	»	9
1. Ruolo della vegetazione in ambito urbano	»	13
1.1. Sostenibilità ambientale e costruito	»	13
1.2. Vegetazione e architettura: dalla tradizione a oggi	»	17
1.3. Riqualificare e intervenire sull'involucro edilizio, sul tessuto connettivo e sugli spazi interstiziali	»	25
1.4. Effetti positivi dell'integrazione di vegetazione in ambito urbano	»	32
1.5. Benefici ambientali del verde a scala di città	»	36
2. Spazi verdi al suolo	»	41
2.1. Tipologie, caratteristiche formali e funzionali	»	41
2.2. Benefici microclimatici e ambientali connessi agli spazi verdi	»	48
2.3. Comfort ambientale degli spazi aperti	»	53
2.4. Valutazione degli effetti microclimatici del verde: la modellistica ambientale	»	57
2.5. Indicazioni progettuali	»	70
3. Coperture verdi	»	77
3.1. Tipologie, caratteristiche formali e funzionali	»	77
3.2. Benefici microclimatici e ambientali connessi al verde orizzontale	»	89
3.3. Sostenibilità ambientale ed economica delle coperture verdi	»	94
3.4. Indicazioni progettuali	»	101
3.5. Casi studio	»	107

4. Verde verticale	pag.	112
4.1. Tipologie, caratteristiche formali e funzionali	»	112
4.2. Benefici microclimatici e ambientali connessi al verde verticale	»	122
4.3. Sostenibilità ambientale ed economica del verde verticale	»	128
4.4. Indicazioni progettuali	»	135
4.5. Casi studio	»	144
5. La vegetazione nella normativa e nei sistemi di certificazione ambientale	»	150
5.1. Normativa nazionale e locale	»	150
5.2. Programmi di supporto e incentivi	»	156
5.3. Sistemi di certificazione ambientale LEED Italia e ITACA	»	160
Bibliografia e sitografia	»	165

Presentazione

di *Mario Cucinella*

La sensibilità sempre maggiore sui temi ambientali è il segnale di una nuova domanda dei cittadini: città più vivibili, spazi pedonali, parchi pubblici, strade alberate, aria pulita sono le richieste che oggi non possono essere ignorate. Non è in discussione l'abitare in città, ma il bisogno di ripensare in chiave migliore lo spazio pubblico. Finito il periodo di crescita urbana occorre oggi iniziare a prendersi cura delle nostre città attraverso, come diceva Jamie Lerner, interventi di "agopuntura urbana". Dobbiamo valorizzare il nostro spazio pubblico che oggi è troppo spesso non progettato né pensato soprattutto nella città contemporanea.

La parola d'ordine ormai diffusa in tutta Europa è rigenerazione urbana. In questa filosofia l'attenzione agli spazi verdi assume un valore fondamentale: una nuova urbanistica che vede nella progettazione del verde la nuova infrastruttura che ci permetterà di ritrovare l'equilibrio con il mondo costruito.

Insedimenti, strade, abitazioni e palazzi molto spesso si susseguono nelle nostre città senza che fra questi compaiano spazi verdi. Eppure l'integrazione della vegetazione nel costruito non solo è una possibilità concreta ma anche una strategia auspicabile dal momento che, come dimostra questo volume, permette di ottenere benefici ambientali, economici e sociali.

Progettare il verde in città diventa, quindi, un'occasione per riformulare il paesaggio artificiale, statico e invariabile, e avvicinarlo a quello vivo, dinamico e mutevole del mondo vegetale e animale. L'architettura riacquista così un ruolo da protagonista nello spettacolo in quattro atti (primavera, estate, autunno, inverno) offerto dalla natura dove le piante sono continuamente in evoluzione [Ippolito Pizzetti]. Architettura, suolo e vegetazione diventano tre elementi che collaborano per fornire spazi e ambientazioni qualitativamente migliori, confortevoli e sani.

Il miglioramento della qualità dell'aria e la riduzione dell'effetto isola di calore rappresentano solo alcuni dei tanti benefici nell'uso della vegetazione in ambito urbano; il testo mostra anche gli effetti positivi che si hanno sulla salute e benessere degli abitanti e sulle prestazioni dell'involucro edilizio. L'approccio scientifico che guida l'intero volume permette di disporre a fine lettura di validi strumenti per integrare al meglio l'elemento naturale in architettura e di conoscere quei parametri che maggiormente influenzano gli effetti sul controllo microclimatico e ambientale.

