



Università degli Studi di Ferrara

DOTTORATO DI RICERCA IN "TECNOLOGIA DELL'ARCHITETTURA"

CICLO XXVI

COORDINATORE Prof. ROBERTO DI GIULIO

I-COOL. Proposta di un modello complesso di valutazione del comfort termico negli ambienti urbani aperti

Settore Scientifico Disciplinare ICAR/12

Dottorando

Dott. Orsini Federico

(firma)

Tutore

Prof. Lelli Gabriele

(firma)

Cotutore

Prof. Bottarelli Michele

(firma)

Anni 2011/2013

A Giulio Romano e a tutti quelli che amano vivere come lui

0	PREMESSA: UNA DEFINIZIONE DI INTENTI	6
	Ambito della ricerca	
	Metodologia e struttura della ricerca	
	Applicabilità della ricerca	
1	CITTÀ ED AMBIENTE: UN SISTEMA COMPLESSO	12
	1. AMBIENTE, CLIMA, CITTÀ	14
	Una prima definizione	
	Ambiente e clima come risorsa	
	2. LA SOSTENIBILITÀ: UN OBIETTIVO PER UNA FORMA DIFFERENTE DI SVILUPPO	22
	3. CITTÀ E PROBLEMATICHE URBANE	26
	Obiettivi economico – istituzionali	
	Obiettivi sociali	
	Obiettivi ambientali	
2	LO SPAZIO PUBBLICO COME AMBITO DI INTERVENTO	36
	1. VERSO UNA DEFINIZIONE DI SPAZIO PUBBLICO	38
	Lo spazio aperto urbano	
	Tipologie di spazi aperti urbani	
	Evoluzione dello spazio pubblico	
	2. LA PRODUTTIVITÀ DEGLI SPAZI APERTI URBANI: DAL RECUPERO DEL COSTRUITO ALL'INTERVENTO SUL NON COSTRUITO	50
	La rigenerazione urbana e il progetto degli spazi aperti: ricerche di carattere internazionale	
	Alcuni casi studio: Barcellona, Lione, Zurigo	
	3. IL PAESAGGIO COME NUOVO PARADIGMA DI INTERVENTO	61
3	UN PROBLEMA SPECIFICO: IL SURRISCALDAMENTO URBANO	70
	1. IL FENOMENO SCIENTIFICO	72
	Definizione, cause ed effetti dell'isola di calore	
	Mitigazione dell'isola di calore	
	Isola di calore e problematiche urbane generali	
	2. SURRISCALDAMENTO URBANO ED ESSERE UMANO	80
	Il ruolo del surriscaldamento urbano sulla qualità degli spazi aperti urbani	
	3. SISTEMI TECNOLOGICI PER IL CONTROLLO DELLO STRESS TERMICO NEGLI SPAZI URBANI APERTI	82
	Alcune esperienze a confronto	
	Classificazione dei sistemi tecnologici	
	<i>Allegato 1-schede dei sistemi tecnologici</i>	
4	IL COMFORT TERMICO NEGLI AMBIENTI URBANI APERTI	146
	1. ESSERE UMANO, AMBIENTE E PERCEZIONE ATMOSFERICA	148
	Oltre il modernismo: la necessità di un nuovo modello interpretativo della realtà	
	Modelli interpretativi a confronto: dal concetto di <i>spazio</i> a quello di <i>luogo</i>	
	Un nuovo modello interpretativo: il concetto di <i>ambiente</i>	
	Ambiente e atmosfera: due concetti connessi	
	Ambiente ed atmosfera: alcune esperienze di ricerca a confronto	
	2. IL COMFORT AMBIENTALE	169
	Verso un ambiente confortevole	
	Il comfort ambientale e le sue declinazioni	
	3. IL COMFORT TERMICO	174
	Modelli di valutazione del comfort termico	
	L'approccio fisiologico	
	L'equazione di bilancio termico	
	La normativa	
	Dal modello fisiologico al modello adattivo	
	Le componenti del comfort termico	
	Verso un nuovo modello	

5	I-COOL	194
	1. VERSO UN MODELLO VALUTATIVO COMPLESSO	196
	2. LA STRUTTURA DEL MODELLO: LE TRE SEZIONI	197
	Le componenti del comfort termico: input microclimatici e descrizione morfo-tecnologica	
	SEZIONE 1.1 - Le componenti microclimatiche e l'ASV-URBANO	
	SEZIONE 1.2 - Le componenti morfo-tecnologiche e l'ASV-LOCALE	
	L'integrazione di due modelli valutativi: i nuovi indici	
	SEZIONE 2.1 - la temperatura operativa	
	SEZIONE 2.1 - La matrice di relazione sistemi tecnologici - componenti microclimatiche	
	SEZIONE 3.0 - La valutazione del comfort termico: tre indici a confronto	
	Il modello fisiologico: l'indice ASV-ML	
	Il modello adattivo: L'indice di Naturalezza e di Eterogeneità Termica	
	Un quadro conclusivo	
	3. LA VERIFICA DEL MODELLO FISILOGICO	219
	Un quadro di sintesi	
	Verifica dell'indice ASV-L: il caso studio di Ferrara	
	La campagna di rilevamento dati	
	Il confronto tra i dati sperimentali ed i dati del modello I-COOL: l'errore complessivo	
	Un quadro conclusivo	
	<i>Allegato 2-schede casi studio monitorati</i>	
	4. LA VERIFICA DEL MODELLO ADATTIVO: IL CASO STUDIO DI LYON	244
	La città di Lione ed i casi studio selezionati	
	Un esempio applicativo, Place de Célestins	
	Un quadro conclusivo: la calibratura degli indici di NAT ed ET	
	<i>Allegato 3-schede casi studio analizzati</i>	
	5. LE IMPLEMENTAZIONI DEL MODELLO	284
	La valutazione economica del progetto	
	Verso un approccio complesso: altri parametri di valutazione	
	<i>Allegato 4-schede valutazione economica del progetto</i>	
	6. IL MODELLO I-COOL COME STRUMENTO DI CONTROLLO PROGETTUALE	294
6	L'APPLICAZIONE DEL MODELLO I-COOL: IL CASO DI PIAZZA CORTEVECCHIA A FERRARA	298
	1. LA PIAZZA: DESCRIZIONE E MOTIVAZIONI DELLA SCELTA	300
	2. LA METODOLOGIA ADOTTATA	302
	I progetti	
	<i>Allegato 5-schede delle proposte progettuali</i>	
	3. CONCLUSIONI	303
7	CONCLUSIONI	324
8	BIBLIOGRAFIA	330
	Ringraziamenti	

PREMESSA: UNA DEFINIZIONE DI INTENTI

1. AMBITO DELLA RICERCA
2. METODOLOGIA DELLA RICERCA
3. APPLICABILITA' DELLA RICERCA



AMBITO DELLA RICERCA

Ambito della ricerca

Il presente lavoro si inserisce all'intero di quel più ampio ambito della ricerca internazionale che pone, al centro del processo di indagine, il concetto di *ambiente* e la relazione che con esso instaura l'essere umano. Tali ricerche analizzano l'ambiente, inteso come l'insieme delle condizioni naturali (fisiche, chimiche, biologiche) e culturali (sociologiche), suscettibili di agire sugli organismi viventi e sulle attività umane» (dizionario Petit Robert 1964), al fine di identificare le componenti che lo costituiscono e le relazioni che si instaurano tra di esse. Solo una conoscenza approfondita, infatti, di tali componenti permette di comprendere come esse influenzino la percezione di un luogo e, quindi, ne determinino la sua qualità.

Dalla letteratura scientifica di settore, emerge chiaramente la *complessità* che descrive tale relazione e come questa possa essere compresa solo attraverso un approccio fortemente interdisciplinare. La stessa definizione di ambiente, pocanzi citata, evidenzia infatti come le componenti che concorrono a definire tale rapporto facciano capo a settori disciplinari molto differenti tra di loro.

La mancata comprensione della complessità intrinseca a tale relazione e di come, quindi, le componenti ambientali incidano sulla *percezione* di un luogo e sulla sua qualità, è all'origine di alcune di quelle recenti problematiche che oggi caratterizzano gli insediamenti urbani. La semplificazione analitica introdotta dal pensiero moderno, che proponeva paradigmi interpretativi riduzionisti inadeguati alla comprensione della relazioni complesse che oggi caratterizzano i sistemi viventi, ha finito per favorire l'insorgere di quelle problematiche ambientali, sociali ed economiche che oggi rischiano di far perdere sempre di più «quei caratteri che sono alla base della vita stessa dell'essere umano» (Indovina 2009).

A partire dagli anni '60 diventa sempre più forte la consapevolezza dell'inadeguatezza del modello interpretativo del moderno e si diffonde la necessità di definirne uno nuovo che, riportando al centro dell'attenzione il concetto di ambiente, prima nella sua componente ecologica e biologica, poi in quella socio-culturale ed economica, fosse capace di comprendere a fondo la relazione che con esso instaura l'essere umano, permettendo di controllare così le componenti ambientali e le relazioni emergenti che tra esse si creano. Tale processo di indagine ha prodotto, fino ad oggi, molteplici ricerche, che hanno visto la collaborazione di specialisti afferenti a settori disciplinari scientifici (fisica tecnica, neurologia, scienze mediche in generale, ecc.) e umanistici (antropologia, filosofia, ecc.) che, analizzando l'ambiente, ne ricercano le componenti costitutive, valutano come queste influenzano la percezione di un luogo, mirano a definire strumenti applicativi utili alla progettazione di luoghi che sempre di più possono tornare ad essere *habitat* umani (Friedman 2009).

Questo processo di indagine, ancora in corso, evidenzia le potenzialità di sviluppo legate a tale ambito di ricerca. Le nuove conoscenze, i nuovi strumenti di analisi e il nuovo approccio, forzatamente interdisciplinare, permettono, infatti, di meglio comprendere il rapporto che esiste tra essere umano ed ambiente, l'interazione tra le differenti componenti, le esigenze che lo regolano, le modalità con le quali viene percepito. Tali ricerche intendono, da una parte, ampliare notevolmente il quadro esigenziale alla base delle attuali normative che definiscono le pratiche progettuali, dall'altra fornire modelli interpretativi e strumenti operativi capaci di superare i limiti legati ad un approccio processuale lineare come quello che ha caratterizzato il secolo scorso. Continuare questo processo di ricerca significa, in sintesi, indagare, da un altro punto di vista, il concetto di qualità, oggi definito dalla normativa perlopiù come la semplice rispondenza tra esigenza e prestazione.

La tesi si inserisce all'intero di questo ampio dibattito scientifico ed individua un ambito specifico all'intero del quale viene declinato il concetto di ambiente. La limitazione di campo introdotta permette di adottare un approccio fortemente interdisciplinare, il solo idoneo a comprendere le componenti costitutive dell'ambiente, e definire pratiche progettuali capaci di controllare proprio questa complessità.

La ricerca si limita, quindi, ad indagare il tema della qualità ambientale negli spazi urbani aperti, affrontando in particolare il tema del comfort termico. Dalla lettura di alcuni testi scientifici, è emerso infatti come il surriscaldamento urbano, ed in particolare il fenomeno dell'isola di calore (UHI), sia una delle problematiche che affetta, sotto diversi punti di vista, l'ambiente urbano. La lotta a tale fenomeno, già messa in atto da molte amministrazioni virtuose, spesso, passa da una ridefinizione degli spazi pubblici, che diventano non solo supporto per le attività sociali, ma anche ambito nel quale risolvere le problematiche economiche ed ambientali. E lo stress termico negli ambienti urbani aperti è proprio una di quelle problematiche che incide negativamente sulla qualità dello spazio pubblico.

**Limiti della
ricerca**

**Motivazioni
della ricerca**

METODOLOGIA E STRUTTURA DELLA RICERCA

La tematica trattata, evidentemente *complessa*, può essere affrontata sviluppando la ricerca solo con un approccio fortemente interdisciplinare. La comprensione approfondita del concetto di *ambiente*, è resa possibile, infatti, solo da uno studio aperto anche ad altri settori disciplinari non specificatamente legati all'Architettura o alla Tecnologia dell'Architettura, settore disciplinare specifico all'interno del quale si inserisce il presente progetto di ricerca. Solo in questo modo diventa possibile analizzare le componenti che costituiscono l'ambiente, in particolare quello urbano, comprendere come queste interagiscano tra di loro e con l'essere umano, controllare la complessità di tale relazione per definire così nuovamente ambienti confortevoli, adatti a supportare le attività dell'essere umano.

Tale approccio trova conferma nei diversi passaggi metodologici attraverso i quali è stata condotta e sviluppata la ricerca: definizione di una bibliografia interdisciplinare e dei casi studio di *best practices*, definizione di un quadro sinottico sullo stato dell'arte, limitazione dell'ambito della ricerca e definizione degli obiettivi specifici, proposta di un modello innovativo di valutazione del comfort termico negli ambienti urbani aperti che rispondesse ad un nuovo quadro esigenziale costruito su una letteratura afferente a diversi settori disciplinari, verifica del modello e applicazione ad un caso studio.

Nello specifico, definita una prima bibliografia generale sul tema della complessità e della relazione ambiente-essere umano, è stata poi individuata una bibliografia specifica interdisciplinare sul tema del comfort termico negli ambienti urbani aperti. L'acquisizione di informazioni è stata completata, affiancando alla lettura di tali testi, alcuni colloqui con studi professionali (Gautier+Conquet, In situ, Playtime, ecc.) e tecnici di uffici comunali di alcune città che da anni sviluppano i temi trattati dalla presente ricerca (ad es: Frédéric Ségur, responsabile dell'Unité arbres et paysages, Communauté Urbaine de Lyon). L'acquisizione di informazioni è stata condotta anche attraverso la partecipazione, come uditore e come relatore, a convegni nazionali ed internazionali sulle tematiche trattate (SIU, REDS, READY, ecc.). Accanto a questa attività di carattere prettamente teorico, è stato sviluppato un programma di visite in loco, che ha coinvolto alcune delle città che più si sono dimostrate attive nella definizione di politiche per il controllo del surriscaldamento urbano (Barcellona, Lione, Zurigo, Bordeaux, ecc.) e ha permesso di analizzare di persona alcuni dei progetti che poi sono entrati a far parte dei casi studio e delle buone pratiche.

Obiettivo specifico

Dalla lettura della bibliografia generale e specifica (testi scientifici, atti di convegni, ecc.) è stato definito un primo quadro sinottico delle principali problematiche che caratterizzano oggi gli ambienti urbani. Tale quadro ha permesso di individuare una prima limitazione alla ricerca (surriscaldamento urbano) e definire le motivazioni alla base di tale interesse. L'analisi dei casi studio ha poi evidenziato come tale problematica, letta come comfort termico, trovi una risoluzione attraverso un accurato progetto degli ambienti urbani aperti, definendo così un'ulteriore limitazione al campo della ricerca.

Definito e motivato l'ambito specifico della ricerca, il comfort termico negli ambienti urbani aperti, è stato poi possibile definire lo stato dell'arte su tale tematica. La lettura di testi scientifici afferenti a differenti settori disciplinari ha permesso di introdurre i concetti di *ambiente* e di *percezione atmosferica* e di individuare un quadro sinottico delle componenti che influenzano il comfort termico negli spazi aperti. Dalla lettura di recenti atti di convegno e testi specifici è emerso, infine, come manchi oggi uno strumento che integri i due approcci valutativi ritrovati in letteratura. È stato così possibile definire l'obiettivo specifico della tesi, ovvero, la proposta di un modello valutativo complesso del comfort termico per gli ambienti urbani aperti, capace di rispondere ad un quadro esigenziale più complesso costruito, appunto, su uno studio interdisciplinare.

Tale obiettivo è stato perseguito, prima individuando nei testi di letteratura scientifica le *componenti del comfort termico*, poi identificando i possibili *sistemi tecnologici* applicabili alla progettazione dello spazio aperto dall'analisi dei casi studio, infine definendo l'incidenza degli stessi sistemi sulle componenti, arrivando a proporre un *indice di valutazione*.

Il modello, denominato I-COOL, è stato poi verificato e infine applicato ad un caso studio, piazza di Cortevicchia a Ferrara, per comprenderne i limiti e le effettive potenzialità.

Struttura della tesi

La struttura della tesi segue la metodologia descritta e può essere suddivisa in tre principali sezioni: definizione dell'ambito e delle motivazioni della ricerca (capitoli 1-3); definizione dell'obiettivo specifico (capitolo 4); definizione dell'output della ricerca, ovvero sviluppo, verifica, applicazione del modello di valutazione e dissertazione conclusiva (capitoli 5-8).

Nello specifico il primo capitolo introduce il concetto di *complessità* all'interno del sistema città - ambiente, descrive le problematiche che oggi lo caratterizzano, sottolinea il fallimento di alcuni modelli di sviluppo del passato incapaci di comprendere tale relazione, definisce la necessità di individuare un nuovo approccio capace di decodificare la complessità e le sue componenti per uno sviluppo *sostenibile*. Il capitolo si chiude con la descrizione di un quadro sinottico delle problematiche urbane generali.

Il secondo capitolo definisce una prima limitazione alla ricerca, individuando nello spazio pubblico, inteso come spazio urbano aperto, l'ambito all'interno del quale le problematiche descritte possono essere mitigate e/o risolte. In particolare, il capitolo descrive alcuni esempi di buone pratiche (ricerche internazionali, amministrazioni virtuose, ecc.) che hanno evidenziato la capacità *produttiva* dello spazio pubblico, intesa come capacità di intervenire positivamente su tali problematiche.

Il terzo capitolo definisce l'ambito specifico della ricerca, limitando l'indagine svolta, prima al surriscaldamento urbano in generale, poi al comfort termico negli spazi aperti. Dalla lettura di testi scientifici di settore e dall'analisi di molteplici casi studio, viene poi definito un abaco di sistemi tecnologici capaci di mitigare lo stress termico negli ambienti urbani aperti.

Il quarto capitolo definisce lo stato dell'arte sul tema e permette di inquadrare l'obiettivo specifico della tesi: la proposizione di un modello valutativo del comfort termico capace di considerare un quadro esigenziale più ampio.

Il quinto ed il sesto capitolo descrivono la struttura del modello I-COOL, la sua

verifica e la sua applicazione ad un caso studio specifico. In particolare il modello è stato verificato, prima attraverso una campagna sperimentale di raccolta dati, che ne ha permesso la calibratura, poi attraverso l'applicazione ad alcuni casi studio considerati buone pratiche. Infine il modello è stato utilizzato per un caso applicativo, piazza di Cortevicchia a Ferrara.

L'ultimo capitolo raccoglie le conclusioni del presente lavoro di ricerca.

APPLICABILITÀ DELLA RICERCA

La premessa metodologica permette di definire alcuni obiettivi che hanno interessanti ricadute applicative.

La prima parte della ricerca definisce un quadro sinottico delle problematiche generali (sociali, ambientali ed economiche) che caratterizzano oggi gli insediamenti urbani. Tale quadro può diventare un utile strumento di supporto a progettisti e ad amministrazioni che affrontano la tematica della progettazione urbana. Il quadro presentato, infatti, anche se in maniera estremamente sintetica e volutamente semplificata, da una parte evidenzia le problematiche attuali e le esigenze da soddisfare per raggiungere uno sviluppo sostenibile, dall'altra indica alcuni esempi generali di mitigazione e/o di soluzione delle stesse problematiche, suggerendo alcuni esempi di buone pratiche.

Accanto a questo quadro generale (problematiche e indicazioni di buone pratiche), si propone poi un database aperto dei sistemi tecnologici applicabili alla progettazione degli spazi aperti, redatto in schede illustrative e descrittive delle componenti tecnologiche, degli effetti delle stesse componenti sulle problematiche urbane generali pocanzi citate e sulle componenti del comfort termico, dei costi indicativi di costruzione. Il data base si definisce come un primo strumento di supporto alla progettazione, utile a professionisti e amministrazione per la gestione del progetto degli spazi urbani aperti.

Su questa schedatura, infine, viene costruito l'output principale della ricerca: il modello I-COOL. Tale modello permette di valutare come vari il comfort termico di un ambiente urbano aperto, al variare dei sistemi tecnologici applicati. Il modello si configura così come un valido strumento di analisi e di supporto alla progettazione degli spazi pubblici per progettisti, consulenti, tecnici comunali e più in generale amministrazioni pubbliche, e facilita all'interno del processo progettuale, la valutazione della qualità, in particolare qualità termica di un ambiente, favorendo così quel feedback processuale necessario oggi per la gestione del progetto complesso.

La possibilità di integrare il modello I-COOL all'interno di piattaforme GIS permette, inoltre, di definire un ulteriore possibile sviluppo ed applicazione del modello come strumento di supporto alla pianificazione urbana.

Risultati attesi

Destinatari della ricerca

CITTA' ED AMBIENTE: UN SISTEMA COMPLESSO

1. AMBIENTE, CLIMA, CITTÀ
2. LA SOSTENIBILITÀ: UN OBIETTIVO PER UNA FORMA DIFFERENTE DI SVILUPPO
3. CITTÀ E PROBLEMATICHE URBANE



Il capitolo descrive l'ambito generale all'interno del quale si sviluppa il presente progetto di ricerca, individuandone le possibili linee di sviluppo. In particolare, attraverso la lettura di un'ampia bibliografia scientifica, è stato possibile prima definire il rapporto città - ambiente, poi descriverne l'evoluzione che lo ha caratterizzato nel corso dei secoli, infine focalizzare l'attenzione su quelle problematiche di carattere ambientale, sociale ed economico - istituzionale che hanno caratterizzato lo sviluppo delle città a partire dal XIX secolo, ovvero dall'inizio della rivoluzione industriale. Da tale quadro emerge come lo sviluppo degli ultimi due secoli, se da una parte ha tendenzialmente migliorato le condizioni abitative medie, dall'altra ha fortemente compromesso altri aspetti dell'abitare, favorendo l'insorgere di nuove problematiche (inquinamento ambientale, consumo eccessivo delle risorse, disparità sociale, ecc.) e l'applicazione di modelli di crescita che oggi non possono essere più considerati accettabili. Definito un quadro generale sullo stato degli insediamenti urbani, si introduce il concetto di *sviluppo sostenibile*, inteso come nuovo paradigma di crescita, e si descrive l'evoluzione di tale concetto, dai primi movimenti ambientalisti degli anni '60 alle conferenze internazionali che hanno caratterizzato l'ultimo decennio del XX secolo.

Il capitolo si conclude con un quadro sintetico nel quale vengono classificate le principali problematiche urbane e vengono delineati degli obiettivi generali per la risoluzione delle stesse. Questo quadro, presentato come risultato del capitolo, diventa la base sulla quale verranno poi sviluppati i ragionamenti dei successivi capitoli: individuazione di un possibile ambito di risoluzione delle problematiche, ovvero gli spazi pubblici (capitolo 2) come ambito di ricerca; individuazione di una problematica specifica, l'isola di calore (capitolo 3), come limitazione al campo di ricerca.