“Progettare il verde in città” si rivolge a ricercatori, tecnici e professionisti del settore che desiderano recuperare il rapporto con la natura: non è un rapporto facile, come non è facile nessun rapporto, umano o non umano che sia; ma è uno di quelli, per me almeno, che rendono la vita degna di esser vissuta [Ippolito Pizzetti].

Introduzione: là dove c'era una città, ora c'è l'erba

di *Fausto Novi*

In un libro recentemente edito in Italia, *Storia culturale del clima* (Bollati Boringhieri, 2013), lo storico Wolfgang Behringer dimostra con grande quantità di argomentazioni scientifiche che il clima della terra, nella sua variabilità antica e recente, ha influenzato in misura maggiore o minore l'esistenza degli uomini, la storia, la cultura, la politica e può essere stato la causa diretta o indiretta dei cicli di ascesa e decadenza delle civiltà.

Nell'affrontare la contemporaneità, riconoscendo che esiste una dimostrata influenza delle attività umane nella modifica del clima, conclude così il libro: «Il clima cambia. Il clima è sempre cambiato. Come vi reagiamo è una questione di cultura. In ciò conoscere la storia ci può aiutare. (...) Gli uomini non sono come gli animali, che devono subire passivamente ogni trasformazione del loro mondo e nella storia recente il mutamento climatico ha avuto anche conseguenze positive. Se quello attuale dovesse rivelarsi di lunga durata – e così sembra al momento – non c'è che una cosa da fare: restare calmi. Il mondo non andrà a fondo. Se farà più caldo ci prepareremo. Un classico adagio latino dice: *Tempora mutantur, et nos mutamur in illis*. I tempi cambiano, e noi con loro».

La conclusione, piuttosto repentina e sbrigativa del libro, sembra essere rivolta agli ambientalisti che prospettano forti accelerazioni nel riscaldamento terrestre a breve e una fine precoce della vita sul pianeta, ai negazionisti della teoria antropogenica del riscaldamento globale, e anche ai climatologi (quelli chiacchieroni e imprudenti), cui l'autore ricorda che fino agli anni '70 era diffusa tra di essi una teoria che prospettava un'imminente glaciazione.

Poiché *Progettare il verde in città* inizia trattando brevemente la “questione ambientale” e il concetto di sostenibilità è riferito all'architettura, la citazione è stata assunta proprio per la raccomandazione alla calma e alla razionalità e alla implicita invocazione a considerare come si possa ragionevolmente agire sull'ambiente nel quale viviamo senza invocare soluzioni estreme (e forse rischiose) a livello planetario che nessuno mai riuscirà a coordinare (come invece accade nei film), e anche per il richiamo a un modo di

vivere sostenibile, senza auspicare impossibili e antistorici ritorni alla natura attraverso architetture vernacolari.

Anche considerando diverse interpretazioni possibili e diversi approcci al tema del contenimento delle risorse energetiche e della sostenibilità più in generale, è comunque riconosciuto che le costruzioni (e le loro concentrazioni negli ambienti urbani) rappresentano uno dei principali ambiti nel quale agire ai fini del controllo ambientale e che la loro responsabilità come consumatori di energia e generatori di inquinanti o di gas con effetto serra è dimostrata essere molto alta. Queste considerazioni e il movimento ambientalista verso un ritorno alla natura e al verde, che ne rappresenta sinteticamente il simbolo, portano inevitabilmente a sovrapporre le due istanze, (architetture-verdi o verde sulle architetture) spesso in modo superficiale.

Quella che qui viene considerata è l'azione che può essere svolta nell'ambiente urbano, attraverso l'individuazione e l'analisi delle possibili strategie di intervento, dei benefici ambientali e microclimatici ottenibili, aspetti programmatici, progettuali e di fattibilità tecnica, delle conseguenze ambientali e degli aspetti economici dell'integrazione della vegetazione nel costruito urbano. Il riferimento assunto è la città europea, affetta da evidenti e crescenti problemi causati dall'inquinamento atmosferico, dall'alterazione del clima locale e da un inarrestabile degrado del livello qualitativo della vita degli abitanti.

L'ambiente urbano è anche più delicato e pronto, più informato, più sensibile a tutto ciò che è cultura (e moda, anche), più consapevole che una condizione di vita migliore è possibile e che è anche possibile ottenerla senza mettere in moto interventi straordinari e investimenti massicci a lunghissimo ritorno.

Come spesso è capitato in passato, gli architetti sono stati i primi a intuire come con l'integrazione di elementi naturali fosse possibile attuare delle "correzioni" alla qualità del costruito e a esplorarle, ben prima che l'attenzione all'ambiente (e al verde che lo rappresenta) divenisse un argomento di discussione, una variabile di progetto o un elemento di condimento (quasi fosse un contorno di verdure) da poter essere applicato a qualunque architettura con un colpetto di mouse.

Gli esempi dai quali trarre ispirazioni e informazioni non mancavano, erano tuttavia confinati nel mondo delle tradizioni costruttive antiche, poco spiegate e anche poco capite nella loro povera e semplice (apparentemente) consistenza. Fino agli anni '90 è stato piuttosto raro vedere progetti in cui convivessero elementi stabili, fissi, immutabili e artificiali con elementi naturali, di difficile gestione, liberi di alterare l'architettura a loro piacere. Si trattava per lo più di episodi isolati legati ad aspetti formali, artistici o di marketing.

Dapprima Wright, attento all'ambiente e consapevole, ma poco incline a lasciarsi sommergere dal verde, i SITE, più disponibili e anche più fortunati quanto a committenza, Ambasz con i suoi progetti rinaturalizzati e infine Nouvel che ha colto in pieno la maturità della tecnica, l'abilità del botanico Patrick Blanc e la disponibilità del Musée des Arts premiers.

Quelli appena citati sono naturalmente pochi esempi famosi estratti da un percorso costantemente in evoluzione fatto di tentativi ed esperimenti condotti con attenzione (soprattutto in nord Europa) e finalizzati al miglioramento delle prestazioni energetiche, senza ridurre le qualità degli ambienti costruiti, riscoprendo antiche prassi e nuovi significati: per esempio il verde non più tollerato come necessario ma pesante e scomodo moderatore di flussi termici, ma come elemento costruttivo ed espressivo dell'architettura.

È dimostrato da esperienze consolidate che l'integrazione di vegetazione nel costruito può rivestire un ruolo importante, soprattutto all'interno dei tessuti urbani densamente edificati e caratterizzati da scarsità di spazi verdi. Oltre alla prassi di intervento negli spazi tra gli edifici e nel tessuto connettivo, i sistemi tecnologico-culturali ormai diffusi sul mercato consentono di agire pressoché su tutte le superfici degli edifici, di migliorarne le condizioni ambientali interne e all'intorno e di contribuire in modo innovativo a riqualificare il patrimonio edilizio esistente, che nelle nostre città (ma segnatamente nelle periferie) è quasi sempre inadeguato dal punto di vista prestazionale, energetico, architettonico, funzionale ed estetico.

In termini generali si può affermare che i benefici connessi all'integrazione del verde nell'involucro edilizio agiscono in maniera variabile su una molteplicità di fattori: sono di tipo ambientale, economico, sociale, riguardano la riduzione dei gas a effetto serra e degli inquinanti in generale, l'adattamento alle variazioni climatiche, il miglioramento della qualità dell'aria e delle condizioni di comfort interno ed esterno del costruito, il mantenimento della biodiversità. A seconda delle scale di intervento, delle modalità di integrazione del verde e delle tipologie di applicazione, gli effetti possono risultare evidenti (e anche rapidi) su porzioni anche ampie del tessuto urbano.