1. AMBIENTE, CLIMA, CITTÀ

UNA PRIMA DEFINIZIONE

«Il problema di controllare il proprio ambiente e di creare delle condizioni favorevoli ai propri obiettivi e alle proprie attività è antico quanto l'uomo. Attraverso i secoli, gli uomini hanno sempre cercato, costruendo le loro abitazioni di soddisfare due esigenze umane: la protezione dagli elementi e la creazione di un'atmosfera favorevole alla propria attività spirituale» (Olgyay 1962).

«Vivere significa avere acqua e cibo [...] se proviamo a classificare le cose indispensabili per la nostra esistenza, in funzione del tempo durante il quale possiamo vivere senza, otterremo il seguente ordine: aria, protezione dal clima, acqua, cibo. Tutti gli altri bisogni vengono molto dopo» (Friedman 2006).

Esigenze di protezione

Da sempre l'essere umano, come molte altre specie animali, modifica l'ambiente all'interno del quale vive al fine di ricreare il miglior *habitat* possibile, ovvero «quell'insieme di funzioni ambientali che sono direttamente o indirettamente necessarie alla sopravvivenza di una particolare specie animale (in questo caso, appunto, l'uomo)» (Friedman 2006). Se le grotte sono state il primo rifugio dell'essere umano, la tenda rappresenta forse l'origine di quella architettura primordiale, costruita artificialmente per definire il primo habitat protetto e necessario all'esistenza. In questo senso, l'architettura diventa quella «disciplina che cerca di produrre *ecosistemi* artificiali [...] o di migliorare e rendere abitabili quelli esistenti» (Friedman 2006).



Fig. 01: la tenda come prima struttura di protezione artificiale

Quelli citati da Friedman sono, però, solo i bisogni primari ai quali l'uomo ha cercato di dare una risposta con le prime forme di insediamento *naturale*, le grotte, o *artificiale*, le tende per le culture nomadi, i raggruppamenti di *tholoi* (capanne circolari a falsa volta), per le popolazioni stanziali.

La necessità di confrontarsi con un quadro sempre più ampio di bisogni, ha portato l'essere umano a cercare risposte insediative più complesse, capaci di adattarsi al continuo sviluppo economico e socio-culturale che da sempre caratterizza l'evoluzione umana. Così i tholoi vengono aggregati a formare le prime *proto-città*. L'evoluzione di questo modello aggregativo porta poi alla nascita dei primi veri insediamenti urbani complessi, ad esempio la città di Catal Höyük, presumibilmente fondata tra il V ed il IV

millennio nel sud dell'Anatolia, o la città di Gerico, definita come «la città più antica del mondo» (Espuelas 1999) e data al VII millennio a.C. Osservando proprio la struttura di Gerico si nota come l'insediamento fosse circondato da un sistema di possenti mura, larghe più di tre metri e alte quattro, che definivano chiaramente il confine della città, separando l'ambito naturale da quello antropizzato.

L'evoluzione della città è stata studiata a lungo in molteplici ambiti disciplinari. In particolare, etnologi, antropologi e geografi hanno cercato di individuarne le cause delle trasformazioni delle città del passato, osservandone le trasformazioni fisiche in relazione ai mutamenti socioculturali. Un testo particolarmente interessante, *Antropologia del Paesaggio*, scritto da Eugenio Turri, offre una interessante panoramica sintetica di quelli che sono i fattori, o le esigenze, alla base della complessa evoluzione che ha caratterizzato lo sviluppo delle città. Nel saggio, l'antropologo analizza in particolare le motivazioni culturali alla base di queste trasformazioni: accanto al bisogno di *protezione*, inteso nel senso lato (protezione da agenti atmosferici, animali selvatici, gruppi di altri uomini in cerca di cibo, ecc.), individua alcune motivazioni culturali specifiche, quali le attività religiose, le incidenze estetiche, le esigenze sociali, economiche, politiche, che, secondo l'antropologo, hanno contribuito e tuttora contribuiscono a trasformare gli insediamenti urbani.

Rientrano, ad esempio, all'interno dell'trasformazioni urbane riconducibili ad esigenze religiose, opere come i recinti sacri, i templi, le chiese, i monasteri, i monumenti funerari, ecc. Queste opere, «apparentemente non necessarie», nel passato avevano un ruolo determinante, come dimostra il fatto che il tempio fosse «sempre l'edificio primo, il primo segno di umanizzazione».

Le trasformazioni delle città, e del paesaggio più in generale, sono anche dettate da esigenze sociali: le forme di relazione e di aggregazione sociale (famiglia, clan, ecc.) hanno, da sempre, condizionato la forma urbana. Ad esempio, nelle *qala*, villaggi fortificati dell'altopiano iranico, «le abitazioni denunciano proprio nella loro eguale ripartizione, la presenza di tante cellule familiari. In modo ancora più eloquente, il rapporto familiare si esprime, nelle società patriarcali, come conservazione di un'unità economica e sociale sotto la potestà del capo (esempio: le *zadruga* slave e le loro germinazioni)» (Turri 2008: 164). Quando il numero degli appartenenti ad un preciso gruppo sociale aumenta, la conformazione dell'unità non varia verso l'esterno ma solo nella sua struttura interna.

Osservando le recenti trasformazioni della struttura sociale, ad esempio i cambiamenti che caratterizzano il concetto e la dimensione della famiglia nelle culture occidentali, emerge chiaramente come la forma sociale continui ad influenzare la forma della città.

**Esigenze
religiose**

**Esigenze
sociali**

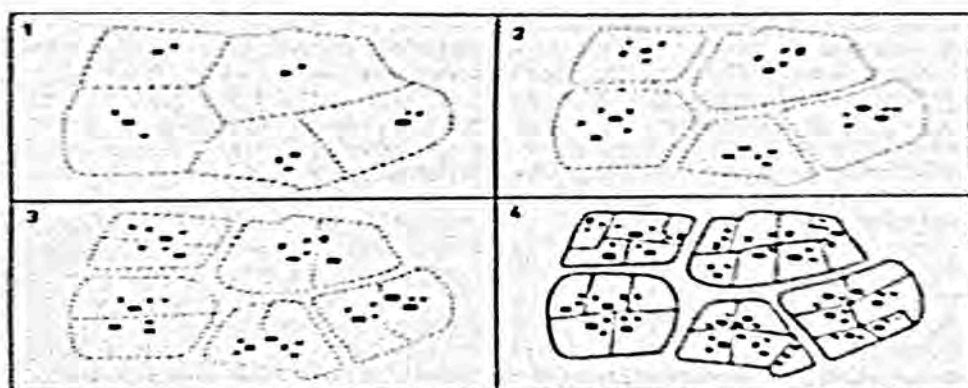


Fig. 02: esempio di evoluzione degli insediamenti a carattere familiare nel mondo slavo tradizionale, *zadruga* (fonte: Turri)

Esigenze economiche - produttive

Le trasformazioni delle città sono fortemente influenzate, inoltre, da esigenze di carattere economico-produttivo. Osservando, ad esempio, i primi insediamenti africani, notiamo come la struttura urbana ruoti attorno al principale fattore produttivo, il gregge: le capanne costruiscono un unico grande recinto esterno, all'interno del quale trova riparo, appunto, il bestiame. Questa forma primordiale di insediamento, estremamente diffusa in diverse parti del mondo, assume, nel sud dell'Italia, la forma dello *jazzzo*, recinto di pietra che ingloba uno o più edifici destinati all'uomo e definisce anch'esso un recinto per il bestiame. Senza descrivere tutte le forme produttive che si sono avvicendate nel corso dei secoli (economie agricole, artigianali, mercantili, ecc.) è sufficiente osservare come, più recentemente, la rivoluzione industriale abbia portato trasformazioni che hanno sconvolto l'assetto delle città *storica* - preindustriale. Basti pensare, ad esempio, «alla complessità e molteplicità di segni di un paesaggio urbano-industriale, come la *banlieue* parigina, con tutta la varietà delle infrastrutture, edifici, strade, stabilimenti industriali».



Fig. 03: due esempi di villaggi produttivi, a sinistra un *keraal*, villaggio dei pastori etiopi galla borana, a destra un distretto industriale

Esigenze politiche

Lo sviluppo urbano è stato fortemente influenzato anche dalle diverse forme politiche, nate e sviluppatasi nel corso dei secoli. «Caratteristica dei fattori politici è il promuovere, infatti, un certo tipo di modificazione entro spazi geografici precisi e limitati [...] e l'azione politica si esplica nel paesaggio come modificazione promossa da un potere che si ispira ai valori culturali di un gruppo umano, riflettendone teoricamente le necessità, le interne forze sociali e i suoi rapporti vitali con un territorio» (Turri 2008: 180). Senza soffermarsi a descrivere esaustivamente i dettagli dei diversi ordinamenti politici, appare evidente come l'idea di una particolare società, espressa da una particolare condizione politica, possa influenzare la struttura urbana: i villaggi patriarcali africani, gli insediamenti delle colonie romane del primo secolo, le città disegnate sui modelli utopici del XVI secolo, le città giardino del XIX secolo, ecc., fino ad arrivare alle infinite periferie americane del dopoguerra, non sono altro che rappresentazioni di come un particolare condizione politica abbia costruito un particolare assetto urbano.

Esigenze tecnologiche

Applicate alla città, le innovazioni tecnologiche, dirette conseguenze delle esigenze culturali, hanno contribuito a determinare le trasformazioni urbane. Si consideri a titolo esemplificativo, l'innovazione dell'ascensore, ad opera di Elisha Otis nel 1861. Tale innovazione ha permesso l'innalzamento degli edifici e la nascita dei grattacieli, ovvero di un «architettura che non consiste più nell'arte di progettare edifici, quanto piuttosto nella brutale estrusione verso il cielo di qualunque lotto l'imprenditore immobiliare sia riuscito a mettere assieme» (Koolhaas 1978). La metropolitana, l'automobile e, in ultima istanza, internet, sono innovazioni tecnologiche che, dettate da differenti esigenze, hanno modificato fortemente l'assetto urbano della città storica.



Fig. 04: Pascensore, innovazione tecnologica che ha inciso fortissimamente sulle trasformazioni urbane degli ultimi due secoli

Appare evidente come le differenti esigenze culturali (religione, sociali, economiche, politiche) abbiano fortemente influenzato l'assetto urbano. Bisogna però ricordare che, accanto a queste esigenze determinate da fattori culturali, esiste un altro fattore fondamentale, che ha inciso sullo sviluppo urbano e sulle stesse esigenze culturali pocanzi citati: *l'ambiente*. Il concetto di ambiente, inteso come quell'insieme complesso di «fattori geologici, climatici, morfologici, biologici» (Turri 2008), permette di superare «le tradizionali ripartizioni geografiche, definite in funzione dei continenti (e delle culture ndr), e riconoscere l'esistenza di profonde e oggettive relazioni che legano i vari fenomeni fisici e biologici, di cui anche l'uomo deve tener conto in quanto organismo che è parte dell'ambiente terrestre» (ivi: 37). Il concetto di ambiente, così inteso, comprende anche il clima, inteso come «la caratterizzazione media dei parametri fisici dell'atmosfera terrestre (temperatura, radiazione solare, velocità e direzione del vento, pressione, umidità relativa e piovosità) in un determinato spazio geografico e per un periodo di tempo relativamente lungo» (Grosso 2008). Ambiente e clima permettono di introdurre il concetto di *ecosistema*, inteso come «unità spaziali, territori più meno ampi, dove la vita vegetale e animale è organizzata in un suo insieme di rapporti reciproci nei confronti dei fattori fisici [...], essi sono il risultato di una storia geologica, di una storia climatica, morfologica, e poi di una storia di organismi viventi che si sono diffusi ed organizzati sulla superficie terrestre in rapporto alle possibilità e sollecitazioni ambientali. [...] Ai diversi ambienti terrestri, considerati in funzione climatica, corrispondono infatti condizioni di abitabilità e risorse (agricolo-pastorali) diverse per l'uomo». L'ambiente, inteso come conformazione geologica e clima, ha quindi influenzato l'assetto culturale e, di conseguenza, come meglio verrà descritto nelle prossime pagine, l'assetto dei diversi insediamenti urbani.

Esigenze ambientali



Fig. 05: esempi di insediamenti urbani fortemente condizionati dall'ambiente climatico, a sinistra strutture ipogee, a destra camini del vento

Il breve quadro descritto (che non pretende di essere una trattazione esaustiva del tema), mostra come la struttura urbana sia definita da una molteplicità di esigenze, influenzate principalmente da due grandi fattori: fattori ambientali ed fattori culturali. La risposta dell'essere umano, per quanto diversificata a seconda dei vari contesti territoriali, non è altro che un tentativo di rispondere a questo complesso quadro di esigenze al fine di costruire il miglior *habitat* possibile, sia esso un villaggio, sia esso una città. All'esigenza primaria, che è, ovviamente, sopravvivere in un dato ambiente, corrispondono quindi le prime attività economiche umane (protezione e produzione/accumulo di cibo), rese via via più complesse dall'influenza delle diverse istituzioni religiose, sociali, politiche.

Questo stretto legame tra ambiente, essere umano e fattori culturali, si è però interrotto a partire dal XVIII secolo, quando la rivoluzione industriale, sfruttando le risorse nascoste del sottosuolo, «ha svincolato la moderna organizzazione dello spazio dai suggerimenti ambientali immediati, svincolandolo (in apparenza ndr) dalle condizioni ambientali e dalla presenza in loco di risorse primarie superficiali. [...] Prima della civiltà industriale, che ha saputo sfruttare le energie *occulte* del panta e le sue grandi risorse minerarie, ogni ambiente, con le sue proprie vocazioni e disponibilità, suggeriva una certa forma di sfruttamento e l'organizzazione umana era regionale, con caratteristici fenomeni di addensamento nelle aree a sfruttamento intensivo, come nelle zone tropicali irrigue, e con una diffusione umana rada ed estensiva nelle zone le cui disponibilità e vocazioni, più difficili da valorizzare, sono rimaste inesprese» (ivi: 38).

Se da una parte, la civiltà industriale, inventando «strumenti imponenti e decisivi per superare le strette impostazioni ambientali» ha promosso un generale aumento delle capacità produttive, migliorando così le condizioni abitative e favorendo un forte incremento demografico, dall'altra parte, ha causato nuovi squilibri nel rapporto tra ambiente ed essere umano. Tale modello di sviluppo, che per lungo tempo è sembrato essere un paradigma vincente, è entrato in profonda crisi a partire dalla metà del XX secolo, quando sono emerse con grande forza le prime problematiche ambientali e si sono intensificate quelle sociali, già emerse nel corso del secolo XIX secolo.

Appare chiaro come oggi «l'uomo, oltre che animale sociale», debba essere «un attento

contabile del suo rapporto dare e avere con la natura, in quanto elemento di natura. Degradando l'ambiente, esaurendolo nelle sue vocazioni o possibilità, egli deve ristrutturare la cultura, modificare i rapporti sociali. Gli allarmi ecologici di oggi, la presa di coscienza degli eccessivi consumi delle società avanzate, la protesta non più eludibile delle classi povere e dei popoli arretrati, hanno anche questo significato e preludono alla necessità di una nuova ricomposizione culturale imposta dal rapporto uomo-ambiente indotto dai modi di vita industriali» (ivi: 38).

AMBIENTE E CLIMA COME RISORSA

A partire dagli anni '60, l'ambiente, e con esso il clima, torna ad essere al centro del dibattito internazionale ed assumere un ruolo decisivo nella definizione delle strategie di intervento sulle città, e più in generale, nella definizione delle politiche energetiche ed industriali di moltissimi paesi. I dati sulle condizioni dell'inquinamento ambientale, sul costante aumento dei gas serra antropogenici e del conseguente surriscaldamento globale delle temperature, ecc., hanno spinto una parte della ricerca a rivedere il rapporto tra sviluppo urbano ed ambiente.

Tra i principali lavori pubblicati agli inizi degli anni Sessanta, troviamo due *manifesti* fondamentali: *Design with Climate*, pubblicato nel 1962 da Olgyay, e *Architecture Without Architects: A Short Introduction to Non-pedigreed Architecture*, pubblicato da Rudofsky nel 1964.

La ricerca di Victor Olgyay, sviluppata presso la Princeton University, in collaborazione con il fratello Aladar e pubblicata in Italia vent'anni più tardi, affronta nello specifico la relazione tra clima e insediamento urbano. La ricerca parte da un semplice assunto: gli insediamenti urbani devono relazionarsi con l'ambiente circostante, in particolar modo con le condizioni climatiche che lo caratterizzano. Il sottotitolo, *un approccio bioclimatico al regionalismo architettonico*, introduce una ulteriore specificazione: se la rivoluzione industriale ha permesso di sciogliere il rapporto ambiente – insediamento urbano, la crisi di questo modello rende necessario ripensare tale rapporto, considerando le componenti regionali, ovvero le caratteristiche dei singoli luoghi. La *bioclimatologia* diventa lo studio delle connessioni tra clima e vita e definisce il modo in cui l'uomo costruisce la propria casa, o il proprio *habitat*, tenendo conto dei vari tipi di clima sulla terra.

La pubblicazione evidenzia l'influsso del clima sui principi insediativi, prima degli animali (nidi di uccelli, termitai, ecc.), poi degli esseri umani, identificando quattro principali aree climatiche a cui appartengono quattro tipologie insediative e costruttive:

- *clima freddo*, caratterizzato da una temperatura media annuale inferiore a 10°C e da tipologie abitative compatte (tipo igloo)
- *clima temperato*, definito una temperatura media annua compresa tra i 10 ed i 20 °C e da tipologie edilizie variegata, in base al particolare contesto geografico ed ambientale
- *clima caldo – umido*, definito da una temperatura media annua compresa tra i 20 ed i 30 °C e da tipologie allungate lungo l'asse NO-SE con ampie aperture utilizzate per sfruttare la ventilazione naturale
- *clima caldo – secco*, definito da una temperatura media annuale superiore a 20°C, con massimi superiori a 30°C, caratterizzata da scarse precipitazioni e da tipologie a corte chiusa ad alta inerzia termica

Clima ed architettura

Individuato il problema generale, il rapporto architettura – clima, il testo descrive la necessità di definire un approccio locale (*regionale*) per la valutazione del comfort termico di un ambiente urbano. Per raggiungere tale obiettivo, nel manuale vengono interpretate, in termini di principi architettonici, alcune problematiche climatiche (la scelta del sito, l'orientamento rispetto alla provenienza della radiazione solare e del vento, le tecnologie per il controllo della radiazione solare, la forma degli edifici in funzione dell'ambiente, gli effetti del vento e dei materiali utilizzati nella progettazione), arrivando a definire delle buone pratiche per una progettazione *eliotermica*. Il manuale si conclude con un'applicazione architettonica di tali principi alle quattro regioni climatiche precedentemente individuate.

Architettura spontanea

L'altro grande manifesto, *Architecture Without Architects*, pubblicato nel 1964 come catalogo di una esposizione al MOMA curata da Rudofsky, è una storia dell'architettura senza nome, ovvero di quell'architettura c.d. vernacolare, spontanea, rurale, ecc., che costituisce gran parte del patrimonio edificato, ma che non ha pretese artistiche, di linguaggio o figurative. Se la storia classica dell'architettura è concentrata sui lavori dei singoli architetti, questa ricerca pone l'accento su imprese comuni, ovvero su quelle architetture intese come «un arte comune, non prodotta da pochi intellettuali o tecnici, ma dalla attività continua e spontanea dell'intera popolazione per un comune bene e realizzata grazie ad una condivisione di esperienza» (Rudofsky 1964).

La catalogazione degli esempi progettuali evidenzia come, *tradizionalmente*, gli edifici fossero costruiti in perfetta armonia con il contesto, cercando di sfruttare al massimo le potenzialità offerte da un determinato ambiente, in quanto a materie prime, condizioni solari e climatiche in generale, possibilità produttive per il sostentamento, ecc.

La ricerca evidenzia come alcune di quelle soluzioni che erano ritenute *primitive*, in realtà, anticipino alcune delle tecnologie più recenti: prefabbricazione dei materiali e standardizzazione delle componenti, riscaldamento dei pavimenti, condizionamento dell'aria, controllo della radiazione solare, addirittura ascensori, ecc.

Ecologia urbana

Le due ricerche citate sono state probabilmente i primi lavori ad affrontare in maniera scientifica e precisa la relazione ambiente – città, sottolineandone una specifica peculiarità: il ruolo del clima nella definizione della forma e delle tecnologie adottate per la costruzione dell'insediamento urbano. Accanto a queste ricerche, che afferiscono principalmente alla disciplina della climatologia e della biologia, cominciano a diffondersi altri studi che propongono un approccio più generale e che fa capo all'ecologia urbana. Tale materia studia nel complesso le relazioni tra *ecosistema* ed ambiente urbano cercando di comprendere le relazioni tra le differenti parti (sistemi) che lo costituiscono, comprese le componenti climatiche. Il testo che per primo descrive quest'approccio è *L'Ecosistema Urbano*, curato dall'architetto Manfredi Nicoletti e pubblicato nel 1978. Il testo analizza i problemi dell'ecosistema urbano sotto un duplice aspetto e secondo un approccio interdisciplinare alla materia. Per tale ragione vengono approfondite tematiche legate alla psicologia, all'antropologia, alla biologia, all'ingegneria dei sistemi, alla botanica, alla storia dell'urbanistica, all'economia, all'inquinamento ambientale, ai problemi energetici, ecc. In particolare, il testo definisce l'ambiente fisico e la relazione anche psicologica che con esso costruisce l'essere umano, analizza la relazione che si instaura tra ambiente e società al fine di definire pratiche di conservazione dell'ambiente che, attraverso un approccio sistemico, siano capaci di considerare la complessità dei flussi che caratterizzano l'ambiente urbano.

Le tre ricerche citate, che sono solo una piccola parte dei lavori svolti su tale tematica, evidenziano come, a partire dagli anni Sessanta, si cominci a ripensare il rapporto

ambiente - insediamento urbano con l'obiettivo di individuare possibili pratiche innovative capaci di invertire quel trend innescato dalla rivoluzione industriale e dal modello del moderno. Sono proprio queste ricerche, e ricerche simili a queste, che hanno portato a ragionare prima, e a proporre poi, un paradigma di sviluppo alternativo, capace di non danneggiare l'ambiente ma di vivere in simbiosi con esso, portando alla definizione di quel concetto di *sviluppo sostenibile*, che verrà meglio descritto nelle prossime pagine.



Fig. 06: Rodano, lungo fiume, prima e dopo la riqualificazione urbana terminata nel 2012

2. LA SOSTENIBILITÀ: UN OBIETTIVO PER UNA FORMA DIFFERENTE DI SVILUPPO

I precedenti paragrafi hanno evidenziato come le trasformazioni urbane possano essere lette come conseguenze di un processo complesso e continuo di adattamento delle città ai nuovi scenari politici, culturali, tecnologici, economici ed ambientali, e come esse possono essere definite, quindi, come reazioni endogene che i sistemi urbani producono nel tentativo di risolvere le molteplici problematiche sorte nel corso dei secoli (Turri 2008).

La città industriale

Annoverabile sicuramente tra i fenomeni che maggiormente hanno inciso sulla trasformazione urbana, la rivoluzione industriale ha lasciato nelle nostre città, e più in generale nella relazione tra sistema urbano e ambiente, segni di mutazioni evidenti. La disponibilità apparentemente illimitata di lavoro offerta dalle nuove industrie all'interno delle città ha portato, infatti, ad un forte inurbamento e ad una rapida e poco controllata espansione urbana. Nasce così *la città industriale* come nuovo modello di insediamento e di sviluppo e, con essa, si rafforzano quelle problematiche di carattere ambientale e sociale, che poi sono state descritte tanto bene in alcuni racconti dei grandi romanzieri del XIX e del XX secolo.

La consapevolezza della gravità di queste problematiche ha spinto, prima alcuni pensatori utopisti del diciannovesimo secolo (si ricordano a titolo esemplificativo i modelli del *Jalansterio* proposto e realizzati da Charles Fourier già agli inizi del XIX secolo e la *città giardino* teorizzata da Ebenezer Howard nel 1898), poi i grandi maestri del Movimento Moderno (si consideri sempre a titolo esemplificativo l'idea della *ville radiieuse* di Le Corbusier), a proporre modelli urbani innovativi, capaci di porre rimedio alle problematiche pocanzi descritte.

Ed è stato proprio il Movimento Moderno, con le sue innovative visioni urbane, a determinare fortemente l'assetto delle città del XX secolo. Da una parte, le soluzioni, proposte a partire dai primi del Novecento da tale Movimento, hanno sicuramente incrementato la qualità dell'abitare, risolvendo parte di quelle problematiche ambientali, igieniche ed di generale degrado di alcune parti della città storica, dall'altra il modello di sviluppo proposto dal Moderno ha finito per favorire i processi di espansione urbana, resi necessari anche per via delle nuove esigenze abitative derivanti dal secondo conflitto mondiale (Sinolpoli 2002), l'incremento dell'industrializzazione, l'exasperazione di uno stile di vita individualista proposto dal modello consumista – occidentale (Bauman 2002, Ingersoll 2006), il consumo irresponsabile delle limitate risorse ambientali (Rogers 1997), ecc., rafforzando alcune delle problematiche ereditate dal passato e favorendo l'insorgere di nuove.

La presa di coscienza dell'inadeguatezza di tale modello di sviluppo è riconducibile già ai primi anni '50, quando si cominciano ad osservare i primi effetti devastanti sull'ambiente, e poi sull'essere umano, del modello di sviluppo della città industriale. L'inquinamento sempre più forte devastava intere regioni e sistemi ecologici: le quattromila persone morte a Londra nel 1952 per inquinamento industriale ed il morbo di Minamata del 1956, ricondotto successivamente a sversamenti di mercurio di un'industria nel mare, che uccide prima un ecosistema poi le persone che di quell'ecosistema si nutrono, sono solo alcuni esempi dei danni provocati da quello che si credeva un modello di progresso. Ad una consapevolezza locale delle singole problematiche ambientali, si unisce in quegli anni una consapevolezza globale di come le condizioni ambientali locali possano incidere a livello globale e di come, alla fine, tutti gli esseri umani appartengano allo

stesso ecosistema. Immagine iconica di questa nuova visione è sicuramente la fotografia scattata alla terra dagli astronauti del Apollo 8 nel 1968, che ritraggono un piccolo pianeta visto nella sua interezza, senza divisioni interne, terra di tutti gli esseri umani.



Fig 01: l'immagine ritrae la terra vista per la prima volta dallo spazio (fonte: NASA)

L'evidenza del legame tra sviluppo industriale e danni ambientali è incontrovertibile e porta alla nascita dei primi movimenti ambientalisti (il WWF nasce nel 1961, Green Peace nel 1971) e ad una chiara presa di coscienza dell'impossibilità di proseguire con tale modello di sviluppo. Se una mostra realizzata sul finire degli anni '50 a Milano, mostra alcuni dei danni effettuati dall'uomo sul ambiente, con fotografie e dati che evidenziano come gli scarichi industriali stiano uccidendo intere ecologie e avvelenando l'ambiente, è sicuramente il libro "Primavera Silenziosa" di Rachel Carson, nel 1962, che determina un'ulteriore e forte presa di coscienza, dimostrando come l'utilizzo dei pesticidi nell'agricoltura stia alterando interi ecosistemi con conseguenze devastanti anche per l'uomo. Ma non sono solo i cittadini ad avere coscienza delle conseguenze devastanti di queste problematiche. Anche le istituzioni cominciano a prendere provvedimenti: nel 1948 l'Unesco istituisce il UCN, Unione internazionale per la Conservazione della Natura, nel 1949 vi è la prima conferenza delle Nazioni Unite sull'uso delle risorse e sull'ambiente, nel 1968 viene organizzata sempre dall'Unesco una conferenza sulla *Biosfera*, che mette in evidenza la necessità di politiche comuni, e che porterà alla conferenza di Stoccolma del 1972.

Lo stato avanzato di degrado che caratterizza l'ambiente naturale e quello urbano viene raccontato non solo da ambientalisti o istituzioni ma anche da pittori, poeti, registi, e più in generale artisti che cercano di diffondere, attraverso la propria opera, un'informazione critica sul modello di sviluppo industriale. Tornano alla memoria, per fare un esempio limitato al panorama del cinema italiano del dopoguerra, alcuni film diretti dai grandi maestri quali Antonioni, Petri, Rosi, De Sica, ecc., che mettono in evidenza, appunto, alcune delle conseguenze dovute allo sviluppo industriale nelle città italiane. Tra tutti, forse le immagini che rimangono maggiormente impresse nella memoria, sono quelle presenti nel primo capolavoro a colori diretto da Antonioni, *Deserto Rosso* del 1964, che descrive una Ravenna industriale resa completamente disumanizzata dalla forte presenza industriale.

I movimenti ambientalisti



Fig. 02: fotogramma tratto da *Deserto Rosso*, diretto da Antonioni

Il dibattito ambientalista di quegli anni si poggiava su due opere fondamentali: “The Population Bomb” e “The Limits to Growth”. Il primo libro, scritto dal biologo statunitense Paul Erlich nel 1968, poneva, al centro del dibattito internazionale, la questione della crescita demografica e dell’insufficienza delle risorse ambientali. Rielaborando le teorie *maltusiane*, l’autore arrivava a proporre, anche se criticato da parte degli stessi movimenti ambientalisti, il controllo delle nascite come il solo strumento utile per la sopravvivenza pacifica della specie umana.

Il secondo libro, che nasce dalla volontà di Aurelio Peccei nel 1972, è l’esito di una ricerca sviluppata in collaborazione con il MIT, dal *Club di Roma*, un gruppo di scienziati che a partire dalla metà degli anni ’60 comincia a studiare l’ambiente, ed in particolare l’ecologia, attraverso una metodologia scientifica, capace di superare gli errori previsionali legati all’approccio empirico maltusiano, incapace di comprendere a fondo la complessità delle relazioni tra le parti. Partecipa al gruppo anche lo scienziato Forster, esperto della *dinamica dei sistemi*, ovvero di quella scienza che analizza, attraverso complesse equazioni matematiche, la relazione tra esseri viventi, tecnologie e processi naturali, e definisce modelli previsionali capaci di prevedere le tendenze di un futuro remoto. Grazie alle strutture del MIT e ai loro calcolatori, vengono definiti degli scenari, delle possibili previsioni future, dalle quali emerge con forza come la crescita debba avere un limite, perché limitate sono le risorse disponibili. Il libro, presentato alla conferenza di Stoccolma, diventerà la base dei ragionamenti ambientalisti dei successivi decenni.

La conferenza di Stoccolma

È il 5 giugno del 1972 quando, appunto, a Stoccolma si aprono i lavori della conferenza mondiale sull’Ambiente Umano. Ed è la prima volta nella storia dell’umanità che più di cento nazioni del pianeta si trovano per discutere dell’ambiente, della natura, dell’ecologia, della finitezza delle risorse ambientali, della povertà e della fame nel mondo. Obiettivo della conferenza è definire quali politiche e quali collaborazioni possano essere trovate tra le diverse nazioni per arrivare ad una forma di sviluppo differente, che oggi potremmo definire, *sostenibile*. La partecipazione al convegno fu intensa e, nonostante gli scontri tra i diversi schieramenti (blocco occidentale, blocco sovietico, paesi emergenti, ecc.) dovuti ad i forti interessi in gioco, si arrivò a definire la necessità di vivere in un ambiente sano, salubre e di qualità, aprendo così la via per la ricerca di quel nuovo modello di sviluppo che porterà alla definizione proprio del concetto di *sviluppo sostenibile*.

Primo passo per la definizione di tale concetto, è stato il rapporto *Our Common Future*, rilasciato nel 1987 dalla World Commission Environment and Development (WCED), diretta dalla coordinatrice Gro Harlem Brundtland. All'interno di questo rapporto per la prima volta viene definito il concetto di sviluppo *sostenibile* inteso come quello sviluppo «che soddisfa i bisogni del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare i propri» (WCED). Tale definizione verrà poi ripresa e meglio sviluppata dalla conferenza di Rio de Janeiro del 1992, quanto vent'anni dopo l'incontro di Stoccolma, oltre duecento tra nazioni e organizzazioni non governative, si rincontreranno per trovare nuove forme di cooperazione per la definizione di una forma di sviluppo sostenibile a livello locale e globale.

Lo sviluppo sostenibile diventa, così, un obiettivo necessario, l'unico modello di sviluppo possibile per evitare di incorrere in quegli scenari descritti già nel 1972 dal gruppo di ricercatori del MIT. A seguito poi della conferenza di Rio del 1992, il concetto di sviluppo sostenibile, viene elaborato e specificato anche in successivi convegni (Aalborg 1994, Lisboa 1996, Hannover 2000, ecc) e viene definitivamente accettato anche in alcune specifiche normative e direttive, ad esempio, la ISO 26000 («Guida sulla responsabilità sociale»), la ISO 9004 («Linea guida per il miglioramento delle prestazioni»), ecc. Se queste ultime normative definiscono effettivamente strategie per promuovere «il miglioramento della prestazione energetica degli edifici all'interno dell'Unione, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni relative al clima degli ambienti interni e all'efficacia sotto il profilo dei costi» (art.1, direttiva 2010/31/UE), recependo quindi gli aspetti energetico - ambientali, bisogna però ricordare che il concetto di sostenibilità deve essere inteso in senso più ampio, non limitandone l'interpretazione alle sole problematiche ambientali ed economiche definite da un modello di sviluppo prettamente industriale.

Oggi, infatti, il concetto di sostenibilità è inteso in senso lato e riguarda quattro sfere diverse:

Sostenibilità

- sostenibilità *economica*, intesa come capacità di generare reddito e lavoro per il sostentamento della popolazione
- sostenibilità *ambientale*, intesa come capacità di garantire condizioni di benessere umano (sicurezza, salute, istruzione, ecc) equamente distribuite per classi e genere
- sostenibilità *sociale*, intesa come capacità di mantenere qualità e riproducibilità delle risorse naturali
- sostenibilità *istituzionale*, intesa come capacità di assicurare condizioni di stabilità, democrazia, partecipazione, giustizia

Sono proprio queste quattro componenti che definiscono appunto il concetto di sostenibilità contemporaneo e che devono essere la base per la definizione degli obiettivi di sviluppo urbano.

3. CITTÀ E PROBLEMATICHE URBANE

Il paragrafo precedente ha descritto l'evoluzione del concetto di sostenibilità. A partire dalla rinnovata consapevolezza dell'importanza della gestione delle risorse, maturata come si ricordava a partire dagli anni Sessanta, in questo paragrafo si intende porre in evidenza un quadro sintetico di quelle che sono oggi le principali problematiche ereditate da questa costante evoluzione urbana e i conseguenti obiettivi generali che sono alla base di uno sviluppo urbano sostenibile.

L'insieme degli obiettivi generali è stato suddiviso in categorie il più possibile omogenee con la finalità di rendere il più chiaro possibile la comprensione delle problematiche attuali pocanzi citate. Il quadro esigenziale proposto è il risultato di una sintesi delle indicazioni fornite dalle attuali Direttive comunitarie e dalla numerosa letteratura scientifica sull'argomento.

La classificazione proposta riprende il concetto di *sostenibilità*, e le componenti che lo definiscono, per costruire un quadro composto da ambiti omogenei all'interno dei quali inserire gli obiettivi generali individuati. Nello specifico sono stati individuati l'*ambito economico-istituzionale*, che deriva dall'unione delle componenti economiche ed istituzionali, l'*ambito sociale*, l'*ambito ambientale*.

Per *ambito economico - istituzionale* si intende l'insieme complesso di tematiche legate alla gestione processuale del progetto. Tale ambito coinvolge la sfera amministrativa - istituzionale da un lato e dall'altro la sfera finanziaria - economica del progetto. Rientrano all'interno di quest'ambito per esempio gli strumenti urbanistici, le procedure partecipative, i partenariati con il privato, il marketing urbano, ecc.

Per *ambito sociale* si intende quella sfera il cui principale protagonista è l'essere umano. Afferiscono a quest'ambito problematiche legate alle relazioni sociali, ad aspetti culturali, al comfort ed alla fruibilità degli spazi, ecc. (Orlandi 2005).

Per *sfera ambientale* si intende l'insieme di quelle problematiche legate ai *caratteri ambientali*, ovvero alla modalità di impiego delle risorse naturali in relazione al progetto di architettura alle diverse scale (Grosso 1997). In sintesi, si intende come le risorse ambientali, quali acqua, aria, territorio, ecc., o più in generale le risorse legate alla *biosfera* (Chiapponi 1997), vengano gestite nel processo progettuale. Rientrano all'interno di questa categoria obiettivi quali la gestione del ciclo delle acque, la produzione di energia da fonti rinnovabili, l'incremento della biodiversità, la bonifica delle aree inquinate, ecc.

Si ricorda che la classificazione che verrà proposta nelle pagine a seguire ha per obiettivo la definizione di un quadro sinottico che mette in rapporto *problematiche* ed *obiettivi generali* valido per gli attuali sistemi urbani.

OBIETTIVI ECONOMICO – ISTITUZIONALI

Difficoltà economica della trasformazione urbana e Procedure agevolate

La trasformazione urbana è disciplinata da appositi strumenti regolatori, che definiscono le regole ed i limiti vigenti. Nel contesto italiano, i processi di recupero urbano ed edilizio sono regolati da complessi sistemi di controllo che rischiano di ridurre di molto le possibilità d'intervento e quindi di trasformazione del manufatto architettonico, incidendo così negativamente sulla possibilità di incrementare la qualità

complessiva dell'abitare. Favorire pratiche di flessibilità proprietaria, individuare sistemi di finanziamento per gli interventi di retrofit energetico o incremento della densità urbana, alleggerire alcune procedure amministrative, prendendo ad esempio altre realtà europee (Germania, Svezia, ecc.) potrebbero essere alcune modifiche che favorirebbero le trasformazioni urbane. L'introduzione di procedure agevolare naturalmente deve essere affiancata da un costante controllo sul territorio al fine di garantire il rispetto delle normative e dei vincoli ambientali e paesaggistici. Parte di queste procedure è oggi oggetto di studio nei nuovi strumenti regolatori vigenti (si sta passando dal PRG, ai RUE, ai PSC, ecc.).

Difficoltà economica della trasformazione urbana e Coinvolgimento enti privati

La sempre minor capacità del Pubblico di intervenire nelle trasformazioni urbane, dovuta alla scarsità delle risorse disponibili, è oggi aggravata dalla recente crisi economica. Tale trend obbliga ad un coinvolgimento di enti privati, capaci con i loro capitali di avviare e gestire la trasformazione, favorendo una gestione integrata pubblico – privato (project financing, ecc.).

Difficoltà economica della trasformazione urbana e Valutazioni di sostenibilità

Diventa sempre più necessario effettuare valutazioni preventive per verificare la sostenibilità economica - sociale - ambientale di un progetto. Se in alcuni ambiti esistono appositi strumenti (VIA, VAS, ecc.), per altri sono in corso di realizzazione protocolli particolari che permettono di valutare la qualità ambientale del progetto (LEED, Itaca, Casa Clima, ecc.).

Difficoltà economica della trasformazione urbana e Gestione partecipata

La complessità che sta alla base dei processi di riqualificazione può essere la causa della mancata metabolizzazione da parte dei cittadini delle aree riqualificate. Il problema può essere risolto ritrovando un giusto equilibrio tra qualità architettonica e processo partecipativo. Il panorama europeo dimostra come ridefinire, all'interno del processo progettuale, il ruolo dei diversi stakeholders, attraverso azioni di coinvolgimento attivo degli utenti finali e degli operatori edilizi, possa portare ad una più rapida integrazione dei nuovi spazi all'interno del panorama urbano.

Mancata od erronea gestione dei beni pubblici e Ottimizzazione della manutenzione

La gestione e la manutenzione dei beni pubblici, siano essi spazi aperti o edifici pubblici dismessi o dati in locazione, ha costi sempre maggiori. A fronte di una disponibilità economica pubblica tendenzialmente in diminuzione, diventa necessario comprendere come sia possibile definire politiche innovative capaci di sgravare di alcuni costi le pubbliche amministrazioni. Definire progetti duraturi, realizzati con materiali resistenti, o progetti la cui manutenzione può essere delegata al privato, possono essere alcune strategie innovative per garantire un'ottimizzazione dei costi di gestione dei beni pubblici.

Comportamenti non sostenibili e Politiche informative

Uno sviluppo sostenibile non può prescindere da un forte programma di educazione ambientale. La sensibilizzazione della consapevolezza dei diversi utenti, attraverso politiche informative, può infatti attivare e diffondere quei comportamenti virtuosi che sono alla base dei processi sostenibili e incidono fortemente sulla buona gestione delle risorse ambientali. Sono esempi di queste politiche, le campagne informative effettuate da alcune amministrazioni lungimiranti (Lione, Zurigo, ecc.) che attraverso particolari strumenti (Chartes des arbres nel modello di Lione) favoriscono la presa di coscienza

dei cittadini della necessità di uno sviluppo sostenibile e insegnano buone pratiche sostenibili (ad esempio favorendo l'uso dei mezzi pubblici o le pratiche di raccolta differenziata, ecc.).

Gestione del ciclo produttivo e Gestione integrata e sostenibile

La produzione industriale deve tornare ad essere un fattore importante nello sviluppo urbano, ma deve rispettare le regole dettate dallo sviluppo sostenibile. La produzione industriale infatti garantisce lavoro, ricchezza, e quindi un gettito fiscale che può essere poi reinvestito per politiche sociali ed ambientali che migliorano così la qualità generale di tutto il sistema urbano. Ma non può non rispettare le regole dettate dalla salvaguardia dell'ambiente. Solo infatti attraverso una gestione integrata di interessi è possibile coordinare interessi che apparentemente possono sembrare contrastanti.

Complessità delle problematiche e Integrabilità

Le problematiche urbane sono spesso estremamente complesse e difficilmente possono essere risolte se non si ragiona in termini di integrabilità. Tale approccio porta ad integrare, appunto, nel processo progettuale, le esigenze appartenenti a diversi portatori di interesse, integrare saperi per la gestione della complessità, integrare dispositivi capaci di risolvere le diverse problematiche, ecc. Se la *specializzazione* era il termine del moderno (ogni pezzo fa una cosa), oggi dobbiamo ragionare in un'ottica di integrabilità: un dispositivo permette di rispondere ad un più ampio quadro di esigenze proprio perché integrabile, proprio perché aperto.

OBIETTIVI SOCIALI

Frammentazione e Accessibilità

Il recente sviluppo urbano, fortemente influenzato da ottiche speculative piuttosto che da una visione complessiva del fenomeno, ha portato alla definizione di una città frammentata e difficilmente fruibile. Tale difficoltà è visibile sia alla scala individuale, dove per esempio le barriere architettoniche sono limitazione alla fruizione dello spazio, sia alla scala urbana, dove la forma urbana stessa rende difficili i trasporti pubblici e a mobilità sostenibile. L'accessibilità, da intendersi quindi come la possibilità di raggiungere e fruire i luoghi urbani, è uno degli obiettivi principali per lo sviluppo di un insediamento sostenibile. Tale tematica coinvolge inevitabilmente differenti scale di progetto: dalla gestione dei trasporti urbani e più in generale dell'infrastruttura, all'incentivazione al trasporto pubblico, dall'uso di trasporti alternativi sostenibili, all'abbattimento delle barriere architettoniche. Tali obiettivi sono alcuni dei punti cardine alla base delle nuove politiche urbane delle amministrazioni virtuose. Parcheggi, strade, percorsi pedonali e ciclabili, ripensati in una nuova ottica, diventano ambiti di trasformazione capaci di ridefinire la qualità urbana dello spazio pubblico e, di conseguenza, dell'intero sistema urbano. Una accessibilità facile e pubblica permette, inoltre, di incrementare il livello di coesione sociale, oggi messo in crisi da una visione della società sempre più individualista (Sennett 1972, Walzer 1986).

Monofunzionalità e Mixité di programma

La crescita urbana del dopoguerra è stata "regolata" per lo più da uno specifico strumento urbanistico, il PRG. La suddivisione in *zone* in base alla funzione (*zonizzazione*), alla base di tale strumento e, più in generale, alla base della filosofia del modello di sviluppo ereditato dal paradigma moderno, ha portato alla realizzazione di *cluster* omogenei. Se da una parte, tale atteggiamento può essere stato utile per la definizione di aree industriali

compartimentate e collocate al di fuori delle aree urbane centrali, dall'altro, ha favorito la nascita di quartieri periferici, prettamente residenziali e slegati dalla città esistente: nascono così le periferie che si presentano oggi come *cluster* socialmente uniformi, siano essi quartieri popolari o *gated community*, in cui la monotonia del paesaggio, la dipendenza dall'automobile, l'assenza di qualità degli spazi aperti e la mancanza di servizi sono alcune delle problematiche più ricorrenti.

Recenti esperienze di ricerca hanno dimostrato come sia possibile invertire questo trend creando aree il più possibile eterogenee, a livello programmatico, a livello sociale e, più in generale, a livello ambientale. Incrementare la presenza di servizi incide, infatti, positivamente sulla qualità generale dei quartieri periferici e permette di costruire quella città *policentrica* capace di invertire quel rapporto di dipendenza tra centro e periferie.