L'interesse di architetti, pianificatori, cittadini nei confronti dell'integrazione della vegetazione nelle superfici esterne degli edifici sta lentamente crescendo, in concomitanza con i risultati delle prime sperimentazioni e delle esplorazioni progettuali che vengono diffuse. Mancano tuttavia supporti conoscitivi certi e misurabili che riguardino la valutazione degli effetti dell'integrazione della vegetazione sulla qualità ambientale, sul risparmio energetico, sul ritorno economico, sul bilancio tra energia inglobata e di gestione ed effettivi guadagni in termini di innalzamento della qualità e dei consumi. L'aspetto della valutazione è, nel caso degli interventi a livello urbano, particolarmente complesso: non riguarda solo il bilanciamento tra costi e benefici a livello di singolo interven-

to edilizio, ma si estende a tutta la filiera produttiva e della gestione in opera, particolarmente difficile da misurare poiché si tratta di materia viva, non inerte, e di reazioni che la materia viva ha nel tempo con l'ambiente e con il clima locale, riguarda inoltre la misurazione di vantaggi della qualità ambientale (termo igrometrici, di qualità dell'aria, estetici, etc.) difficilmente quantificabili, che si applicano a intorni spaziali (dove gli effetti desiderati si percepiscono) difficilmente perimetrabili. Vi sono infine effetti secondari di innalzamento probabile della qualità "sanitaria" degli spazi urbani (visiva, acustica, respiratoria, psicologica), la cui valutazione è misurabile in periodi di tempo lunghi e non possono che essere considerati in modo approssimativo.

L'integrazione del verde negli edifici è oggetto di studio e di applicazioni da più parti, le modalità e le tecniche di integrazione sono mature. Forse ancora da esplorare l'aspetto biologico delle eventuali mutazioni ottenibili per selezionare specie vegetali più resistenti alle condizioni "innaturali" in cui sono inserite, poco sensibili alle temperature estreme e alla variabilità dei regimi idrici, che richiedano poco nutrimento; ma la scienza non pare se ne occupi ancora, a quanto si sa. Non sono chiaramente riconosciuti nella loro convenienza ambientale alcuni sistemi di integrazione della vegetazione (in particolare quelli sulle superfici verticali) per i quali non sono ancora ben determinate le prestazioni riferite al risparmio energetico, i vantaggi effettivi e i punti critici, soprattutto riferiti agli aspetti economici e gestionali in relazione ai vari climi in cui tali integrazioni possono essere applicate.

L'esatto raggiungimento dei risultati progettati dipende dalla chiarezza delle indicazioni tecniche e operative di cui si potrà disporre, in relazione alla quantità di variabili in gioco: i sistemi di integrazione, le prestazioni che si suppone di poter raggiungere, le essenze vegetali idonee, le possibilità offerte dagli edifici "ospiti", le richieste in termini di gestione e manutenzione, la durabilità prevista, etc.

Su questi aspetti *Progettare il verde* in città intende dare il proprio contributo sulle possibilità e modi di valutazione dei vari sistemi, nella forma di un vero e proprio manuale di "progettazione dell'integrazione", che per la sua natura segue un approccio transdisciplinare e si rivolge prevalentemente a progettisti, operatori professionali e gestori di patrimoni immobiliari. L'obiettivo del testo è quello di consentire loro l'effettuazione di scelte progettuali o di diagnosi che stabiliscano in che misura i vari sistemi siano effettivamente sostenibili dal punto di vista ambientale ed economico, quali siano i loro punti critici e come risolverli o limitarli, quali i maggiormente idonei a garantire il miglioramento della qualità ambientale della città.

1. Ruolo della vegetazione in ambito urbano

1.1. Sostenibilità ambientale e costruito

Negli ultimi anni l'attenzione per l'ambiente sembra essere finalmente diventata uno degli obiettivi primari da perseguire. È stato grazie alle teorie ecologiste che si è diffusa una maggiore consapevolezza delle nostre azioni a livello globale. Questo ha portato alla formazione del concetto di sostenibilità e quindi alla sua applicazione in architettura.

Uno dei principali studiosi che hanno sviluppato le prime teorie ecologiste è Gregory Bateson, antropologo, sociologo e psicologo britannico. Già all'inizio degli anni Settanta egli avvertiva: «stiamo imparando sulla nostra pelle che l'organismo che distrugge il suo ambiente distrugge se stesso». Lo sviluppo tecnico è da considerarsi responsabile di squilibri ecologici, quindi: «una civiltà “elevata” dovrebbe limitare le proprie interazioni con l'ambiente. Dovrebbe consumare risorse naturali non rinnovabili solo allo scopo di facilitare i mutamenti necessari. Per il resto il metabolismo della civiltà deve dipendere dall'energia che l'astronave Terra riceve dal sole» (Bateson, 1972).

È possibile citare anche Hans Jonas, filosofo tedesco naturalizzato statunitense, che pochi anni dopo (1979), introduce il concetto di responsabilità di azione di un individuo e delle conseguenze che questa ha su scala globale. Tale responsabilità è da intendersi sia nei confronti dell'ambiente in cui viviamo sia nei confronti delle generazioni future.

L'attenzione a questi temi è aumentata negli ultimi cinquant'anni anche in corrispondenza di alcuni eventi storici e politici, come le crisi energetiche, l'accertamento della presenza del buco dell'ozono, Chernobyl, i grandi summit internazionali sul tema, come quello di Brundtland e quello di Kyoto (Cassinelli e Perini, 2010).

Dalla pubblicazione del Rapporto Brundtland (1987) e dell'Earth Summit di Rio del 1992, il concetto di sostenibilità è diventato di primaria importanza in numerosissimi dibattiti nazionali e internazionali (Doughty e Hammond, 2004).

Il costruito ha un ruolo fondamentale nel determinare le caratteristiche dell'ambiente (Ardente et al., 2011). Gli edifici hanno, infatti, un impatto significativo sull'ambiente durante l'intero ciclo di vita e sono responsabili del 40-50% delle emissioni totali di gas serra (Thormark, 2002; Ardente et al., 2011; Prasad e Hill, 2004).

Si definisce architettura ecocompatibile o sostenibile il tentativo di rispondere ai problemi globali, riducendo l'impatto sull'ambiente sia degli edifici in quanto tali, sia dell'industria abitativa che consuma risorse naturali e produce CO₂ e gas a effetto serra (Pulselli et al., 2006).

Negli ultimi anni decisioni politiche, attraverso provvedimenti normativi, hanno imposto direttamente ai progettisti l'adozione di soluzioni volte al risparmio energetico. Basti pensare alla direttiva europea 2010/31/UE, più conosciuta come direttiva per la progettazione di "Edifici a energia quasi zero", che dal 1° febbraio 2012 sostituisce a tutti gli effetti la Direttiva Europea 2002/91/CE Energy Performance Building Directive – EPBD, abrogata ufficialmente. Tra le maggiori novità introdotte dalla nuova Direttiva, vi è il concetto di "Edifici a energia quasi zero", la cui definizione, riportata nell'art. 2, recita: «"edificio a energia quasi zero": edificio ad altissima prestazione energetica, determinata conformemente all'allegato I (ovvero tenendo conto dei consumi legati al riscaldamento, rinfrescamenti, ventilazione, illuminazione, produzione ACS). In altre parole il fabbisogno energetico, necessariamente molto basso o quasi nullo, dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa quella prodotta in loco o nelle vicinanze».

In ogni caso non si tratta semplicemente di una questione normativa riguardante l'edilizia e le soluzioni tecniche adottabili: una modalità di agire che si possa dire sostenibile considera infatti aspetti globali come quelli ambientali, economici, energetici, di reperibilità delle risorse, di inquinamento, etc. Il concetto di sviluppo sostenibile è stato definito per la prima volta nel 1987 dal rapporto Brundtland: è l'intervento tecnologico come strumento unicamente volto a rendere più efficiente l'ambiente, non escludendo, in questo modo, trasformazioni dello stesso.

È importante specificare, in particolare in un momento in cui un'infinità di prodotti e progetti è pubblicizzata o etichettata come ecocompatibile – le costruzioni più energivore dell'uomo, i grattacieli, con l'aggiunta dell'aggettivo *green*, vengono definiti come "espedienti architettonici in grado di garantire una vita migliore" (da *la Repubblica*, 25-10-2011) – che il concetto di sostenibilità ambientale implica la considerazione di molti fattori.

La sostenibilità può essere definita come una proprietà di un materiale o di un prodotto che indica se e con quali modalità soddisfa i principali requisiti in una specifica applicazione. Questi requisiti, relativi all'impatto su aria, acqua e terreno, influiscono sul benessere e sulla salute delle creature viventi, sull'uso di materie prime ed energia, sulla creazione di rifiuti e su eventuali danni all'ambiente circostante (Hendriks et al., 2000).