Insicurezza e Vitalità 24/7

Il senso di sicurezza è uno dei principali fattori che incide sulla vivibilità delle città. Limitando l'osservazione a dinamiche prettamente progettuali, si può notare come, nell'ultimo secolo, il processo di costruzione della città sia stato definito dal modello moderno, legato per lo più a principi di zonizzazione monofunzionale. Tale modello ha portato ad una frammentazione della città in distretti monofunzionali legati a particolari programmi, utenze, fasce orarie di uso, ecc. Esempio di tale modello sono i quartieri dormitorio che caratterizzano la maggior parte delle periferie urbane, le aree commerciali per lo più collocate al di fuori del perimetro urbano, le aree produttive, i complessi ospedalieri, i distretti finanziari, ecc. La scomposizione eccessiva della città in parti ha eliminato quella forma di autocontrollo interno che caratterizza invece il modello della città compatta e con mixité di funzioni. La città diventa così *“una giungla impenetrabile, l'individuo si ritira nella sfera privata che amplia sempre di più, lo spazio pubblico viene degradato a superficie di scorrimento di un traffico dispotico”* (Habermas 1962).

La sovrapposizione di programmi, usi ed utenze, insieme ad un buon progetto dello spazio aperto e del sistema di illuminazione, porta ad una *congestione* che, in parte, riesce a fornire una forma di *auto-controllo urbano o controllo naturale* (Jacobs 1969): lo spazio vive nell'intero arco della giornata e per questo risulta essere sottoposto in qualche modo al controllo dagli stessi utenti. Si evita così quel senso di abbandono che caratterizza alcune aree della città contemporanea, come accade ad esempio nei distretti industriali o dirigenziali al termine della giornata lavorativa. Il ritorno ad una città compatta e programmaticamente mista favorisce una vitalità urbana, un uso della città che copre tutte le fasce orarie ed un conseguente incremento del livello di sicurezza. Tale modello incide anche sul senso di sicurezza percepito nell'uso degli spazi pubblici: nella città densa la limitazione dell'uso dell'automobile a vantaggio di mobilità alternative diminuisce la percezione di pericolo nello spostamento pedonale e ciclabile.

Diffusione urbana e Densità abitativa

Lo sviluppo urbano infinito che ha caratterizzato l'ultimo secolo ha portato alla nascita di insediamenti residenziali e industriali sempre più estesi nel territorio, dando origine a quella città *diffusa* oggi principale causa di consumo di risorse primarie e di compromissione di quell'equilibrio tra costruito e naturale che da sempre ha caratterizzato la città. Il controllo di tale fenomeno è uno dei pilastri su cui si basa una progettazione sostenibile: il recupero di aree compromesse all'interno dei confini urbani, il costruire sul costruito, la valorizzazione di luoghi urbani residuali sono alcune delle modalità di intervento che vengono perseguite per incrementare il livello di densità urbana e contenerne, di conseguenza, l'espansione. Tali modalità di intervento permettono parallelamente di rigenerare le aree di margine, di dotarle di servizi e di attrezzature per lo spazio delle relazioni, generando così un generale ritorno positivo su tutto l'intorno urbano.

Degrado paesaggistico e Tutela dei valori estetici e naturalistici dello spazio urbano

La costante espansione della città, l'industrializzazione che ne ha caratterizzato la recente trasformazione, i continui processi di antropizzazione del territorio, hanno di fatto eroso nel corso dell'ultimo secolo, lo spazio che la natura ha avuto storicamente all'interno della città. Oggi per natura si deve intendere il *paesaggio*, inteso come sintesi di elementi antropici e naturali, ovvero come «una determinata parte di territorio, così come è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interazioni» (Convezione Europea del paesaggio 2002).

La tutela ambientale, estetica e storica del paesaggio, diventa un obiettivo necessario per uno sviluppo sostenibile e comporta quella messa in sicurezza di tutto il territorio reso oggi sempre più fragile dalla continua espansione urbana e dal continuo abbandono delle tradizionali modalità di uso a fini agro-silvo-pastorali (Erbari 2003).

Uniformità territoriale e Tutela dei valori identitari dello spazio urbano

La crescita urbana del dopoguerra, guidata in parte da dinamiche speculative, ed in parte da esigenze abitative definite da normative standardizzate, ha portato alla definizione di grandi agglomerati urbani periferici monotoni. L'assenza di difformità nelle periferie italiane, la perdita di quella capacità di dialogare con l'ambiente e con i materiali locali, il *monocromismo spaziale*, sono alcune delle conseguenze legate alla maggior parte degli interventi realizzati a partire dagli anni 60. Questa monotonia ha annullato le caratteristiche locali e le identità storiche, uniformando il panorama italiano ed, in parte, anche quello europeo. Sostenibilità significa anche comprendere nuovamente i caratteri di un luogo, il suo clima culturale, il suo ambiente e fare di questi aspetti peculiari ed identitari punti di forza del progetto urbano.

Inadeguatezza dell'insediamento urbano e Qualità urbana

La qualità del quartiere, definita soprattutto dalle relazioni tra le diverse parti che lo compongono (pieni - vuoti, privato - pubblico, presenza del verde, accessibilità, ecc.), influenza fortemente la qualità complessiva dell'insediamento urbano.

Azioni di riqualificazione di tessuti degradati, di valorizzazione dei caratteri paesaggistici e delle preesistenze storico-architettonico-ambientali, di valorizzazione degli spazi urbani ad uso pubblico e privato, di rigenerazione degli spazi interstiziali o delle aree dismesse, di rinaturalizzazione, di incremento della sicurezza e di accessibilità, di incremento della qualità dell'arredo pubblico, dell'illuminazione, del verde, ecc., sono alcune delle pratiche capaci di ridare quel carattere di sostenibilità oggi necessario ai contesti urbani compromessi.

Inadeguatezza dell'unità abitativa e Qualità dell'alloggio

Il costante processo di trasformazione socioculturale che ha caratterizzato il nostro secolo, aggravato dalla forte crisi economica, ha reso in parte obsoleti gli alloggi realizzati già a partire dal dopoguerra. A definire questo stato di obsolescenza concorrono diverse aspetti quali: organizzazione spaziale e distributiva, aspetti tecnologici costruttivi, la qualità dei materiali e dell'involucro edilizio per le componenti di assorbimento e trasmissione del calore estivo, della luce della qualità e quantità di aria all'interno, le aperture, i sistemi di regolazione climatica, la relazione con il paesaggio esterno, la trasformabilità dell'edificio, l'assenza di alloggi diversificati a canoni sociali, il difficile rapporto con la macchina, i costi alti di gestione, l'assenza di comfort igrometrico, acustico, visuale, olfattivo, la bassa qualità dell'aria e della luce e dell'acqua, ecc.

Se sostenibilità significa creare degli ambienti di qualità, confortevoli e sani, allora diventa necessario pensare a politiche di intervento sull'esistente per definire modalità

di incremento della qualità media dell'alloggio.

Inadeguatezza della componente edilizia e Qualità dei materiali

Il progetto si costruisce di componenti edilizi, di dettagli. Obiettivo primario del progettista dovrebbe essere quello di utilizzare di materiali ad elevate prestazioni che permettano da una parte una lunga durata del componente stesso e dall'altro una riduzione dei costi di gestione. Se oggi questo ragionamento appare evidente, l'edilizia diffusa, che costruisce la maggior parte delle città, continua ad essere realizzata con una scarsissima attenzione al dettaglio e alla qualità dei materiali utilizzati. Questo processo favorisce quei fenomeni di precoce invecchiamento e di evidente deterioramento che caratterizzano oggi buona parte del nostro patrimonio edilizio.

Problematiche ambientali negli spazi aperti e Comfort ambientale

I processi di industrializzazione, di speculazione edilizia, di intensificazione del traffico urbano, di surriscaldamento della temperatura, ecc., incidono sempre di più sulla qualità ambientale degli spazi aperti. Un'alta qualità degli spazi aperti è oggi indubbiamente la base per un progetto che si vuole definire sostenibile. In particolare si deve fare attenzione a:

Comfort termico igrometrico.

Alla base della relazione che ogni essere umano instaura con l'ambiente vi sono un complesso sistema di fattori fisici, fisiologici e psicologici. Le condizioni ambientali al contorno (temperatura e umidità dell'aria, velocità del vento, radiazione solare diretta) determinano la sensazione di benessere (comfort) termico percepito. Obiettivo del progettista è quello di incrementare il benessere termico negli spazi aperti ricorrendo a quei dispositivi tecnologici, quali schermature, pavimentazioni fredde, ecc. oggi disponibili per il progetto degli spazi aperti.

Comfort acustico.

Il paesaggio sonoro oggi diventa una componente fondamentale del progetto dello spazio aperto. Obiettivo del progetto è quello di evitare, controllare o mitigare quei suoni sgradevoli o fastidiosi che oggi caratterizzano le città, come possono essere il traffico veicolare o i rumori legati alla raccolta dei rifiuti.

Comfort visivo.

La presenza di materiali troppo riflettenti, i passaggi estremi tra luce ed ombra, troppe superfici specchiate, ecc., possono incidere negativamente sulla percezione visiva degli spazi aperti, che può essere migliorata attraverso un uso attento dei materiali superficiali.

Comfort olfattivo.

La presenza di sostanze inquinanti o sgradevoli incide negativamente sulla qualità dello spazio pubblico. Come per il comfort acustico, anche il paesaggio olfattivo urbano è un determinante parametro di comfort e di benessere. Obiettivo dei progettisti è definire quindi strategie di mitigazione o di rimozione di quelle sostanze sgradevoli e nocive. Altro obiettivo è quello di definire nuovi paesaggi olfattivi capaci di ridefinire l'identità e la qualità degli spazi aperti.

Comfort tattile

L'utilizzo di giuste superfici, facendo attenzione alla loro scabrosità, alla loro resistenza, alla loro conducibilità termica permette di incrementare le qualità tattili ed ergonomiche di uno spazio aperto.



Fig. 01: uniformità delle periferie monofunzionali, banlieue di Lione

OBIETTIVI AMBIENTALI

Antropizzazione e Rinaturalizzazione

A partire dalla rivoluzione industriale, il processo di artificializzazione dell'ambiente, strategia alla base della sopravvivenza della specie umana, ha messo a repentaglio la capacità auto-rigenerativa dell'ambiente stesso. Le ricadute di tale sviluppo hanno favorito l'insorgere di problematiche estremamente gravi che non sono solo limitate alla conservazione del paesaggio e della *natura*, ma rappresentano una «insostenibile dequalificazione ambientale con ricadute dirette nel campo di interesse antropico» (Orlandi 2005). I processi di eccessiva edificazione dei recenti anni hanno ulteriormente modificato l'equilibrio tra sistema urbano e sistema naturale, alterando la relazione che ha a lungo caratterizzato questo rapporto. Oggi le città diventano sempre più elementi ibridi, i cui confini si sfrangano, in cui il territorio agricolo e naturale viene antropizzato, frammentato, abbandonato, occupato da industrie o capannoni, come è avvenuto nel recente passato per il territorio lombardo - veneto.

In questa dimensione nuova, la natura deve assumere un nuovo ruolo anche all'interno della città. Politiche di rispetto, di ricostruzione e/o di riequilibrio degli ecosistemi naturali (sviluppo rete ecologica, rete del verde, ecc.) diventano obiettivi necessari per uno sviluppo sostenibile.

Antropizzazione e Incremento biodiversità

La recente antropizzazione ha inciso negativamente sul livello di biodiversità. Le colture estensive, la cementificazione, il progressivo inquinamento ambientale hanno messo in grave difficoltà alcuni ecosistemi che oggi sono a rischio, con gravi ripercussioni sul sistema biotico e di conseguenza sul sistema antropico in generale. La biodiversità, che è diventata un valore imprescindibile per uno sviluppo sostenibile, è stata tutelata a partire dal 1992 da una Convenzione sulla Diversità Biologica (CBD), approvata e ratificata oggi da 192 paesi ed è oggetto di sempre più diffuse pratiche di tutela. Tra queste gli interventi di conservazione di determinati habitat, l'incremento di elementi naturali nella città e la loro diversificazione, la rinaturalizzazione di lungofiumi o ambienti naturali compromessi, ecc. sono solo alcuni degli esempi adottati per incrementare il livello di biodiversità urbano.

Interruzione della connettività ecologica e Rete ecologica

L'espansione urbana diffusa ha spesso alterato i rapporti di continuità ecologica degli ecosistemi naturali, interrompendo la trama esistente di habitat naturali e seminaturali propri di un territorio, arrecando così gravi danni al sistema biotico. La rete ecologica è quella strategia di riconnessione di brani naturali separati il cui principale obiettivo è il ripristino di uno stato di continuità, capace di recuperare in parte lo stato precedente all'alterazione umana. Le reti ecologiche diventano oggi un importante strumento di gestione del territorio atto a favorire quei processi di rinaturalizzazione e riequilibrio necessari per uno sviluppo sostenibile. Interessante esempio è quello proposto dal comune di Bologna che, nel PSC, definisce le componenti della rete ecologica come i nodi semplici, i nodi complessi, i corridoi ecologici di pianura, le direttrici ecologiche di collina, le zone di rispetto dei nodi e dei corridoi, il connettivo ecologico diffuso, ecc. Appare evidente come tale concetto, applicato alla gestione del territorio urbano, si trasformi in uno strumento strategico complesso, che non limita la sua visione alla città antropizzata ma ricomprende all'interno di essa anche tutti quegli ambienti naturali che da essa sono stati aggrediti, permettendo così una gestione integrata del territorio.

Inquinamento del suolo e Bonifica

I fenomeni di industrializzazione del territorio e la incosciente gestione degli scarti inquinanti hanno provocato, soprattutto nel passato, danni ambientali ingenti, che hanno reso inutilizzabili intere falde acquifere, appezzamenti di terreni naturali, aree urbane industriali, ecc. La necessità di contenere l'espansione urbana e di preservare le poche aree agricole rimaste, soprattutto nel contesto urbano europeo, ha favorito quei processi di riqualificazione delle aree industriali dismesse che sorgevano proprio all'interno dei confini urbani. Tale aree sono state bonificate, trattate, e successivamente restituite alla città come spazi pubblici, luoghi di servizio, nuove polarità urbane, punti di densificazione. Le potenzialità delle aree industriali in attesa di trasformazione sono, appunto, legate tutte alla loro possibilità di essere, prima di tutto, bonificate. L'assenza infatti di sostanze pericolose ed inquinanti è uno dei presupposti fondamentali alla base dello sviluppo sostenibile.

Inquinamento dell'acqua e Depurazione

L'acqua diventa sempre più una risorsa importante e decisiva per lo sviluppo dell'essere umano e degli ambienti urbani e naturali. Il fabbisogno in costante aumento per fini industriali, agricoli, domestici, fanno dell'acqua forse la risorsa maggiormente in pericolo per il prossimo futuro. Diventa per questo necessario adottare tutte quelle politiche urbane necessarie a limitarne l'uso, controllarne la qualità, evitarne l'inquinamento, favorirne il riciclo. Sistemi di recupero delle acque piovane, di depurazione attraverso sistemi naturali o artificiali, sistemi di accumulo e di controllo, sono solo alcuni dei dispositivi tecnologici utilizzati per costruire insediamenti sostenibili e attenti all'utilizzo di tale risorsa.

Inquinamento dell'aria e Riduzione inquinamento

Le sostanze inquinanti rilasciate nell'atmosfera dalle industrie, l'incremento di CO₂ dovuta alla combustione delle caldaie e all'incremento del traffico privato nei contesti urbani, l'aumento delle polveri sottili, ecc., sono solo alcuni degli esempi di inquinamento dell'aria causati dal modello di sviluppo industriale e moderno. Tale forma di inquinamento è diventata oggi una delle principali fonti di malattie e morte per gli esseri umani all'interno dei contesti urbani. Per la definizione di una crescita urbana sostenibile, diventa necessario provvedere, quindi, a tutte quelle politiche di controllo e prevenzione per la riduzione dell'inquinamento atmosferico, come adozione di filtri per

i plessi industriali, diminuzione del traffico veicolare urbano a favore di quello pubblico ed elettrico, incremento di energie da fonti alternative e conseguente riduzione di CO₂, aumento della presenza di natura in città, ecc.

Isola di calore e Controllo del surriscaldamento urbano

Negli ultimi due secoli, le temperature medie dell'aria sono cresciute, soprattutto negli insediamenti urbani. Tale fenomeno, definito isola di calore urbana (UHI), comporta un surriscaldamento maggiore dei contesti urbani rispetto alle vicine campagne ed dovuto principalmente all'assenza di vegetazione, e quindi di evapotraspirazione, e all'uso sempre più diffuso di materiali con un'alta capacità termica come asfalto e cemento. Tale aumento di calore ha effetti negativi sull'ambiente in generale, sulla qualità dell'aria, sui processi evaporativi, sull'essere umano (nei casi peggiori fino alla morte di soggetti, tendenzialmente appartenenti a fasce deboli come anziani e malati), sul consumo di energia, ecc.

Uno sviluppo sostenibile non può prescindere dalla mitigazione di questo fenomeno, che può avvenire, come mostrano alcune ricerche internazionali, attraverso processi di rinaturalizzazione della città e attraverso l'utilizzo di superfici fredde, capaci di riflettere la radiazione solare e non accumulare calore. Uno studio effettuato sulla città di Los Angeles, ad esempio, ha mostrato come l'isola di calore, incrementando le superfici verdi e le alberature, possa essere ridotta di circa 3°C, permettendo, così, di recuperare 170 milioni di dollari derivanti dalla riduzione dell'uso di aria condizionata e 360 milioni derivanti dal risparmio sulle malattie legate allo smog (Akbari 1997).

Ciclo Idrogeologico e Gestione integrata del ciclo dell'acqua

I processi di cementificazione del suolo hanno inciso fortemente sul ciclo delle acque, modificandone il naturale processo di assorbimento. Le recenti alluvioni, sempre più frequenti soprattutto in panorami urbani densi, sono una delle conseguenze di un sistema incapace di gestire il carico idrico di punta. Se da una parte si combatte il rischio inondazione, dall'altro l'acqua è oggi una risorsa sempre più preziosa e rara. In tale contesto di rischio (e mala gestione), gli interventi edilizi non devono più pregiudicare il sistema delle acque nel suo complesso ciclo. Al fine di risolvere tale problematica, si deve incrementare il più possibile la superficie permeabile per permettere alle acque superficiali e meteoriche di arrivare in falda, senza caricare il sistema fognario. Ad un incremento della superficie permeabile però deve seguire un controllo del flusso idrico al fine di evitare l'infiltrazione in falda di sostanze inquinanti. A questi principi generali, si deve associare una cura nella gestione della risorsa acqua, attenta a limitarne gli sprechi da una parte e, dall'altra, a incrementarne il recupero.

Ciclo dei rifiuti e Gestione integrata

Ad ogni bene prodotto corrisponde sempre una quota parte (che può arrivare alla totalità del bene stesso), che diventa uno scarto, un rifiuto. Le città, nel loro frenetico sviluppo e costante consumo di risorse e suolo, sono anche i maggiori produttori di rifiuti. Gli stessi materiali edili, ad esempio, derivanti dai processi di dismissione, sono dei rifiuti difficili da smaltire. Il carattere invasivo dei rifiuti si manifesta non solo con l'esaurimento dei siti di stoccaggio e con gli effetti di inquinamento delle discariche, ma anche in ragione delle ripercussioni sull'ambiente urbano a seconda delle modalità utilizzate per il loro conferimento (Orlandi 2005).

Diventa così necessario individuare, già a partire dal processo progettuale, una gestione accurata dei rifiuti edilizi (LCA) e più in generale dei rifiuti urbani. L'approccio sostenibile obbliga, quindi, a rivedere quel concetto secondo il quale i rifiuti sono, per definizione, anti-ecologici perché non si inseriscono in un ciclo continuo e chiuso di utilizzazione.

Diventa importante prevedere sistemi di rigenerazione naturale che consentono la chiusura dei cicli di materia senza un'ulteriore perdita di energia, come ad esempio, fitodepurazione, biodegradazione, rimozione di sostanza organica, stagni, orti urbani, raccolta porta a porta o altri tipi di raccolta dei rifiuti, corsi per il riuso di materiali per prodotti di artigianato, recupero dei materiali di dismissione per realizzare nuove componenti edilizie, ecc.

Ciclo dell'energia e Utilizzo di energie rinnovabili

Alla base del concetto di sostenibilità, definito nella conferenza di Rio 1992, c'è l'uso responsabile delle risorse. Questo significa considerare il concetto di energia in un senso più ampio, valutando non solo il consumo apparente ma anche quello nascosto (energia grigia). Questo significa per i progettisti cambiare modo di fare architettura: ricorrere a materiali a basso impatto ambientale (ecological footprint), definire modalità di contenimento energetico del costruito, provvedere all'adeguamento impiantistico negli edifici e alla riduzione della dissipazione termica, puntare alla diminuzione del consumo per l'illuminazione notturna ed in generale di energia, spingere per il ricorso ad energie alternative e rinnovabili, ecc. Solo infatti diminuendo i consumi di energia evidenti (ad esempio costo della bolletta per il riscaldamento invernale in un edificio residenziale), quelli nascosti (energia grigia necessaria per produrre un mattone piuttosto che un'asse di legno o costo di trasporto di un materiale) ed aumentando la produzione da fonti rinnovabili sarà possibile progettare ambienti finalmente sostenibili.

Ciclo dei materiali e Utilizzo di materiali rinnovabili

I materiali utilizzati per l'edilizia incidono fortemente sul consumo di energia e quindi sullo sviluppo sostenibile. Alcuni materiali (ad es. acciaio e cemento) costano, in termini energetici, più di altri materiali a causa dell'alto livello di energia grigia incorporata. Per tale ragione, i progettisti dovrebbero ridurre i consumi di materiali non rinnovabili (e quindi ad alto costo ambientale) e cercare di utilizzare materiali duraturi, al fine di assicurare la durevolezza nel tempo delle infrastrutture e degli edifici in generale. Il ricorso a materiali riciclati, materiali a bassa impronta ecologica, materiali locali, materiali che in generale seguono una concezione ecocompatibile, sono, ad esempio, alcune buone pratiche che devono essere seguite nella concezione del progetto.



Fig 02: il problema dei rifiuti, descritto dal film *Trashed*, di Jeremy Irons, 2012

LO SPAZIO PUBBLICO COME AMBITO DI INTERVENTO

1. VERSO UNA DEFINIZIONE DI SPAZIO PUBBLICO
2. LA PRODUTTIVITA' DEGLI SPAZI APERTI: DAL RECUPERO DEL COSTRUITO ALL'INTERVENTO SUL NON COSTRUITO
3. IL PAESAGGIO COME NUOVO PARADIGMA DI INTERVENTO



Il primo capitolo ha evidenziato come lo sviluppo degli ultimi due secoli abbia, di fatto, favorito l'insorgere di nuove problematiche urbane e, contemporaneamente, abbia aggravato la condizione di quelle già esistenti. Per far fronte a tale situazione, a partire dagli anni '60, si è cominciato a mettere in dubbio il modello di sviluppo fino ad allora applicato, per arrivare alla definizione di un nuovo modello di crescita, definito modello di *sviluppo sostenibile*. Individuato il contesto generale della ricerca, all'interno del presente capitolo si intende dare una prima limitazione al campo di indagine e descrivere le motivazioni che sono alla base di tale scelta.

La lettura di testi scientifici e l'analisi di alcuni casi studio di scala urbana ha evidenziato come lo spazio pubblico assuma un ruolo sempre più importante all'interno dei processi di rigenerazione urbana. In particolare appare evidente come proprio lo spazio pubblico possa essere quell'ambito di trasformazione ideale per proporre strategie di intervento per la mitigazione o risoluzione di quelle problematiche di carattere sociale, ambientale ed economico che caratterizzano gli insediamenti urbani odierni. Si definisce così una prima limitazione alla ricerca, che pone al centro del processo di indagine lo spazio pubblico e le sue potenzialità di rigenerazione urbana.

Il capitolo prosegue questo ragionamento definendo prima il concetto di spazio pubblico, inteso come quello spazio aperto compreso tra gli edifici (Gehl 1971), poi descrivendone le diverse tipologie e l'evoluzione che lo ha caratterizzato nel corso dei secoli. Nelle conclusioni del capitolo si ribadisce, infine, la capacità insita nello spazio pubblico di incrementare la qualità complessiva dell'ambiente urbano, dimostrando così come esso sia, a ragione, il supporto ideale per avviare tutte quelle azioni necessarie per la definizione uno sviluppo sostenibile.

1. VERSO UNA DEFINIZIONE DI SPAZIO PUBBLICO

LO SPAZIO APERTO URBANO

«Ma ora, perché io riprenda a intessere con le parole il lavoro intrapreso, tutta la natura dunque, come è per sé stessa, consiste in due cose: ci sono infatti i *corpi* e il *vuoto*, in cui quelli sono posti e attraverso cui si muovono per diverse vie» (Lucrezio, *De rerum Natura*).

Vuoto urbano

Queste parole sembrano descrivere perfettamente alcune delle tradizionali cartografie del passato che rappresentano la città, o parte di essa. Se infatti le osserviamo attentamente, notiamo come il disegno tenda a mettere in evidenza il ruolo del costruito, ovvero dei *corpi* per dirla alla Lucrezio, e a descrivere la struttura urbana attraverso la rappresentazione dell'edificato, lasciando le strade e le piazze solo come uno sfondo neutro, privo di caratterizzazione, un *vuoto* non disegnato.

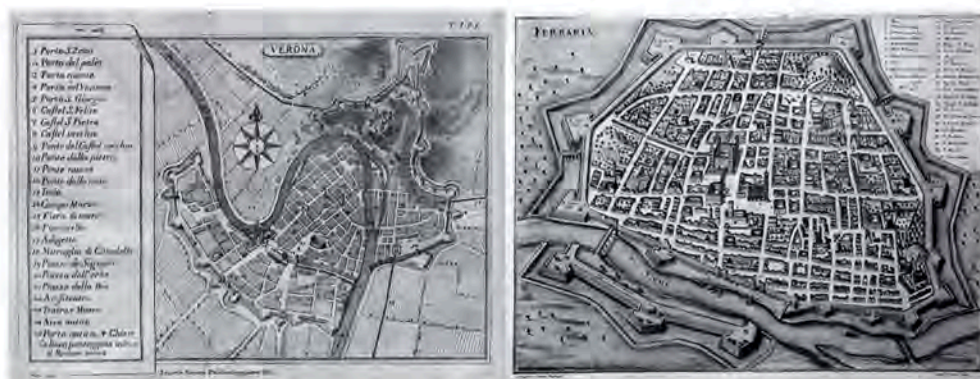


Fig. 01: l'immagine rappresenta due cartografie storiche a confronto, Verona e Ferrara

Adattando le parole di Lucrezio al contesto urbano, possiamo intendere la città come un sistema composto da corpi costruiti (disegnati) e spazi non costruiti (non disegnati), nei quali l'edificato, a prescindere dalla sua funzione, definisce lo spazio non edificato, o *spazio di connessione e di movimento*, e che viene rappresentato, appunto, come un *vuoto urbano*, ovvero come quello spazio residuale che comprende tutto ciò che è delimitato dalle facciate degli edifici. Quest'esempio permette di dare una prima definizione al concetto di spazio pubblico, che può essere quindi inteso come quel *vuoto urbano*, o quel luogo non costruito, che costituisce il sistema di strade, piazze, parchi, ecc., che descrivono lo spazio della connessione della città, nel quale «si producono movimento e variazione, dove vengono esplicitati il passare del tempo e dell'azione umana» (Espuelas 1999).

Questa lettura della città, intesa come rapporto tra pieno e vuoto, e la definizione di spazio pubblico che ne deriva, inteso appunto come *vuoto urbano*, è stata però messa in discussione per via dell'ambiguità intrinseca al concetto di *vuoto*. Questa riflessione è suggerita da Françoise Choay, che, nei suoi scritti, afferma come «lo spazio vuoto non esista [perché] tutte le parti non costruite non sono che elementi significanti; di fatto in greco, nessuna parola designa lo spazio: esiste solo il luogo, il topos» (Choay 1965). La scelta di non usare il termine *vuoto urbano* ha spinto alcuni autori a cercare altre definizioni. Una prima alternativa a livello lessicale, ma poco differente a livello concettuale è quella data da Goldfinger. L'autore ragiona, come nella fotografia, in termini

di *positivo - negativo*, associando il concetto di positivo all'edificato e quello di negativo ai vuoti urbani. Lo spazio pubblico viene così definito come *spazio negativo*, ovvero, «i sentieri, le strade, le gallerie e ponti, la cui dimensione, forma e carattere è conforme alla struttura socio-culturale e produttiva della comunità insediata» (Goldfinger 1969). Questo concetto di spazio pubblico, inteso come negativo del costruito, lo troviamo rappresentato già in una mappa di Venezia del 1729: l'autore, Luigi Ughi, inverte la comune rappresentazione del costruito / strada, disegnando l'edificato in bianco e i vuoti in nero. Lo spazio pubblico, inteso come spazio negativo, finisce per definire così in quest'immagine il «tracciato meccanico che lega le case ed i servi» (Caprasso 1982).



Fig 02: L'immagine rappresenta la cartografia di Venezia di Luigi Ughi, 1729

Anche questa definizione, però, appare in parte insufficiente ed è proprio un'altra planimetria storica, l'immagine di Roma del Nolli, che ci permette di proseguire ulteriormente il ragionamento sulla definizione del concetto di spazio pubblico.

La famosa planimetria con la quale, appunto, il Gian Battista Nolli rappresentava la pianta di Roma nel 1748, aggiunge, infatti, un'ulteriore importante informazione. Lo spazio pubblico, ovvero la rete di percorsi e piazze nuovamente rappresentata in bianco su sfondo nero, supera il limite concettuale (e fisico) alla base delle precedenti rappresentazioni cartografiche, entrando all'interno dei principali edifici pubblici della città (chiese, mercati, portici, ecc.) e rompendo quella barriera di tipo figurativo - concettuale, che ne vincolava il concetto alla sola definizione morfologica (costruito - non costruito). Questa visione allargata e sfumata del concetto di spazio pubblico ci permette di ragionare così sulle relazioni che esso instaura con l'edificato e con il programma che in esso è contenuto.



Fig. 03: l'immagine rappresenta una visione generale, a sinistra, ed un dettaglio, a destra, della planimetria di Roma disegnata da Gian Battista Nolli nel 1748

Spazio sociale

La mappa, infatti, là dove ci permette di immaginare il passaggio delle persone dalle strade e dalle piazze all'interno degli edifici, il brulicare dell'attività sociali, il mercato, le attività religiose, ecc., suggerisce una visione dello spazio pubblico da intendersi non solo come spazio fisico ma anche come luogo di relazione.

Lo spazio pubblico, quindi, che rimane sempre lo spazio compreso tra gli edifici, assume una nuova specifica connotazione: la socialità. È così possibile ampliare il concetto di spazio pubblico, non definendolo più solo in base ai caratteri morfologici (vuoto urbano), ma anche in base alle tipologie di attività che all'interno di esso si possono svolgere (luogo sociale). Lo spazio pubblico diventa, secondo quest'interpretazione, un volume da progettare al pari dei volumi costruiti, contrapponendo alla *rue corridor* la *strada parco*, quale «succedersi di oggetti sia naturali, sia artificiali, modellati e di vuoti collegati, articolati, snodati [...], spazi che corrono tra case e case, tra case ed alberi, tra strade e negozi, e che assicurano quelle condizioni di ariosità, luminosità, trasparenze, indispensabili alla formazione dell'habitat umano» (Vittoria 1987).

Questa seconda interpretazione del concetto di spazio pubblico ruota, quindi, attorno al ruolo che l'essere umano, nello specifico il *pedone*, assume al suo interno: da mero spazio di connessione, *vuoto* definito solo da una specificità morfologica, lo spazio pubblico deve diventare un supporto per lo sviluppo di tutte quelle attività umane «come incontrarsi, passeggiare, sostare, leggere, giocare, osservare le vetrine, informarsi, rifocillarsi ecc., considerate ancor oggi fondamentali esigenze di abitabilità urbana» (De Ferrari et al. 1994). Questa definizione, quindi, sposta l'attenzione da un approccio morfologico, forma (pieno - vuoto) ad un approccio di carattere sociale.

Facendo riferimento al carattere di socialità dello spazio pubblico, inteso appunto come il luogo nel quale si esprime l'attività sociale umana, non possiamo non fare riferimento alla attività di ricerca svolta da Jan Gehl a partire dagli anni '70. L'architetto danese, osservando come la vita pubblica sia cresciuta in tutte le città europee in relazione allo sviluppo degli spazi pubblici e all'incremento della loro qualità, ha focalizzato la propria attenzione sulla loro *animazione naturale*, osservando come essa dipenda principalmente dalle attività *sociali* che vi si localizzano. Per attività sociali, Gehl intende quelle attività che «dipendono dalla presenza di altri individui» e che si differenziano da quelle «*necessarie* (indipendenti da qualunque condizione in quanto facenti parte dell'esistenza quotidiana) e *opzionali* (dipendenti dal verificarsi di condizioni ottimali) in quanto strettamente legate a qualità, gradevolezza e attrattività degli spazi stessi» (Gehl 1996). Lo spazio pubblico diviene quindi lo spazio della socialità, dell'incontro e funziona quando è caratterizzato

da un'integrazione di differenti attività e differenti funzioni nello stesso spazio, che favoriscono così il contatto tra le persone, gli stimoli e le occasioni sociali: «[...] qualcosa succede perché qualcosa succede perché qualcosa succede» (Gehl 1996). Nel caso in cui tutto questo manchi, lo spazio pubblico perde il carattere di socialità e «finisce per ospitare solamente le attività strettamente necessarie» (Gehl 1996).

Socialità che può anche essere attivata da un *evento*, inteso come generatore di architettura pubblica perché capace di creare quella tensione necessaria per attirare più persone in un luogo (Tschumi 2005). Questa espressione, l'evento, è sempre più diffusa in una società come quella attuale dove i mezzi di comunicazione favoriscono la ricerca costante dello straordinario e dello stupore, soprattutto commerciale (si vedano le sempre più frequenti lunghe attese in luoghi pubblici davanti ad un locale commerciale che ha annunciato la vendita di un prodotto sottocosto), appunto dell'evento-commerciale, o dove i social network permettono di mobilitare velocemente un gran numero di persone attorno a particolari tematiche (*flash mob*). Lo spazio pubblico diventa così lo spazio della possibilità e dell'eccezionalità: «lo spazio vuoto, come spazio non occupato o non caratterizzato, è un luogo disponibile. Un luogo sul quale vengono proiettate le possibilità, il territorio della casualità. Tale vacuità, intesa come una bassa densità nell'occupazione fisica dello spazio, costituisce una rarità. E' in questa eccezionalità che risiedono certe significative utilizzazioni del vuoto» (Espuelas 1999).



Fig. 04: esempio di *flash mob* pubblico

Queste prime definizioni evidenziano due caratteri fondamentali dello spazio pubblico contemporaneo: il suo essere altro rispetto al costruito, solitamente privato, e la sua attitudine a diventare, se ben progettato, il luogo per eccellenza della socialità. «Le città sono tessiture di svariati contesti e ogni contesto è fatto da un sistema di edifici che racchiude uno spazio aperto; oppure si può dire, da uno spazio aperto delimitato da edifici» (De Carlo 1989).

Le parole di De Carlo introducono una nuova caratteristica dello spazio pubblico: l'essere uno spazio *aperto*, ovvero uno spazio continuo, accessibile, esterno, e quindi a contatto con le variabili climatiche, non controllato, i cui limiti sono gli edifici o, più in generale, il tessuto urbano costruito. Tornando ad osservare la pianta del Nollí, quest'ultima definizione ricomprende all'interno della definizione di spazio pubblico tutti quegli spazi esterni, appunto aperti, come ad esempio i portici, escludendo invece gli spazi interni agli edifici stessi.

Spazio aperto

A partire da queste osservazioni definiamo in questa sede lo spazio pubblico come quella «spazialità collettiva compresa tra i margini dell'edificato», ovvero tutti quei luoghi di collegamento e di sosta (strade, piazze, lungomari, canali, fiumi, parchi, giardini, ecc.), caratterizzati non solo per una particolare funzione collettiva ma per «essere principalmente degli spazi aperti, non facenti parte di un organismo architettonico, in quanto fabbrica, ma entità architettonica in quanto spazio aperto» (Cortesi 2004).



Fig. 05: esempio spazio pubblico aperto, Place Raspail, Lione

TIPOLOGIE DI SPAZI APERTI UBANI

Se nelle pagine precedenti è stata data una definizione del concetto di spazio pubblico attraverso l'analisi dei suoi caratteri fisici (spazio aperto), culturali (spazio della socialità), nelle prossime pagine cercheremo di dare una descrizione delle diverse tipologie di spazio pubblico contemporaneo.

In questa descrizione non si possono non considerare la *strada* e la *piazza* come i luoghi fondamentali dell'espressione dello spazio pubblico.

Strada

La strada può essere intesa come quell'«insieme di canali entro cui scorre il movimento della città, [...] connettivo dei luoghi singoli in cui individui e collettività vivono singole azioni», all'interno del quale «si esplicita l'uso stesso dell'intera città» (Caniglia Rispoli 1970). La strada, quindi, può essere intesa come un «adattamento dello spazio che risponde alla domanda di arrivare o allontanarsi da ciascuno dei punti che ne costituiscono i margini, i quali per la presenza stessa della strada canale, acquistano la caratteristica di distributori continui di accessibilità» (Caniglia Rispoli 1990).

La strada diventa il luogo della connessione ed il luogo di espressione delle azioni dei cittadini: «la strada è dove c'è attività» (Rudofsky 1969). Se la strada è un elemento connettivo per propria forma, non sempre assolve alle funzioni di socialità descritte nelle parole di Caniglia Rispoli. Il suo ruolo è infatti cambiato nel corso dei secoli: da luogo pedonale per eccellenza all'interno delle città storiche, ha poi ceduto spazio all'automobile, nuovo protagonista del sogno moderno. Nascono così strade di periferia

«che non offrono le stesse occasioni [...] che offrono le strade dei centri storici» e non c'è da meravigliarsi di questa trasformazione visto che «le strade dei centri storici erano state fatte per il moto degli esseri umani, mentre le strade della periferia urbana sono state fatte per il moto delle automobili. Le differenze fra questi due tipi di moto sono abissali. Il moto degli esseri umani è lento, impreciso erratico, [...] cerca l'incontro; si affatica ma non tanto in proporzione alla distanza, quanto in relazione inversa alla quantità di stimoli che incontra. Invece il moto delle automobili è veloce, perentorio, determinato» (De Carlo 1989). La strada diventa così il luogo dello spostamento veloce o del parcheggio (Ingersoll 2006), perdendo quel carattere di socialità e collettività che scompare a favore di un nuovo spazio pubblico minimo che corrisponde all'interno dell'abitacolo della vettura stesso.

Questo processo di trasformazione trova, nelle pagine di SMLXL, un sintetico epitaffio: «La strada è morta» (Koolhaas 1995). Con queste parole, caratterizzate come sempre dalla consueta incisività giornalistica che sembra descrivere un fatto di cronaca nera, l'autore olandese attribuisce principalmente alla *Bigness* e alla macchina il ruolo di assassini della strada. Se questa affermazione è sicuramente vera, è altrettanto vero che oggi sono in atto politiche di riqualificazione urbana che, utilizzando una terminologia affine a quella di Koolhaas, cercando di *rianimare* lo spazio pubblico urbano, attribuendo nuovamente alla strada il ruolo sociale che ha sempre avuto, ridefinendo la posizione della macchina, la velocità del suo spostamento e lo spazio che essa occupa.



Fig. 06: la strada, luogo di incontro e di connessione

«Lo spazio urbano è stato il *foro*, la piazza, dove avevano luogo gli incontri. Incontrarsi non presuppone per forza trovarsi d'accordo, ma anzitutto confrontare le proprie diversità. Lo spazio urbano è così essenzialmente un luogo di scoperta, un ambiente di possibilità. [...] la città e il suo spazio urbano sono stati sempre il forum dell'abitare collettivo» (Norberg-Schulz 1984). La piazza è quindi l'altro grande spazio pubblico per eccellenza. Riconducibile al modello antico dell'agorà o del foro romano, la piazza assume nel corso dei secoli un ruolo di fondamentale importanza all'interno delle dinamiche sociali urbane: luogo di scambio, di incontro, di commercio, di rappresentanza dei poteri, di

Piazza

manifestazione, di possibilità, ecc., la piazza è stata a lungo considerata il vero centro urbano e, a volte, addirittura la stessa origine della città, come dimostrano, ad esempio, le città nate proprio attorno ad un mercato.

Tra i primi a concentrarsi sulle caratteristiche di tali spazi, R. Krier (1971) propone una classificazione delle piazze in base alle componenti morfologiche e alle configurazioni in pianta, analizzandone la relazione che si ha tra forma, tipologia di edifici sul bordo, tipologia di accesso e quindi di relazione con la strada.

Qualche anno prima, K. Lynch (1961) proponeva la sua visione della città e degli spazi pubblici, sviscolandone il giudizio critico dal solo aspetto morfologico e riportandolo a quello percettivo. Gli spazi pubblici urbani, e quindi anche le piazze, assumono una nuova connotazione caratterizzante, diventano percorsi, nodi, spazi di margine, quartieri e riferimenti. Questa lettura, come già affermato nelle pagine precedenti, permette di dare un'altra visione dello spazio urbano e di intenderlo nella sua funzione percettiva: la piazza, quando vissuta, diventa un *nodo*, una polarità urbana espressione di socialità, un punto di *riferimento* all'interno del sistema urbano.

La piazza ha risentito quanto la strada dell'introduzione dell'automobile all'interno dello spazio urbano. Quelli che erano i grandi spazi pubblici, luogo di scambio e rappresentanza, diventano negli anni '60 i luoghi del parcheggio. Solo a partire dagli anni '90 cambia la prospettiva culturale e la piazza torna ad assumere quel ruolo di spazio di socialità che da sempre l'aveva caratterizzata.



Fig. 07: L'immagine mostra la piazza principale di Perugia negli anni 60, adibita a parcheggio, e la piazza oggi, nuovamente chiusa al traffico

Spazi aperti urbani ad accesso limitato

Accanto a strade e piazze, vi sono altri spazi aperti che possono essere considerati alla stregua di spazi pubblici quali i giardini, i parchi, i cortili e le corti degli edifici o dei palazzi, ecc. Questi luoghi possono essere assimilabili agli spazi pubblici perché, come le strade e le piazze, sono effettivamente *spazi aperti* e spazi carichi di *socialità*, ma si differenziano da strade e piazze perché il loro accesso è filtrato da un edificio o da parte di esso (ad esempio un muro di perimetro). Se infatti, tali spazi hanno all'apparenza le caratteristiche principali dello spazio pubblico, non hanno la continuità totale con esso e per questa ragione non possono avere quella *totale accessibilità* che caratterizza lo spazio pubblico (Caniglia Rispoli 1990).

Rientrano all'interno di questi spazi, che definiremo *spazi aperti urbani ad accesso discontinuo*, ad esempio le corti degli edifici, dilatazione di spazi pubblici durante il giorno ma chiusi durante la notte, i giardini pubblici recintati, anch'essi accessibili solo in certi orari, i chioschi delle chiese, i parchi recintati, ecc.



Fig. 08: l'immagine evidenzia il carattere di accessibilità limitata di questi luoghi, giardini Margherita, Bologna

EVOLUZIONE DELLO SPAZIO PUBBLICO

Definito lo spazio pubblico come *lo spazio aperto urbano sociale*, nelle prossime pagine, cercheremo di dare una breve descrizione dell'evoluzione storica che lo ha caratterizzato. Espuelas riconduce l'origine dello spazio pubblico ai primi villaggi, costituiti dai raggruppamenti di capanne ritrovati nel tratto superiore del Tigri attorno al sesto quinto millennio a.C. L'edificazione, composta da *tholoi* (capanne circolari a falsa volta) disposti in maniera casuale, senza relazioni particolari se non quella di una relativa vicinanza, non costituisce ancora un vero spazio urbano ma il germe di quello che poi sarà lo spazio pubblico di Gerico, il primo verso insediamento urbano.

Origini



Fig. 09: ricostruzione di Los Millares, Santa Fe de Mondújar, Almería, Andalusia, Spagna (fonte: Sheppard Baird)

L'evoluzione di questo modello insediativo porterà nell'antica Grecia a due differenti tipologie di spazi pubblici: l'*agorà* e il *tracciato* di Mileto (Espuelas 1999). L'*agorà*, definita da una serie di «elementi giustapposti e discontinui, [...] a causa della sua localizzazione

Il modello greco

e della sua topografia, si consolida nel corso del tempo come luogo di convergenza dei cittadini ateniesi, per riunioni, mercato, assemblea» (Espuelas 1999), diventando così l'archetipo di quello che oggi comunemente viene definita piazza. Se l'agorà nasce da un processo di stratificazione storica, il tracciato di Mileto, invece, è legato ad un gesto unitario, «per la prima volta un tracciato a priori considera lo spazio urbano non solo come il luogo residuale a servizio dell'edificazione, ma come un'entità autonoma degna di essere trattata in modo indipendente» (Espuelas 1999: 57). Lo spazio pubblico acquista una sua indipendenza logica, diventa *afocale ed isotropo*, struttura fondamentale e supporto fisico per lo sviluppo della città. La traccia rimane come un'invariante più forte degli edifici. Nasce l'urbanistica come la intendiamo noi, che trova nell'esempio di New York, e nella sua evoluzione, la sua più grande attuazione contemporanea (Koolhaas 1978).