Pertanto gli aspetti da considerare per la valutazione dei materiali e delle tecnologie impiegati per un progetto o un componente edilizio non possono dipendere solo da un'analisi delle esigenze, dei requisiti e delle prestazioni per soddisfare determinate esigenze funzionali e architettoniche nel rispetto della normativa vigente. Questi riguardano più globalmente la risposta alle esigenze di tutta la comunità rispetto all'uso sostenibile delle risorse, al controllo della filiera produttiva e alla valorizzazione dei beni e dei servizi ecosistemici.

Gli ecosistemi terrestri forniscono diversi servizi vitali per le persone e le società, come la biodiversità, il nutrimento, l'acqua, l'assorbimento e il rilascio di carbonio. La futura capacità degli ecosistemi di provvedere a questi servizi è determinata dai cambiamenti socio-economici e da quelli relativi all'uso del territorio, alla biodiversità, alla composizione atmosferica e al clima (Metzger et al., 2006). Molte caratteristiche del nostro pianeta stanno cambiando rapidamente a causa dell'attività antropica e questi cambiamenti, presumibilmente, accelereranno nei prossimi decenni, per esempio, con l'aumento di anidride carbonica e i relativi effetti sul riscaldamento globale (IPCC, 2001a,b,c).

Uno degli approcci ecosistemici definiti negli ultimi anni è quello ecologico urbano: si tratta di un'interpretazione della città come sistema ecologico. Un sistema ecologico è spesso concepito separatamente dalle attività umane. Un approccio che invece integri i due concetti, ambiente naturale e antropizzato, può risultare molto utile per lo studio delle possibili misure per la mitigazione e la compensazione. In quest'ottica si inserisce l'utilizzo di involucri e infrastrutture verdi (Van Bueren, 2012)

L'integrazione massiccia di vegetazione nel costruito può rivestire un ruolo importante, soprattutto all'interno delle città densamente costruite e carenti di spazi adibiti a verde, scenario di rilevanti problematiche relative all'inquinamento atmosferico con conseguenze sul benessere e sulla salute degli abitanti (Legambiente, 2011). I molti sistemi attualmente diffusi sul mercato offrono l'opportunità di combinare natura e costruito per migliorare le condizioni ambientali in ambito urbano e per riqualificare il grande patrimonio edilizio esistente – spesso inadeguato e causa di rilevanti sprechi energetici e di condizioni di discomfort – dal punto di vista architettonico, prestazionale e funzionale (Novi, 1999; Nuzzo e Tomasinsig, 2008; Dunnet e Kingsbury, 2008).

In termini generali si può anticipare che i principali benefici connessi all'inverdimento dell'involucro architettonico sono di tipo ambientale, economico e sociale. Fra questi possiamo citare la riduzione dei gas a effetto serra, l'adattamento ai cambiamenti climatici, il miglioramento della qualità dell'aria e delle condizioni di comfort interno ed esterno del costruito, l'aumento della biodiversità, il risparmio energetico. Questi benefici investono diversi ambiti tutti legati tra loro e possono riguardare diverse scale di intervento. In alcuni casi si possono ottenere effetti evidenti su interi quartieri solo se è inverdita una

grande superficie nella stessa area. Altri interventi interessano direttamente il microclima del costruito (Dunnet e Kingsbury, 2008; Köhler, 2008).

La progressiva crescita della popolazione nelle città ha provocato, e continua a provocare, squilibri ecologici legati alla concentrazione di attività per cui è previsto l'uso smodato di dispositivi funzionanti con combustibili fossili. Questi squilibri riguardano soprattutto livelli di inquinamento elevati e fenomeni di surriscaldamento e hanno effetti sul benessere e sulla salute degli abitanti delle città più densamente costruite. La scarsa qualità dell'aria di alcune città (molte città italiane) costituisce più un'emergenza sanitaria che un problema ambientale. Da fonti della Commissione Europea si evince che gli elevati livelli di PM10 ogni anno causano più di 350.000 morti premature in Europa e in Italia ogni 10.000 abitanti 15 muoiono prematuramente solo per la concentrazione di polveri sottili. L'Agenzia Europea per l'Ambiente ha rilevato che 17 delle 30 città con livelli di polveri superiori a quanto consentito dalla normativa sono italiane (nel 2010 48 città italiane hanno superato per più di 35 giorni il limite imposto dalla legge per la protezione della salute umana di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Nel novembre del 2010 la Commissione Europea ha avviato un procedimento di infrazione nei confronti dell'Italia per gli alti livelli di polveri sottili e le misure inadeguate adottate per il piano di risanamento, su scala regionale e nazionale (Legambiente "Mal'aria di città" 2011).