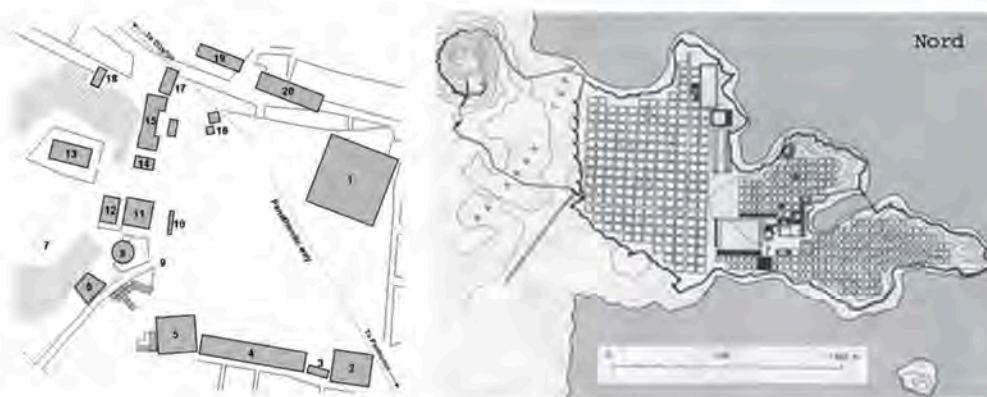


Fig. 10: confronto tra l'agorà di Atene e la pianta di Mileto

Il modello romano

Agorà e tracciato assumono nomi e caratteristiche diverse, ma rimangono gli strumenti cardine anche nelle città di fondazione romane. Il foro, reinterpretazione del concetto della piazza ateniese, diventa lo spazio pubblico del potere e della rappresentanza, luogo di commercio e di incontro dei cittadini romani. Il tracciato ippodameo acquisisce una gerarchia (il cardo ed il decumano introducono l'asse principale sul quale solitamente insiste il principale spazio pubblico) e diventa lo strumento del controllo urbano, e variando la scala (la *centuriazione*), di controllo del territorio. Nella Roma imperiale, però, si comincia ad osservare quel processo di indebolimento dello spazio pubblico aperto a favore dei grandi edifici specialistici: nella «città super attrezzata, dove oltre ai fori vi sono una straordinaria gamma di strutture speciali ad alto contenuto socializzante, come i circhi, gli stadi, i teatri, i templi, le terme, [...] queste strutture sottraggono gran parte della vita pubblica allo spazio aperto e preludono a quel processo di inclusione dello spazio pubblico che riprenderà con l'urbanistica moderna dell'illuminismo e si porterà fino alla città contemporanea» (Piroddi 2002: 102), nella quale lo spazio pubblico per eccellenza, il centro commerciale, trasformerà lo spazio pubblico in *junk space* (Koolhaas 2006).

Il modello medioevale

Il medioevo ridisegna, all'interno delle dinamiche urbane, il ruolo dello spazio pubblico, che conteso tra il potere temporale e quello ecclesiastico, trova una nuova importanza in quella forma spaziale che oggi definiamo come *piazza*. Erede in parte dell'agorà, la piazza definisce il grande spazio pubblico aperto della città, sul quale si affacciano, in un costante confronto, il potere politico, quello religioso ed il mercato cittadino. L'impronta definita da questo assetto urbano rimane pressoché immutata per tutto il tardo-rinascimento, venendo solo confermata dai continui processi di abbellimento

urbano: nuove facciate, nuovi palazzi, nuovi giardini, ecc. sorgono come espressione del benessere sociale ed economico che molte città vivono fino al XVII secolo.



Fig. 11: il quadro di Bruegel rappresenta la complessità delle attività che caratterizzavano la strada e più in generale lo spazio pubblico nella città storica

L'assetto così definito viene trasformato solo con l'affermarsi della rivoluzione industriale: le grandi fabbriche sorte all'interno del perimetro urbano, solitamente vicino a canali e fiumi, attirano grandi masse di lavoratori dalle campagne, la crescita avviene velocemente, senza regole se non quelle dettate dalla speculazione e dallo sfruttamento del suolo vuoto. La città si trasforma, non solo per la comparsa delle fabbriche, ma anche per la comparsa di molte di quelle infrastrutture necessarie al loro funzionamento: prima le ferrovie, poi i grandi assi stradali, irrompono all'interno del tessuto urbano, tagliandolo e frammentandolo (Ingersoll 2006). La città cambia aspetto e dimensione, assumendo quelle tinte fosche ben descritte in molti racconti di Charles Dickens. Le condizioni abitative, soprattutto quelle dei più poveri, peggiorano: alta densità, promiscuità degli ambienti, condizioni igieniche sempre al limite, inquinamento ambientale in forte aumento per via delle sempre più grandi industrie, ecc. sono solo alcune delle problematiche che cominciano a caratterizzare la città e lo spazio aperto urbano. A queste condizioni di degrado fisico, ambientale e sociale, si cerca di dare una risposta attraverso imponenti piani di trasformazione urbana, capaci di riportare il decoro e la salubrità nei tessuti urbani più compromessi, ridefinendo così l'importanza dello spazio aperto. Sono esempi di queste trasformazioni il piano voluto per Parigi da Napoleone III a metà del XIX secolo e le città giardino sorte ai margini delle città inglesi a partire dai primi anni del Novecento.

Il modello ottocentesco

Il novecento è, però, anche il secolo del moderno. Le innovazioni tecnologiche ed il continuo progresso industriale portano ad un radicale cambiamento del paradigma culturale, con forti conseguenze sui modelli di trasformazione urbana: la città viene vista come una macchina industriale, ritenuta perfettamente controllabile se suddivisa in parti funzionali omogenee. Se questo approccio permette da una parte di migliorare le condizioni ambientali della città, allontanando i distretti industriali, dall'altro altera definitivamente il ruolo di connessione fisica e sociale che lo spazio aperto aveva avuto nella *città storica*. Queste trasformazioni sono rese ancora più incisive dalla diffusione

Il modello moderno

dell'automobile. Le strade, diventando larghe fasce di collegamento ad alta velocità di zone urbane settorializzate per programma, perdono quel ruolo di socialità e di spazio di relazione che fino ad allora avevano avuto. La città diventa costruita da parti separate ed omogenee, le zone per uffici, le zone residenziali, le aree industriali, ecc., perdendo quella stratificazione e complessità che l'aveva caratterizzata fino a quel momento. I commerci cominciano a spostarsi, secondo il modello americano, in grandi contenitori collocati ai margini delle città, dando origine agli *shopping mall*, ovvero i grandi centri commerciali, che ancora oggi costellano le periferie delle città di tutto il mondo. «Il tessuto della città, che prima era una concentrazione di contesti pieni e vuoti, interno ed esterno, quiete e moto in rapporto di necessità reciproca, ciascuno dotato di proprio carattere che è inequivocabile e però anticipa e riepiloga il carattere dell'insieme cui appartiene, è diventato un assemblaggio di parti estranee: alle altre parti anche se contigue, alla essenza del luogo in cui si trovano, alla loro stessa configurazione fisica» (De Carlo 1984).

La vita passa necessariamente dalla macchina e gli spazi aperti all'interno della città, che fino ad allora detenevano il ruolo di catalizzatori sociali, perdono importanza. I centri commerciali diventano lo spazio pubblico vissuto, climaticamente condizionato, predisposto per massimizzare le vendite e rendere in realtà il cittadino sempre più solo (Bauman 2002). Prende definitivamente forma il *juckspace*, o spazio spazzatura: uno spazio legato alla scala mobile, all'aria condizionata, «uno spazio interno senza limiti, che cancella le distinzioni, [...], sostituisce la gerarchia con l'accumulo, [...] un impero nebuloso di indistinzione che confonde l'alto con il basso, il pubblico e il privato, il diritto e il ricurvo, ecc.» (Koolhaas 2006).



Fig. 12: la fotografia rappresenta il nuovo paesaggio urbano delle high-way e dei grandi centri commerciali americani (fonte: Venturi Brown 1985)

Crisi del modello moderno

Il 1973 è forse l'anno della consapevolezza diffusa della necessità di cambiare tale modello di sviluppo. La crisi petrolifera, e quindi le problematiche energetiche che ne derivano, impongono un forte cambiamento culturale che porta alla presa di coscienza che «i diversi e contraddittori processi di riorganizzazione produttiva e insediativa [che] hanno oggi ridotto queste aree specializzate a spazi derelitti [...] rendendo necessaria una loro riorganizzazione» (Bottero 1993).

La tendenza ad un graduale ma deciso impoverimento dello spazio aperto urbano, era stata già compresa da alcuni ricercatori e architetti che a partire dagli anni 60 propongono, è proprio il caso di dirlo, *strade alternative*. Le ricerche di questi autori, tra

i quali è sufficiente ricordare i nomi di Jan Jacobs (1969), gli Smithson, Geidon, e poi Gehl (1971) e Whyte (1980), fino ad arrivare, come vedremo nelle prossime pagine, a critici contemporanei quali Zardini (2005) e Ingersoll (2006), mirano a ridefinire il ruolo dello spazio pubblico all'interno del contesto urbano, individuando strategie e soluzioni progettuali per ridare agli spazi aperti quel valore di luogo di collettività e di incontro che hanno perso nell'ultimo secolo, definendo così allo stesso tempo un nuovo modello di sviluppo urbano.

Il processo di ripensamento della città deve ripartire proprio da una revisione di questi spazi aperti, che devono passare da «luogo tipico della crisi della città moderna» (Bottero 1993) a «occasioni per ridefinire l'assetto urbano, in cui tornino ad essere la sede per eccellenza dello scambio sociale». Gli stessi spazi aperti se potevano «apparire al livello dell'occhio del passante [...] come un disegno interrotto, spazio difficile da attraversare, luogo di insediamento di funzioni deboli, marginali e scarsamente istituzionalizzate» devono tornare ad essere riempiti di «significati» (Secchi 1984).

I processi di rigenerazione urbana, avviati in alcune realtà virtuose (Barcellona, Lione, Parigi, Londra, ecc.) a partire dagli anni '80, hanno focalizzato, come vedremo meglio nelle pagine a seguire, l'attenzione proprio sui processi di trasformazione dello spazio aperto, coinvolgendo gli spazi del centro storico e soprattutto quelli periferici, per risolvere quelle problematiche urbane descritte nelle prime pagine. Se infatti «nel centro storico ci sono le premesse fisiche perché gli spazi pubblici diventino spazi urbani, ma stanno venendo meno quelle funzionali, per l'eccessiva concorrenzialità tra funzioni diverse che ha imposto quelle più ricche ed ha espulso quelle più povere, [...] nella periferia, il problema della qualità urbana deve essere affrontato in modo ancora più radicale: spesso per l'eccessiva omogeneità delle indicazioni funzionali, degli standards e degli indici, mancano del tutto gli spazi fisici da trasformare in spazi urbani e le condizioni funzionali minime di concorrenzialità tra usi diversi, presupposti elementari per la vitalità degli spazi urbani. La trasformazione qualitativa delle periferie richiede un grande sforzo creativo [...] che dovrebbe andare oltre il recupero di singoli manufatti o di singoli isolati [...] per proporre le linee fondamentali di un disegno urbano capace di riorganizzare gli elementi strutturanti la realtà funzionale e fisica, in una prospettiva dinamica ed implementabile nel tempo» (Giovannini 1993).

Il modello contemporaneo



Fig. 13: lo spazio pubblico come luogo di rigenerazione urbana, lungo fiume di Bordeaux

2 LA PRODUTTIVITÀ DEGLI SPAZI APERTI URBANI: DAL RECUPERO DEL COSTRUITO ALL'INTERVENTO SUL NON COSTRUITO

LA RIGENERAZIONE URBANA E IL PROGETTO DEGLI SPAZI APERTI: RICERCHE DI CARATTERE INTERNAZIONALE

Il quadro presentato evidenzia come l'eccessivo sviluppo urbano degli ultimi due secoli abbia alterato quell'equilibrio, tra sistema urbano e sistema ambientale, necessario per la sopravvivenza dell'essere umano. A partire dagli anni '60, la consapevolezza sempre più forte dell'impossibilità di proseguire con tale modello di sviluppo ha portato alla proposta prima, e poi all'affermazione e diffusione di un nuovo modello di sviluppo, definito *sviluppo sostenibile*.

La presa di coscienza di questo cambiamento culturale ha spinto il dibattito architettonico a ragionare su tali tematiche al fine di individuare metodologie progettuali, appunto, *sostenibili*. I primi ragionamenti furono sviluppati principalmente nell'ambito degli studi della climatologia (Olgay et al. 1969) e dell'ecologia urbana (Nicoletti et al. 1978). La città non viene più vista in modo indipendente dal contesto, ma riletta come *ecosistema*, all'interno del quale interagiscono la comunità biotica (l'uomo e le altre specie che la abitano) e l'ambiente fisico circostante. Tale relazione si basa su flussi di energia in entrata e uscita e sulla ciclizzazione dei materiali e diventa per questo necessario, nel processo progettuale, considerare quei dati «quantitativi e qualitativi sulla distribuzione dei flussi energetici, dell'acqua e dei materiali, con particolare riguardo agli effetti inquinanti e alle probabili deficienze di input vitali, nell'intento di elaborare modelli predittivi utili per indirizzare i comportamenti umani alla conservazione della vitalità del sistema» (Treccani, voce ecologia urbana).

Al fine di trovare una soluzione a tali problematiche, una parte della ricerca internazionale, a partire dagli anni '60, focalizza l'attenzione sul patrimonio edilizio costruito, ritenuto il principale responsabile di questo squilibrio ambientale. La crisi petrolifera del 1973 e il costo dell'energia che si alza peggiora ulteriormente la situazione, aumentando l'incidenza che il parco edilizio ha sul consumo generale di energia.

A partire dagli anni '70, si cominciarono così a diffondere approcci e buone pratiche di intervento di *retrofitting* sul patrimonio edilizio esistente che mirano, da una parte, a limitare il consumo di risorse, dall'altra a ricreare un equilibrio tra sistema artificiale e sistema naturale. Questi primi approcci portarono, poi, all'approvazione delle prime normative internazionali (UNI EN ISO 13790, ecc.) sul contenimento energetico degli edifici.

L'esperienza di Chicago

Accanto a questo asse di ricerca, che associa, in sintesi, il concetto di sostenibilità al controllo energetico del costruito, se ne sta recentemente diffondendo un altro, che ha spostato l'attenzione dal costruito al non costruito. Le ricerche che rientrano all'interno di questo nuovo approccio (PLEA, ICUC, AMS, RUROS, URBAN SPACES, ecc.), esplorando le potenzialità dello spazio urbano aperto come ambito di intervento per la rigenerazione urbana, hanno evidenziato come esso sia in grado di incrementare la qualità sociale, ambientale ed economica di una città e di mitigare contemporaneamente differenti problematiche urbane generali. La lettura di queste ricerche evidenzia come gli spazi urbani aperti possano favorire la lotta contro il cambiamento climatico, tutelare la natura e la biodiversità, incrementare la qualità della vita e della salute, favorire l'utilizzo sostenibile delle risorse, prevenire e riciclare i rifiuti, ecc.

Alcune di queste tematiche vennero indagate già negli anni '90, in ambito statunitense, all'interno della ricerca *Chicago's urban forest ecosystem results of the chicago urban forest climate*

project (McPherson et al. 1994). L'analisi sulla vegetazione urbana della città di Chicago fece emergere la *produttività* dello spazio aperto, ottenuta da una buona gestione del verde: rimozione degli inquinanti, risparmio del consumo di combustibile per la climatizzazione invernale ed estiva, riduzione della temperatura dell'aria in regime estivo. La ricerca introdusse la traduzione dei benefici ambientali emersi in benefici economici, dimostrando la quantità di denaro pubblico e privato che si sarebbe risparmiata attraverso la piantumazione di 95.000 alberi nell'area urbana di studio. L'introduzione del valore economico degli effetti ambientali è infatti un fattore di fondamentale importanza per attrarre investimenti pubblici e privati, e quindi per influenzare la domanda di interventi di qualità.



Fig.01 : Un terzo degli alberi di Chicago è piantumato lungo le strade (fonte: <http://www.fao.org>)

In ambito europeo, la ricerca sullo spazio aperto ha visto interessanti sviluppi all'interno dei programmi europei. In particolare, il V programma quadro contiene alcuni progetti della *Key Action 4 - City of Tomorrow and Cultural Heritage* del programma *Energy, Environment and Sustainable Development*, molto interessanti per il tipo di approfondimento effettuato. Tra questi, il progetto URGE, *Development of Urban Green Spaces to improve the Quality of Life in Cities and Urban Region*, si pone come obiettivo di migliorare la dotazione di aree verdi della città da un punto di vista qualitativo e quantitativo, attraverso un lavoro di implementazione della comprensione delle interazioni tra sistema naturale, sociale e economico dello spazio urbano. Il progetto (2001- 2004) è stato coordinato dal centro di ricerca ambientale di Lipsia (dipartimento interdisciplinare del paesaggio urbano) ed ha portato all'elaborazione di alcuni documenti strumentali alla progettazione degli spazi aperti: un documento contenente i profili delle città analizzate, un catalogo multidisciplinare di metodi e misure indirizzato agli enti pubblici per incentivare l'utilizzo dello strumento nella pianificazione del verde urbano, un manuale di sintesi, una piattaforma di comunicazione e scambio di informazioni e ricerca (URGE - development of urban green spaces). Nell'ambito del progetto, gli enti del partenariato hanno selezionato due spazi verdi delle proprie città per verificare i criteri considerati dallo strumento, e hanno costituito un gruppo di lavoro interdisciplinare che si occupasse, secondo un approccio integrato, di ecologia, scienze sociali, economia e pianificazione.

URGE

RUROS

Un altro progetto europeo, inserito nel medesimo programma, è RUROS, *Rediscovering the urban Realm and Public Space*, attraverso cui è stato possibile approfondire le metodologie di progettazione bioclimatica. Le indagini sono state effettuate su alcuni casi studio, selezionati dagli enti partner della ricerca, e hanno portato all'elaborazione di metodi semplificati per la valutazione tecnica di alcuni aspetti relativi all'ambiente fisico e sociale degli spazi urbani: condizioni di comfort termico e di microclima, comfort visivo, comfort acustico, qualità della morfologia urbana. Questa ricerca introduce lo studio dell'uomo e delle sue variabili psicologiche e percettive, per una definizione di comfort basata sullo studio delle relazioni uomo - ambiente. Per eseguire le indagini sono state effettuate delle campagne di rilevamento attraverso strumenti tecnici di monitoraggio (stazione meteorologica e strumenti di rilevamento acustici, ecc.) e, per quanto riguarda gli aspetti sociali, è stato introdotto il metodo dell'osservazione diretta dei fenomeni sociali e lo strumento dell'intervista (per la valutazione delle condizioni di comfort e della percezione dell'ambiente). Il progetto è stato coordinato dal dipartimento CRES di Marialena Nikolopoulou.

URBSPACE

All'interno del programma Central Europe (2007-2013), la priorità 4 è tesa al miglioramento della competitività e dell'attrattiva di città e regioni. Tra le ricerche che contribuiscono a tale obiettivo, la ricerca URBSPACE - *enhancing the attractiveness and quality of the urban environment*, si occupa di elaborare linee guida per il progetto degli spazi aperti urbani per incentivare la costruzione di spazi vitali e a conformità ambientale. Tale ricerca definisce lo spazio aperto come il *non costruito delle possibilità*, e presenta potenziali soluzioni per il raggiungimento della sostenibilità urbana, con conseguenti benefici ambientali, sociali ed economici, diretti e indiretti. Gli output della ricerca consistono nella stesura di un manuale di progettazione dello spazio urbano e una guida alle fasi di preparazione, programmazione, realizzazione e manutenzione del progetto, gli obiettivi da raggiungere e le attività da realizzare. Gli aspetti chiave stabiliti riguardano criteri ambientali, criteri di partecipazione pubblica, aspetti di genere, criteri di sicurezza e coesione sociale, aspetti di accessibilità, criteri architettonici e urbanistici (central2013.eu - Funded Projects).

Convenzione europea sul paesaggio

Il breve quadro presentato evidenzia come lo spazio pubblico, inteso come spazio urbano aperto, assuma oggi un importante ruolo all'interno delle trasformazioni urbane. La stessa convenzione europea sul paesaggio, documento adottato dal comitato dei ministri della cultura e dell'ambiente del consiglio d'Europa il 19 luglio 2000, ha definito l'importanza strategica degli spazi aperti urbani e peri-urbani, per la loro capacità di generare lavoro, attrarre investimenti e aumentare la qualità della vita.

Dalle ricerche analizzate a titolo esemplificativo, emerge come lo spazio aperto, che costituisce un luogo di complesse interazioni tra gli elementi che ne definiscono la scena, possa essere quindi l'ambito all'interno del quale possono essere contemporaneamente affrontate, mitigate ed in parte risolte molte di quelle problematiche sociali, ambientali ed economiche descritte nelle prime pagine della ricerca.

Alla base di queste ricerche, c'è un approccio differente, basato sul concetto di integrabilità: la gestione dell'ambiente urbano deve seguire logiche di progettazione integrata (così come viene definito nelle linee direttive dell'Unione Europea per il miglioramento dell'ambiente urbano) visto che le problematiche urbane sono di natura transettoriale e, per tale ragione, le strategie applicate ad esse, devono rispondere trasversalmente agli obiettivi generali di sviluppo sostenibile.

Emerge così un nuovo approccio: la sostenibilità non può essere più perseguita solamente migliorando le performance del costruito, ma diventa necessario integrare la progettazione degli spazi aperti urbani nelle dinamiche di investimento. La capacità

di rispondere trasversalmente a quel complesso quadro di obiettivi generali fa sì che lo spazio pubblico possa essere definito come spazio *produttivo*, ovvero come uno spazio capace di produrre benefici ecologici, sociali ed economici. Attualmente il progetto dello spazio aperto persegue obiettivi di produttività, incentivando e analizzando le sinergie tra uomo e ambiente. Il passaggio dall'approccio progettuale moderno, votato al *problem solving* e allo studio dello standard ad ogni scala di progetto, alle metodologie attuali, tese a indagare le tematiche della *complessità* e dell'equilibrio spazio-temporale dell'urbano, è supportato da una continua ricerca, in ambito accademico istituzionale, che tenta la messa a punto di strumenti flessibili e trasferibili per la corretta interpretazione della realtà. L'avanzamento della ricerca, sul tema dello spazio aperto urbano, è dato dalla comprensione, sempre più appropriata, delle relazioni tra costruito e non costruito, tra sistema biotico e abiotico, e di come questi elementi si influenzino nella costruzione della qualità urbana.

ALCUNI CASI STUDIO: BARCELLONA, LIONE, ZURIGO

Accanto alle ricerche pocanzi citate, diventa interessante descrivere in questa sede alcune esperienze di città europee che hanno affrontato il progetto degli spazi urbani aperti attraverso un approccio progettuale integrato, con l'obiettivo di rispondere a quel ampio quadro di problematiche generali già abbondantemente descritte.

Barcellona

Barcellona è stata tra le prime città europee ad intraprendere un processo di trasformazione urbana e ad innescare un nuovo sviluppo socio-economico, partendo proprio dalla ricostruzione dello spazio pubblico. Tale processo di rinnovamento ha inizio dopo la fine della dittatura franchista, quando la città è sconvolta da ingenti problematiche ambientali, sociali ed economiche. Per trovare una soluzione allo stato di degrado che caratterizzava tutta la città, gli amministratori decisero di tentare la strada del rinnovamento urbano attraverso il coinvolgimento di finanziamenti privati, dando origine a quello che poi verrà definito come il *modello Barcellona* (Delbene 2007).

La storia della trasformazione di Barcellona può essere ripercorsa attraverso una suddivisione in fasi che aiuta a comprenderne i tratti significativi. La prima fase (1979-1986) si distingue per l'approvazione del *Plan General Metropolitano* (1976), in seguito alle prime elezioni democratiche, e per la nomina della città come sede per i giochi olimpici del 1992. La città è soggetta ad una trasformazione diffusa che prevede l'incremento dei livelli igienico-sanitari del centro storico e il recupero degli spazi di relazione (piazze, strade, parchi), si assiste al coinvolgimento di importanti architetti, come Oriol Bohigas, Solà-Morales e Josep Anton Acebillo, e alla nascita dell'*Oficina de Projectos Urbanos* (Bohigas 1985). La seconda fase (1986-1992) è invece legata alla trasformazione della città in occasione dei giochi olimpici. Il tema del grande evento diventa occasione di rinnovamento attraverso nuovi investimenti privati. Gli obiettivi dell'amministrazione consistono nel recupero del centro storico e dei quartieri periferici, nel potenziamento delle infrastrutture e nell'apertura della città verso il mare e nella creazione di poli di attrazione e centralità di quartiere. Per indirizzare gli investimenti alla realizzazione di un complesso quadro di obiettivi, nascono delle società a controllo pubblico (HOLSA, VOSA, AOMSA) e società miste pubblico-private (NISA, POBASA). Tali società si occupano dello sviluppo di singoli progetti, seguendo le indicazioni del *Plan de Vias* (1987), il quale prevede una profonda trasformazione della rete della mobilità. Lo strumento normativo auspica un ripensamento della rete infrastrutturale proponendo l'integrazione di spazio pubblico e di soluzioni ambientalmente compatibili. La

terza fase combacia con il periodo post-olimpico (1992-2004) e si distingue per la definizione di un programma di finanziamenti, quasi esclusivamente privati, volti ad incrementare lo sviluppo industriale della città. La scala di intervento coinvolge l'intera area metropolitana e vengono realizzati il Forum e il distretto 22@. La scala territoriale caratterizza anche la trasformazione urbana dell'ultimo periodo (2004 - in corso) attraverso la programmazione di "macroprogetti" (*Plan Estrategico Metropolitano, Plan Segrenera, Plan Delta, Plan de Vivienda*).

Da tale quadro, pur nella sua generalità, emerge l'importanza del progetto dell'infrastruttura, e quindi dello spazio urbano aperto, ad ogni scala di intervento. Il progetto di tali spazi, se analizzato attentamente, riflette il quadro politico e sociale del tempo, traducendo specifiche esigenze sociali, economiche e ambientali in altrettanto specifici caratteri progettuali. Il progetto dello spazio aperto nella città di Barcellona ha infatti seguito, per lungo tempo, criteri di economicità, velocità di realizzazione e abbattimento dei costi di manutenzione, che hanno portato alla definizione di una cifra stilistica, propria della città catalana, e alla costruzione delle cosiddette «piazze dure» (Delbene 2007). Il vocabolario dello spazio pubblico, dai primi anni ottanta fino al periodo post-olimpico, indirizzava alla produzione di ambienti urbani materici e all'equilibrio del sistema città attraverso un complesso progetto morfologico dell'infrastruttura. Questo approccio è stato uno dei cardini della trasformazione della città.



Fig. 02: alcuni esempi di piazze dure: *Placa Fossar de les Moreres, Placa de l'Odissea*

Attualmente la trasformazione di Barcellona ha assunto dei caratteri differenti, allineandosi con le tendenze contemporanee nel promuovere una maggiore integrazione dei sistemi naturali all'interno di realtà urbane molto antropizzate. Tra gli esempi più recenti, è di grande rilievo il progetto di riqualificazione del *Boulevard Passeig de St Joan*, curato da un gruppo di progettazione interdisciplinare, che coinvolge architetti, paesaggisti, agronomi e ingegneri ambientali (*Passeig De St Joan Boulevard*, by Lola Domènech «Landscape Architecture Works | Landezine, n.d»). Tale intervento interessa un settore infrastrutturale appartenente alla lottizzazione del *Plan Cerda* (1859). I cosiddetti *boulevard* storici presentano sezioni trasversali che variano dai 20 ai 50 metri e una suddivisione degli spazi di circolazione a vantaggio della carrabilità. Riconfigurare il *boulevard*, un sistema esteso e diffuso all'interno della matrice urbana, significa operare un intervento di riqualificazione complessa di interi settori di città. Nel caso particolare del *Boulevard Passeig de St Joan* si intende potenziare lo spazio pedonale e i sistemi di mobilità dolce e definire il pattern di una nuova superficie urbana attraverso l'introduzione di sistemi naturali. Lo spazio della strada un tempo dedicato al traffico veicolare viene ridotto a vantaggio dello spazio pubblico, che acquista una ricchezza di programma

con l'introduzione di frequenti aree di sosta e gioco, un ampio parterre di circolazione pedonale e ciclabile. La grande innovazione, rispetto al quadro storico degli interventi della città di Barcellona, è rappresentata dall'introduzione di una continua superficie verde permeabile e di molteplici alberature ed essenze arbustive autoctone. Attraverso questo progetto Barcellona conosce una nuova realtà progettuale sensibile a tematiche socio-ecologiche (gestione integrata delle acque di pioggia, incremento e conservazione della biodiversità urbana, introduzione di una nuova percezione del paesaggio urbano attraverso la stimolazione polisensoriale del fruitore).



Fig 03: Boulevard *Passeig de St Joan*, *Lola Domenech Architect*

Un altro progetto, inserito all'interno del *barrio gotico* (tra i quartieri di *Santa Caterina* e *Sant Pere*) e parte del piano di diradamento edilizio del centro storico, è il giardino Pou de la Figuera. Il progetto, terminato nel 2008, è il risultato di un partenariato tra gli architetti, Jaume Artigues e Pere Riera, la società pubblica a partecipazione privata CIUDAD VELLA, e l'impresa Escofet. Le soluzioni progettuali sono semplici ed economiche. Si disegna un piano neutro di terra stabilizzata, frazionato solamente dalla presenza di alcuni ricorsi di materiale lapideo, si definisce uno spazio centrale libero e un bordo di alberature e sedute in legno. L'uso della terra, come materiale di pavimentazione, stabilisce un rapporto di naturalezza con la comunità del *barrio*, e determina, insieme agli altri elementi della scena urbana, uno spazio climaticamente confortevole.



Fig 04 : Progetto della Piazza *Pou de la Figuera*

Lione

Inserita all'interno di una vasta area metropolitana, la città di Lione è il capoluogo della regione *Rhone-Alpes*. Oggi fa parte del *Grand Lyon-COURLY* (1969), organismo istituito per gestire l'intera area urbana, che dopo la forte espansione degli anni '60, aveva agglomerato entità urbane differenti. Attualmente il *Grand Lyon* comprende 58 comuni e raggiunge una popolazione di 1.200.000 abitanti (Marchigiani 2005).

Sul finire degli anni '80, anche Lione comincia a trasformare i propri spazi pubblici con finalità di sviluppo socio-economico. Tutte le trasformazioni sono gestite dall'ammirazione pubblica e da gruppi di progetto interdisciplinari. Il percorso di rinnovamento è correlato al progressivo abbandono di aree industriali, ormai interne al tessuto urbano in seguito all'espansione edilizia, e ad un malcontento diffuso, da parte della comunità, per il degrado degli spazi collettivi.

Il processo di trasformazione viene abbondantemente stimolato da nuove politiche di sviluppo, che si pongono l'obiettivo di ristabilire un equilibrio ambientale e sociale del sistema urbano. Gli ambiti urbani considerati coprono tutta l'area metropolitana: centro storico, aree periferiche e semiperiferiche vengono coinvolte nella trasformazione con l'obiettivo principale di ristabilire un approccio democratico e innovativo alla trasformazione urbana. I vecchi modelli di pianificazione urbana vengono messi in discussione, favorendo una crescita guidata non più solo dalla convenienza economica del progetto e dalle esigenze di espansione industriale, ma anche dalla rinascita di ambienti complessi e accessibili ad una molteplicità di utenze, attraverso l'integrazione di sistemi apparentemente in conflitto.

Per favorire tale sviluppo, negli anni novanta, il nuovo sindaco Michel Noir diventa promotore di ricerca e sperimentazione sul tema del rinnovamento urbano, auspicando «una vera rivoluzione delle mentalità» perché «senza interdisciplinarietà, senza un pensiero globale, le disfunzioni e le segregazioni sono inevitabili» (Tsiomis and Ziegler 2007). La politica urbana è quindi alla base della trasformazione della città e si assiste ad una vera e propria riorganizzazione dell'apparato amministrativo, cercando di coinvolgere, nei processi urbani, soggetti differenti, portatori di esigenze e innovazione. In questo quadro, lo spazio aperto urbano, diventa una tematica trasversale a tutti gli interventi di trasformazione. Lo spazio aperto, infatti, viene inteso come il principale elemento di democratizzazione della città e rappresenta la possibilità di realizzare interventi a conformità ecologica. Questo approccio è chiaro nello *Schéma d'aménagement des espaces publics*, nel *Plan de Déplacement Urbain* e nella *Charte de l'Ecologie Urbain*. Il piano dei trasporti, in particolare, mette in evidenza la volontà di restituire una continuità allo spazio pubblico del centro, di gerarchizzare le percorrenze e di attuare una rinaturalizzazione diffusa. Per la concreta attuazione di tale programma avviene il coinvolgimento di privati e di società miste di economia, che operano per la realizzazione di servizi efficienti di trasporto pubblico e di parcheggi sotterranei in prossimità delle aree centrali, per decongestionare lo spazio della viabilità pedonale e ostacolarne l'uso improprio. La nascita di gruppi interdisciplinari avviene sia a livello amministrativo che all'interno di organi di ricerca. Si assiste, per esempio, alla nascita di un comitato di pilotaggio dello spazio urbano e di enti intersettoriali per determinare le buone pratiche alla base del *Plan Presque'île* (piano atto a ridefinire gli spazi pedonali del centro e a limitare l'uso dell'automobile), del *Plan Bleu* (piano per la riqualificazione delle vie d'acqua), del *Plan Lumiere* (piano per il progetto di illuminazione pubblica), del *Plan Vert* (piano per riconfigurare adeguatamente la trama verde della città). I gruppi interdisciplinari rappresentano le esigenze dell'amministrazione, dei tecnici, dei cittadini e delle imprese, favorendo l'innovazione tecnologica del progetto rispetto a tematiche di equilibrio ambientale (idrologia urbana, piantumazioni, igiene pubblica, isola di calore, etc.). Il controllo sul progetto dello spazio pubblico avviene attraverso molteplici

strumenti, tra cui l'istituzione di servizi idonei allo studio del paesaggio urbano e alla definizione di un vocabolario di buone pratiche a riferimento dei progettisti. La *Unité des Arbres et Paysages (UAP)*, ad esempio, raggiunge un ruolo di sperimentazione attraverso la collaborazione con centri di ricerca universitari. Il programma SCIENCIL opera una ricerca sull'arboricoltura urbana attraverso la creazione dell'associazione *Plante et Cité*, piattaforma di comunicazione tra imprese, enti di ricerca e enti pubblici e i siti della trasformazione urbana diventano campo di applicazione della ricerca. Ulteriore punto di forza della politica urbana di Lione, è dato da una continua campagna di informazione e aggiornamento della comunità locale, per attivare la responsabilità civile all'uso congruo dello spazio pubblico e sensibilizzare i cittadini al rispetto della natura in ambito urbano. Il tema della rinaturalizzazione è centrale, soprattutto in campo sperimentale. Frederic Ségur, responsabile della UAP, afferma che «lo scopo della ricerca è proporre soluzioni atte all'integrazione e al superamento di eventuali conflittualità», e che la trasformazione urbana, che intende ottenere un giusto equilibrio tra costruito, non costruito e verde urbano, è legata ad un progetto che tiene conto non solo della dimensione spaziale, ma del tempo come misura degli interventi. Nel 1996, il paesaggista Gilles Clément, chiamato a redigere il *Plan de Végétalisation* e definire linee guida per una riqualificazione ecologica della città, afferma che «l'obiettivo è di riconsiderare il verde urbano secondo la sua intima essenza di materiale vivente». Per fare questo, bisogna riconsiderare il progetto dello spazio aperto attraverso il coinvolgimento di artisti, paesaggisti, agronomi, ingegneri idraulici, e realizzare interventi che siano in continua evoluzione, che presentino una componente intrinseca di modificabilità attraverso l'utilizzo di materiali vegetali (Marchigiani 2005).



Fig. 05: *Plan Presque'île*, soluzioni di rinaturalizzazione urbana

Per comprendere l'importanza della dimensione del paesaggio all'interno del progetto dello spazio aperto, si riporta l'esempio dell'intervento di recupero della *Confluence*. L'area ex industriale presenta un'estensione di 150 ettari ed è caratterizzata da una forte infrastrutturazione. Il processo di riqualificazione comincia nel 1998 con il coinvolgimento del paesaggista Michel Desvigne. Il progettista propone una nuova metodologia di intervento, superando lo schema rigido di pianificazione e definendo una «strategia d'infiltrazione, un processo di occupazione evolutiva, sfruttando la frammentazione del territorio per introdurre giardini e passeggiate» definendo «un sistema di parchi provvisori, che accompagnino tutte le trasformazioni senza attendere il grande progetto» e garantendo «una immediata qualità paesaggistica» (Devigne 2002). La struttura della trasformazione è realizzata attraverso il paesaggio, inteso come trama verde e sistema degli spazi di relazione. Questo sistema diventa supporto alla trasformazione futura, definendo un'apertura all'imprevedibilità della trasformazione

e introducendo, all'interno del progetto, una processualità temporale (Desvigne 2009). L'obiettivo principale di tale strategia consiste nel ristabilire un repentino equilibrio ambientale che accompagni una lenta trasformazione e che soddisfi le reali volontà di una comunità che riprende graduale conoscenza dell'area. Si definiscono le basi per un'estetica della trasformazione, laddove la realizzazione di progetti di qualità dipende dal progetto della loro trasformazione nel tempo. La divisione in fasi di intervento prevede, dapprima la sistemazione del lungofiume e la creazione di giardini temporanei attraverso l'installazione di piastre-giardino, poi la realizzazione di un parco che strutturi l'insediamento attraverso fasce verdi e vie d'acqua, nell'attesa che si decida il reale intervento sul costruito. Il sistema del paesaggio diviene catalizzatore urbano sia per i processi di riappropriazione dello spazio pubblico, sia per l'attivazione di investimenti privati.



Fig. 06 : *Lyon Confluence*, stato di fatto

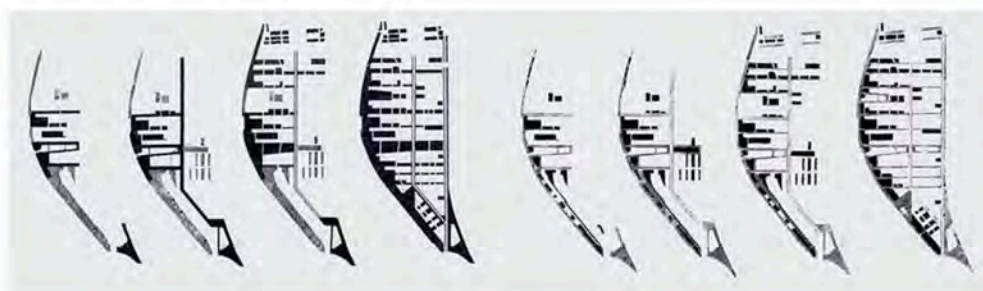


Fig. 07 : *Lyon Confluence*, scenari di trasformazione (fonte: Desvigne)



Fig. 08 : *Lyon Confluence*, a sinistra due immagini rappresentative della temporaneità della struttura vegetale, a destra la trasformazione nelle fase finale

Zurigo

La città di Zurigo presenta una superficie amministrativa di circa 92 km² e una popolazione di 367 000 abitanti, ma, l'intera area metropolitana, raggiunge una popolazione di 1.100.000 abitanti. In effetti, Zurigo è una città in espansione, se si considera l'intero agglomerato urbano, forte della imponente offerta di trasporto pubblico, che permette un "restringimento" delle distanze. Negli anni la città ha subito un cambio di rotta, da esclusivo centro finanziario è divenuta una città multiculturale e dinamica. Tale dinamismo si traduce in una vivacità della trasformazione urbana, i cui ambiti di interesse coinvolgono settori ex-novo, ex aree industriali, spazi dell'infrastruttura. La politica urbana è basata sul coordinamento di promotori e fruitori, chiamati alla partecipazione attiva nella definizione delle linee di sviluppo. Un ruolo decisivo è assolto dalla pubblica amministrazione che definisce i metodi per una produzione edilizia e di spazi pubblici di alta qualità. La presenza attiva e il successo degli enti pubblici nella gestione della città determina una crescente consapevolezza dell'opinione pubblica sui temi che riguardano l'urbano e gli spazi della collettività. La realizzazione di interventi, sia pubblici che privati, è quasi sempre preceduta da studi di fattibilità e fasi concorsuali, durante le quali la comunità è chiamata a partecipare attraverso pubblicazioni e incontri. Tutti i più recenti casi di rigenerazione urbana sono caratterizzati da una grande attenzione per il progetto delle piazze, delle strade urbane e degli spazi di pertinenza delle grandi infrastrutture di trasporto pubblico e privato. Già negli anni '80, Zurigo interviene sul sistema di trasporto pubblico e promuove politiche di riduzione del traffico veicolare. Inoltre vengono promosse iniziative di partecipazione attiva dei cittadini, invitati a percorrere la città a piedi e denunciare i punti critici delle percorrenze pedonali. Si intuisce come la questione dell'integrazione tra le forme di trasporto e gli spazi pubblici sia alla base della riqualificazione urbana (attenzione al progetto degli svincoli, sottopassaggi, intersezioni tra mobilità). Attualmente, l'attenzione è rivolta anche agli aspetti di rinaturalizzazione urbana: l'ufficio dei parchi e degli spazi pubblici di Zurigo, offre infatti un servizio di realizzazione, gestione e manutenzione degli spazi aperti, attuando una continua sperimentazione e un up-date tecnologico.

Tra gli interventi più recenti di Zurigo vi è la trasformazione dell'area nord della città, ex-area industriale conosciuta come *Neu Oerlikon*. Questo ambito urbano presenta una nuova offerta residenziale, posti di lavoro, servizi e spazi verdi. Fa parte di questa trasformazione l'*MFO Park*, realizzato dagli architetti *Burkhardt + Partner* e *Raderschall Landschaftsarchitekten AG*. Esito di una competizione internazionale, il parco ha la peculiarità di ridefinire il volume dell'edificio industriale, di cui occupa l'antico sedime, tramite una leggera struttura di acciaio galvanizzato. La struttura, oltre a essere copertura di una grande hall pubblica e piazza di quartiere, offre terrazze pubbliche e percorrenze, diventando contemporaneamente supporto per una vivace vegetazione. La struttura è infatti composta da cavi di acciaio che ospitano rampicanti di varie specie e colorazione. Gli spazi pubblici, che si insinuano sotto, sopra e nel mezzo di tale volume verde offrono una ricchezza di opportunità e atmosfere, influenzate dalla colorazione delle essenze e dalla molteplicità di fragranze, una percezione termica variabile, in base alla schermatura vegetale e un nuovo contatto con la natura e la biodiversità (si percepiscono i suoni della fauna che si rifugia in questa peculiare nicchia ecologica, integrata al sistema urbano, ma così intima e caratterizzata).

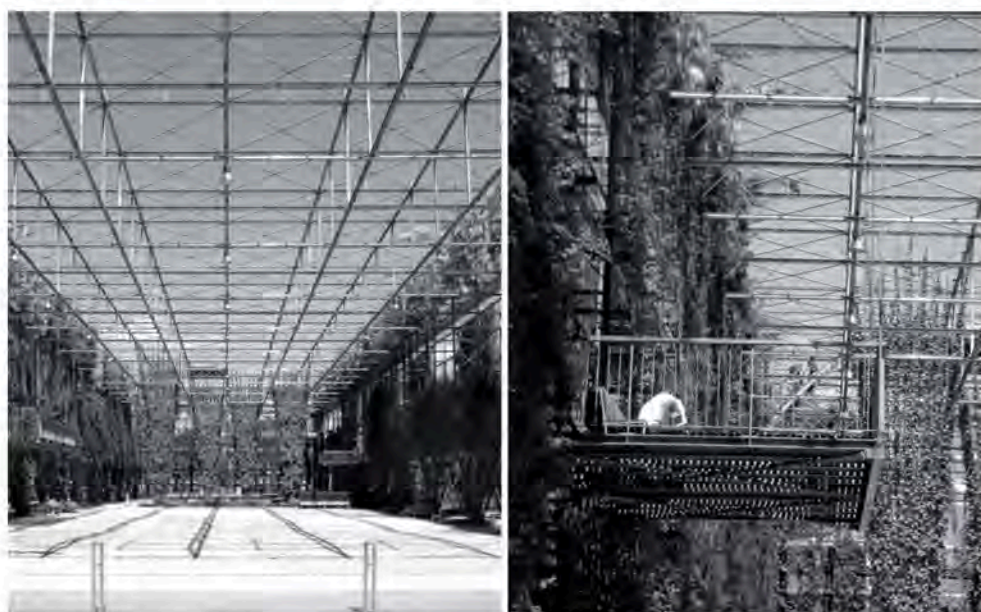


Fig. 09 : *MFO Park*, visione generale e di dettaglio

Altro intervento, sempre relativo alla trasformazione urbana di *Neu Oerlikon*, è l'*Oerliker Park*, realizzato nel 2001 dall'ufficio dei parchi e degli spazi aperti di Zurigo. Il progetto consiste nella sistemazione di un grande parco all'interno di una zona residenziale ad alta densità. L'aspetto della rinaturalizzazione è, anche in questo caso, molto forte: per la realizzazione del parco, è stata predisposta la piantumazione di 1000 essenze su una maglia di metri 4x4, a garantire una copertura omogenea di un'ampia superficie orizzontale, ricca di spazi di sosta e relax. Questa strategia di piantumazione è di fatto una strategia di trasformazione, che prevede, infatti, la ripiantumazione degli alberi in altri siti della città, quando la crescita della vegetazione esigerà una rivalutazione dei sestri d'impianto. L'area situata a nord del parco è invece una grande superficie di legno, un ampio piano neutro e flessibile, capace di ospitare grandi eventi e di stabilire una unitarietà al comparto residenziale.