Gli alti livelli di inquinamento atmosferico, causati dalla cementificazione delle aree urbane, e la presenza eccessiva di superfici asfaltate rispetto alle aree verdi sono responsabili anche del "fenomeno isola di calore", fenomeno per cui le temperature all'interno delle città sono superiori rispetto a quelle delle zone rurali circostanti, con effetti evidenti sull'ambiente e sul benessere degli abitanti delle città (Taha, 1997). Diversi studi mostrano che tale fenomeno sta crescendo negli ultimi anni (Böhm, 1998; Hasanean, 2001; Rozbicki e Golaszewski, 2003). Questo ha delle rilevanti ripercussioni sulla salute umana, in particolare nei periodi estivi, durante i quali le temperature si mantengono alte anche di notte, non permettendo all'organismo di recuperare l'omeostasi dopo giornate eccessivamente calde (Taha, 1997; Tereshchenko e Filonov, 2001; Kalkstein e Davis, 1989). Inoltre, l'impiego di condizionatori per contrastare le temperature elevate aumenta, a sua volta, il fenomeno isola di calore (Landsberg, 1981; Santamouris et al., 2001; Nakamatsu et al., 2003; Petralli et al., 2006).

Il fenomeno isola di calore può causare temperature all'interno delle città di $2\text{-}5^\circ\text{C}$ superiori rispetto alle zone rurali circostanti. Questo è principalmente legato alla quantità di superfici artificiali, caratterizzate da albedo alto, rispetto ai terreni naturali (Taha, 1997; Oke, 1982; Roth et al., 1989; Quattrochi et al., 2000). L'albedo indica la capacità di un materiale di riflettere la radiazione solare. Maggiore è l'albedo (il suo valore massimo è 1) e maggiore è la quantità di luce che gli oggetti riflettono. Al contrario, valori bassi di tale parametro, caratterizzano corpi in grado di assorbire l'energia proveniente dal sole, il che

contribuisce al surriscaldamento. In aree carenti di vegetazione e cementificate gran parte della radiazione solare è accumulata e re-irradiata per il contributo dei materiali edilizi e per l'effetto canyon, per il quale la radiazione solare viene intrappolata nei "corridoi" urbani e quindi riassorbita dai materiali con cui questi sono costruiti, tanto più rilevante proporzionalmente all'altezza degli edifici (Arnfield et al., 1999; Santamouris, 2001).

Un'altra conseguenza della cementificazione delle aree urbane è l'aumento dello scorrimento superficiale dell'acqua. Infatti l'acqua meteorica defluisce in modo molto diverso a seconda della superficie su cui cade (terreno coperto di vegetazione o superfici artificiali delle aree costruite). In assenza di vegetazione, l'acqua non può essere assorbita da superfici asfaltate o cementate e scorre via, arrivando, attraverso la rete fognaria, ai fiumi (Dunnet e Kingsbury, 2008). In città circa il 75% dell'acqua piovana viene dispersa direttamente (a causa dello scorrimento superficiale; Scholz-Barth, 2001). Le abbondanti precipitazioni non assorbite dal terreno si ripercuotono direttamente sui livelli di picco dei fiumi, provocando anche alluvioni, come conseguenza dell'insufficiente capacità degli argini dei fiumi di reggere l'enorme massa di acqua (Dunnet e Kingsbury, 2008).

Infine è possibile accennare al fatto che il malessere degli abitanti delle città è anche psicologico, come mostrato da diverse ricerche. Dunque è legato non soltanto agli elevati livelli di inquinamento atmosferico, ma anche a un'insufficiente presenza di aree verdi in ambiente urbano (Perussia, 1990).

A causa della difficoltà di reperimento di spazi adatti alla piantumazione con vegetazione all'interno del tessuto urbano, sono proprio gli edifici a poter fornire lo spazio necessario per aumentare la quota di verde. L'integrazione massiccia di vegetazione in architettura consente di sfruttare le superfici stesse del costruito (orizzontali e verticali) per ottenere i benefici precedentemente citati e, di conseguenza, per un miglioramento della qualità ambientale e del benessere dei cittadini.

1.2. Vegetazione e architettura: dalla tradizione a oggi

Molti effetti positivi della vegetazione sono stati sfruttati tradizionalmente per migliorare le condizioni microclimatiche del costruito. Le prime forme di giardini verticali risalgono addirittura a 2000 anni fa nell'area mediterranea e i giardini ornamentali sulle coperture sono stati sviluppati dalle civiltà delle valli del Tigri e dell'Eufrate: l'esempio più famoso è quello dei giardini pensili di Babilonia del settimo e ottavo secolo a.C. (Köhler, 2008; Dunnett e Kingsbury, 2008). Molti esempi di coperture e facciate verdi, risalenti al Diciottesimo e Diciannovesimo secolo, si possono ancora ritrovare nelle regioni del nord Europa (figura 1.1), per esempio i *sod roof* norvegesi, e nell'area mediterranea, dove piante rampicanti venivano utilizzate per rivestire superfici verticali (figure 1.2-

1.3). Sempre in quest'area la capacità di raffrescamento della vegetazione è stata largamente impiegata anche nelle case a patio per migliorare la ventilazione interna, sfruttando i flussi d'aria determinati dalla differenza di temperatura che si crea fra interno del patio ed esterno.

Con il progresso tecnologico molte pratiche costruttive legate alla tradizione, da considerarsi assolutamente sostenibili, spariscono gradualmente. La diffusione, dovuta anche ai costi contenuti, dei sistemi per il comfort ambientale (climatizzazione invernale ed estiva, illuminazione), nella prima metà del Novecento, ha permesso l'indipendenza della progettazione dal clima locale. L'architettura contemporanea occidentale, infatti, trova fondamento nell'approvvigionamento di una quantità di energia pressoché illimitata (Banham, 1969). Come già accennato, a partire dagli anni Settanta, sotto la pulsione socioculturale legata ai temi dell'ambiente, nasce e si sviluppa una sempre maggiore attenzione ai temi riguardanti la sostenibilità.

Risalgono proprio agli anni Settanta i primi progetti incentrati sull'uso dell'elemento vegetale, legato, almeno inizialmente, ad aspetti compositivi e simbolici. Possono essere citati i lavori del gruppo americano SITE, dell'argentino Emilio Ambasz, dell'artista austriaco Friedensreich Hundertwasser.

James Wines ed Emilio Ambasz sono definiti come i principali portavoce della cosiddetta "green architecture", nata, appunto, negli anni Settanta alla ricerca di una continuità con il lavoro di Frank Lloyd Wright (Lambertini, 2007).

Il gruppo SITE (Sculpture In The Environment; <http://www.s-i-t-e.org/>) viene fondato a New York nel 1970 da James Wines, Alison Sky, Emiolo Sousa e Michelle Stone, con il preciso programma di creare una frattura, uno iato con l'architettura dell'ortodossia funzionalista e di mescolare l'architettura con altre discipline, soprattutto con ciò che viene definito arte ambientale, dove l'ambiente è interpretato come "il comportarsi nello spazio" che travalica quindi la considerazione meramente naturalistica, relativa alla sua conformazione fisica, per comprendere anche e soprattutto la dimensione culturale (Pisani, 2006).

Alla fine degli anni Ottanta Toraldo Di Francia (1989) descrive le prime opere dei SITE come «un ciclo di progetti misteriosi, senza più edifici, ma alberi e cespugli e palme e rampicanti in spazi di architettura, giungle che invadono e sostituiscono, architetture consumate non più da uomini frettolosi e benestanti, ma da vegetali immobili».

La lunga collaborazione con la catena di centri commerciali BEST (dal 1970 al 1984) offre l'opportunità ai SITE di sperimentare, come mai fatto prima, diverse forme di integrazione di elementi vegetali. In alcuni di questi progetti natura e vegetazione diventano parti integranti e determinanti dell'architettura. Nel Terrarium Showroom (California, 1978), progettato e mai realizzato, in un luogo sopraelevato ben visibile, vicino a un'importante strada e circondato da un paesaggio montuoso, la copertura è invasa dalla vegetazione della zona e i muri sono racchiusi da un involucro in vetro che definisce un margine riempito



Figura 1.1. Copertura verde tradizionale (Islanda).



Figura 1.2. Facciata verde diretta con rampicanti, Milano.