Fig. 10 : Oerliker Park, i senti d'impianto ravvicinati assicurano una copertura omogenea della superficie

3. IL PAESAGGIO COME NUOVO PARADIGMA DI INTERVENTO

In *The Landscape Urbanism Reader* Charles Waldheim definisce il paesaggio come lo strumento per la costruzione della città contemporanea (Waldheim 2006). Secondo l'autore conoscere il paesaggio diventa determinante per il controllo degli ambienti complessi della contemporaneità (es. siti post industriali e infrastrutture pubbliche). Il concetto di paesaggio viene rivalutato e si assiste ad una progressiva introduzione delle tematiche eco-ambientali nelle discipline dell'architettura e dell'urbanistica, nascono nuovi settori transdisciplinari che indagano la complessità delle relazioni tra sistemi naturali e urbani e che tentano un superamento della dicotomia natura-artificio offrendo alternative significative ad una pianificazione settoriale e meccanicistica (Corner 2009). Le discipline dell'ecologia del paesaggio e, in seguito, del *Landscape Urbanism* e dell'*Urban Ecology*, derivanti dall'unione tra architettura, urbanistica ed ecologia, assumono rilevanza scientifica nel secondo dopoguerra (si ricordano le personalità di E. P. Odum e Ian Mc Harg) e si impegnano a sviluppare strumenti e metodologie per il controllo dei rapporti tra ambiente e organismi. Questa tendenza nasce, non solo in corrispondenza dei movimenti ambientalisti e del dibattito sul cambiamento climatico, ma anche in seguito alla crisi industriale e alla messa in discussione del modello moderno.

Il concetto di natura in città e gli studi sul rapporto tra sistemi urbani e sistemi verdi hanno origine nella storia della teoria urbana. Il concetto di verde subisce un'evoluzione progressiva e una costante rivalutazione delle funzioni che assume all'interno dell'insediamento. La prima evoluzione significativa risale al XVIII secolo quando gli studi sull'arte dei giardini e sulla loro composizione geometrica, vengono abbandonati per riportare i sistemi verdi a forme più naturalistiche e tentare di ricostruire, all'interno dei tessuti urbani, parti di campagna e aree apparentemente incontaminate (i cosiddetti giardini all'inglese). Verso la fine del '700 la progettazione del verde entra nel vocabolario dei costruttori dell'urbano attraverso una regolamentazione delle sue forme (parco urbano, giardini formali e viali alberati), ma rimane privilegio delle classi più ambienti. In seguito, i grandi piani urbanistici dell'800 rivoluzionano il concetto di verde che, insieme

**Il paesaggio nel
XVIII secolo**

alla rete stradale e all'edificato, diventa componente strutturale per la costruzione della futura espansione della città (es. i boulevard Parigini di Haussmann aprono la città alla percezione del paesaggio e costituiscono gli assi del futuro insediamento). Parallelamente alla ristrutturazione delle città europee, sono di grande rilievo le realizzazioni paesaggistiche di F. L. Olmsted in America, il quale infatti introduce una visione del verde che va aldilà della sua funzione più utilitaristica di abbellimento o arredo urbano, considerandone gli aspetti igienico-sanitari e realizzando parchi e sistemi di parchi che assumono importanza territoriale.

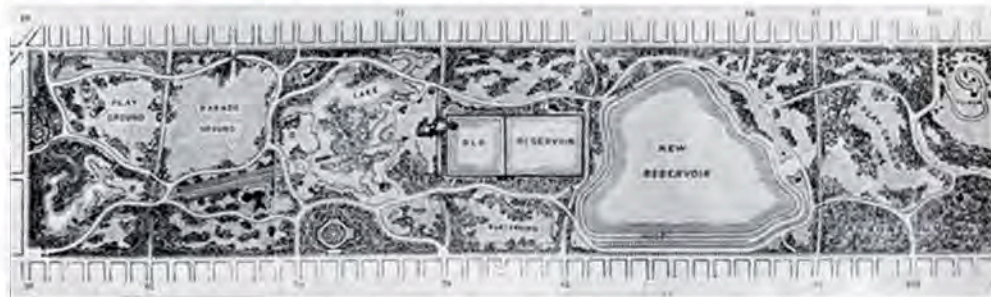


Fig 01: *Central Park*, il progetto di F. L. Olmsted per il parco nella città di New York

Questo processo di consapevolezza si accentua con lo sviluppo delle città industriali: i movimenti *culturalisti*, ipotizzando schemi urbani che riprendono le teorie utopistiche di Godin, Owen e Fourier, propongono l'idea della città giardino. Tra i teorizzatori più importanti E. Howard propone un'integrazione della città con la campagna, per superare i contrasti sociali e introdurre un'idea di collettività del verde pubblico. L'idea ebbe grande successo e il diagramma sviluppato da Howard venne applicato a diversi contesti.

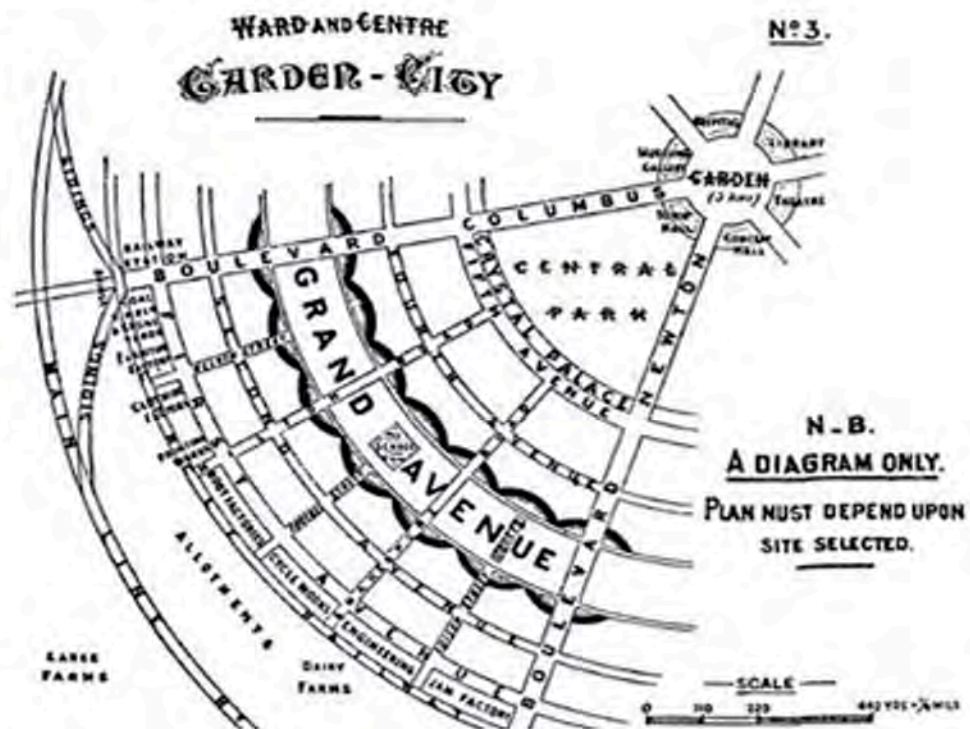


Fig 02 : Diagramma della città giardino, E. Howard

All'inizio del '900 si assiste ad un passaggio decisivo, che influenzerà la produzione urbanistica di un intero secolo. La consapevolezza delle funzioni igienico-sanitarie e socio-culturali del sistema del verde urbano determina lo sviluppo di un approccio quantitativo e meccanicista al progetto di inserimento del verde nei piani urbanistici. Si giunge all'introduzione dello *standard* come strumento di controllo del progetto urbano e all'abbandono dei criteri di studio delle reciprocità funzionali tra l'ambiente e l'individuo. Nel periodo che copre la prima metà del '900, la produzione e la realizzazione di piani urbanistici è ampia, e spesso viene ribadito il concetto di spazio aperto indifferenziato, una pianta libera di scala territoriale in cui l'uomo viene schiacciato dall'impotenza della sua dimensione minima.

Il paesaggio nel XX secolo

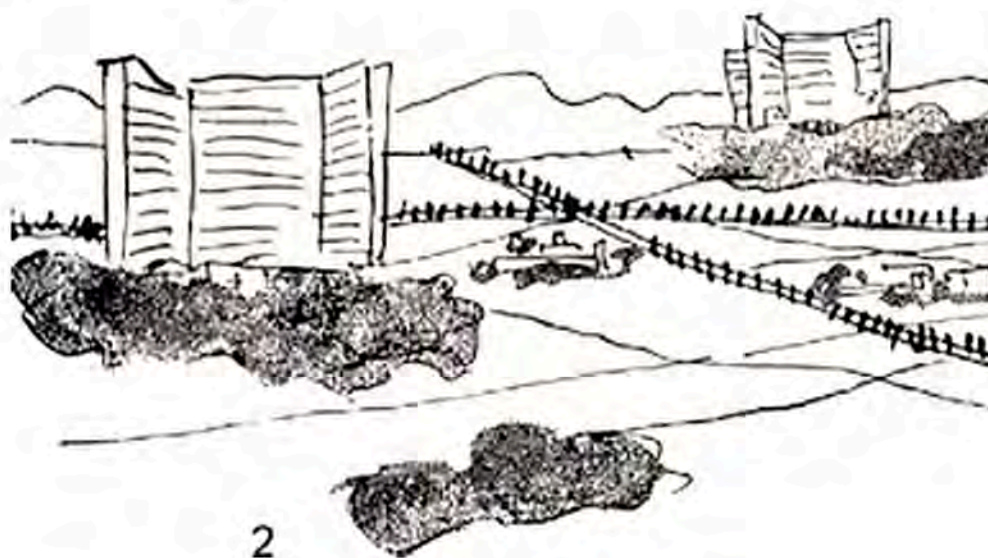


Fig. 03 : la ville radieuse, Le Corbusier

Dalla fine degli anni '60, si assiste alla reinterpretazione del progetto urbano, cercando di superare l'approccio razionalista che, nell'astrarre all'estremo il metodo, aveva spezzato i legami tra gli elementi del progetto, isolando l'edificio dall'ambiente, l'ambiente dallo spazio aperto, lo spazio aperto dall'uomo. Riemerge con forza l'attenzione al *genius loci* e la disciplina dell'urbanistica si arricchisce di nuove tematiche e influenze ambientaliste. In questi anni nascono nuove metodologie di progettazione basate su un approccio sistemico, con lo scopo di raggiungere una sintesi tra l'antropico e il naturale. In questo quadro emerge, con sempre maggiore forza, il tema dello spazio pubblico come principio fondatore del progetto urbano e di architettura. La ritrovata coesione tra costruito e non costruito, tra urbanistica e paesaggio, impone una transdisciplinarietà della questione urbana. Si assiste quindi alla nascita di nuove discipline, la progettazione ambientale e l'ecologia urbana ne sono un esempio. Dagli anni '80 tali discipline iniziano a dare frutti e le esperienze europee sopra elencate ne sono un tangibile esempio. In particolar modo l'approccio al verde urbano non è più secondario o di abbellimento, ma strutturale e integrato al piano urbanistico. Nel tentativo di riuscire in questa sintesi nascono nuovi sodalizi, come per esempio nel caso di Lione, il paesaggista M. Devigne insieme all'urbanista F. Grether.

Il paesaggio nel XXI secolo

Il paesaggio diventa un metodo di pianificazione multiscalare, e lo spazio pubblico diventa elemento fondativo di progetto. Si delinea un paesaggio urbano, sistema ipercomplesso di componenti storico-culturali, socio-economiche, eco-ambientali e biologiche. Lo spazio aperto diventa struttura di tale paesaggio quando è capace di catalizzare le molteplici esigenze delle comunità che lo vive, offrendo una visione

processuale della città e una flessibilità di programmazione, come accade per il parco della Villette, progettato da OMA, nel quale il sistema paesaggistico diventa supporto all'indeterminatezza della trasformazione futura e garanzia di equilibrio socio-ecologico.

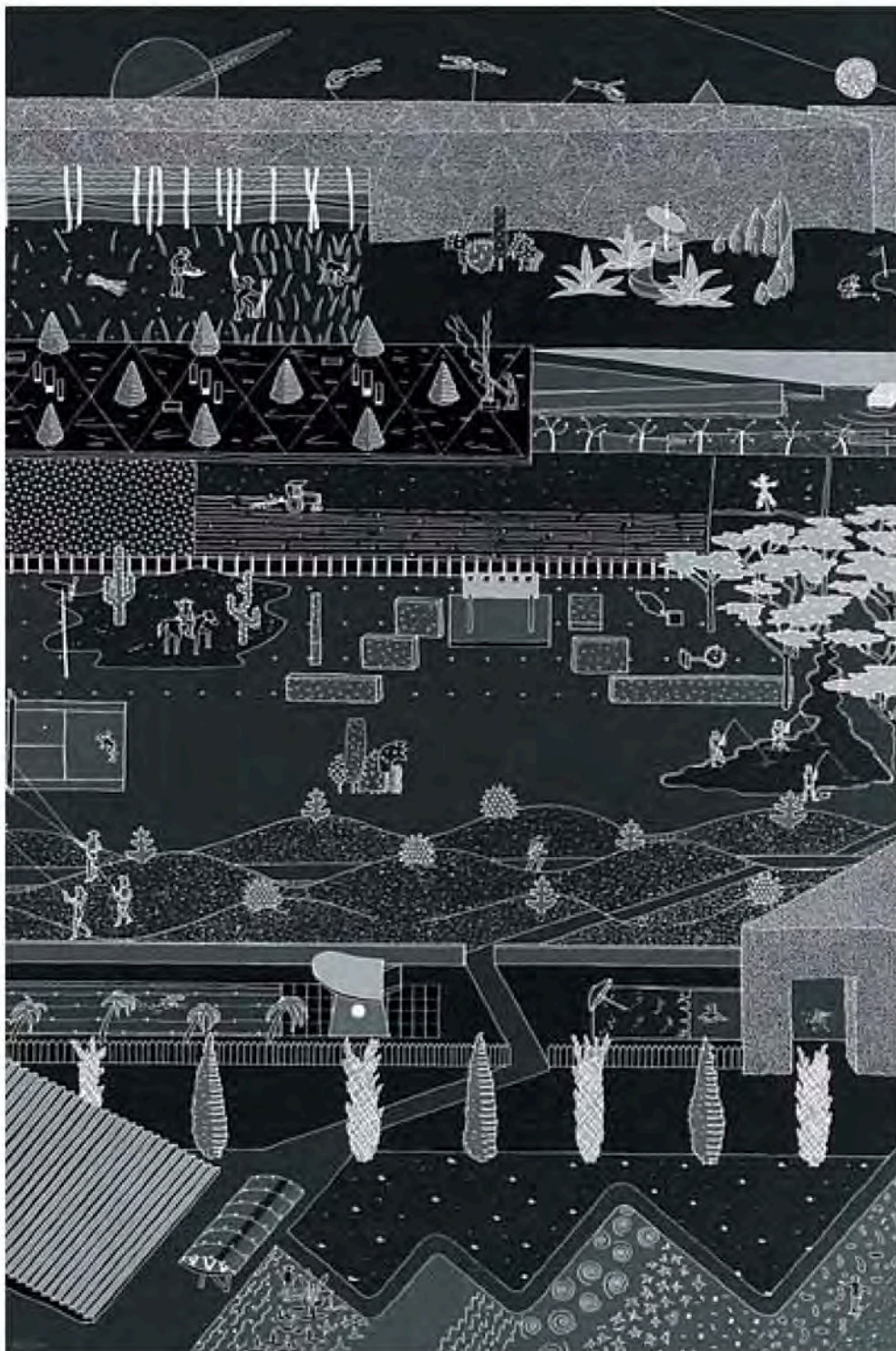


Fig. 04: Parc de la Villette Competition, 1982 (fonte: OMA)

Il tempo diventa così una categoria progettuale. Si progettano processi, tramite l'osservazione diretta dei luoghi, esaltandone le potenzialità attraverso una qualità diffusa

dello spazio aperto. È proprio questa capacità di osservare un luogo e di trovarne gli elementi di valore, una delle caratteristiche del metodo progettuale sviluppato da chi lavora con il paesaggio.

Questa metodologia emerge chiaramente in uno dei progetti forse più famosi (e più pubblicati) degli ultimi anni: l'*High Line Elevated Parkway*, riqualificazione di un brano abbandonato di una ferrovia sospesa, che attraversa parte della penisola di Manhattan, a New York. Già la storia del progetto è degna di nota: l'infrastruttura, costruita negli anni '30 e abbandonata cinquant'anni dopo, sarebbe stata demolita, se un comitato spontaneo di cittadini (*Friends of High Line*) non si fosse opposto all'abbattimento, proponendo, al contrario, di recuperarla per farne un parco lineare. L'amministrazione viene convinta nel 2002 quando, da una parte si rende effettivamente conto del valore che può avere uno spazio del genere per l'intera comunità, ma soprattutto quando un'analisi economica sul progetto, sviluppata nello stesso anno, mostra come l'aumento di valore sulle rendite, e quindi sulle tassazioni, scaturito dall'intervento pubblico per la riqualificazione dell'intera linea ferroviaria, avrebbe, di fatto, permesso di pagare l'intera opera. Nel 2004, dopo una fase concorsuale, il progetto viene affidato al paesaggista James Corner, in collaborazione con lo studio Diller Scofidio + Renfro.

Al momento di iniziare la progettazione per la trasformazione dell'infrastruttura in parco, la ferrovia si presenta come un nuovo sorprendente paesaggio, immortalato dalle bellissime fotografie di Joel Sternfeld. La natura, nel corso di più di vent'anni di abbandono, aveva, infatti, spontaneamente rinaturalizzato tutta l'area. E in questo paesaggio naturale, costituito spontaneamente da quelle che vengono chiamate le *piante pioniere*, Corner trova l'ispirazione per la definizione del nuovo progetto. L'*High Line Parkway* diventa così una *promenade* in un paesaggio ibrido, che da una parte mantiene il fascino, i colori, la memoria del paesaggio spontaneo e della ferrovia, dall'altro prevede tutte quelle attrezzature necessarie alla definizione di uno spazio pubblico di qualità: le sedute seguono i binari, che a volte spuntano tra le alte erbe, a volte definiscono semplicemente tracce nella pavimentazione, gli spazi più ampi diventano piazze immerse nel verde o ribassate e vetrate verso la città, la passeggiata sopraelevata diventa un nuovo dispositivo urbano per osservare NY da un altro punto di vista, l'intero progetto diventa un esempio di potente riqualificazione di uno spazio interstiziale abbandonato, simbolo di una nuova interpretazione della città e di un ritrovato legame con la natura. Ad oggi, l'HL è uno dei luoghi pubblici maggiormente vissuto dai cittadini e dai turisti in visita nella grande mela.



Fig 05: stato di fatto della ferrovia al momento del concorso (fonte: Sternfeld)



Fig 06: il sistema del verde e delle sedute

L'esperienza francese

A partire dagli anni '80, il progetto dello spazio pubblico diventa, quindi, il cuore della ricerca di molti paesaggisti, provenienti soprattutto dalle scuole inglesi e francesi, che trasferiscono concetti e approcci del paesaggio dalla scala territoriale a quella urbana, andando a riempire quel vuoto lasciato da architetti e pianificatori urbani, che a partire dagli anni '60, concentrandosi molto di più sulla progettazione del costruito, avevano tralasciato la progettazione dello spazio pubblico.

M. Corajoud è tra i primi progettisti francesi a fare del paesaggio, e quindi dello spazio pubblico, il tema centrale della propria ricerca. Formatosi alla École nationale supérieure des arts décoratifs, inizia la propria carriera da Bernard Rousseau, si diploma come paesaggista presso il Ministero dell'Agricoltura, collabora prima con Jacques Simon e poi nell'Atelier d'Urbanisme et d'Architecture (AUA), fino al 1975 quando fonda il proprio studio associato.

Il suo approccio al paesaggio è chiaro ed innovativo. Se infatti fino agli anni '70, i paesaggisti francesi venivano da una scuola di orticoltura e non avevano competenze sulla città, e più in generale, di architettura, Corajoud propone un'idea di paesaggio differente, secondo la quale il lavoro dei paesaggisti sugli spazi interstiziali della città deve essere un forma di ingresso all'architettura, dove il legame tra gli edifici e gli spazi esteriori che essi definiscono è definito da una comunità di intenti, ovvero la qualità per gli utenti che vivono la città. E tutto questo deve essere realizzato con gli strumenti del paesaggista, ovvero la natura.

L'approccio del paesaggista è evidente in tutte le sue opere. Di particolare interesse è il progetto di riqualificazione delle banchine industriali del fiume Garonna nella città di Bordeaux. Quando il paesaggista partecipa al concorso, le banchine si presentavano semplicemente come un'unica superficie di cemento, retaggio della loro funzione di deposito del porto commerciale. Il progetto proposto è semplice: riportare la natura, e l'ombra, all'interno di uno spazio urbano, reinterpretando così il rapporto tra natura e città per costruire habitat confortevoli. Realizzato nel 2009, oggi il lungo fiume è diventato uno degli spazi più attrattivi della città di Bordeaux: una promenade immersa nella natura, disegnata geometricamente per riprendere le trame dei campi agricoli della vicina campagna, mette in connessione luoghi di sosta, ombreggiati e protetti dalla strada, e il nuovo trasporto pubblico, perfettamente integrato nel progetto. Il cuore del progetto è *Place miroir*, una superficie di acqua, realizzata da erogatori puntuali, che ridefinisce un legame percettivo e fisico con la sponda del fiume. Il progetto definisce così una forte rinaturalizzazione di una parte della città e migliora aspetti ambientali (gestione del ciclo dell'acqua, ecc.), economici (attrazione turistica, ecc.), sociali (luogo di incontro, ecc.).



Fig 07 : lungo fiume di Bordeaux

Il paesaggio, e la sua rilettura all'interno della città, è il cuore dell'attività di ricerca sviluppata da Gilles Clément nel corso di questi ultimi '30 anni. Il paesaggista francese, formatosi come ingegnere orticoltore nel 1967 e come paesaggista nel 1969, ha introdotto, all'interno delle metodologie di progettazione del paesaggio, alcuni concetti fondamentali, individuati nello studio di testi storici di giardinaggio (Pierre-Henri de Valenciennes 1779 , William Robinson 1870, ecc.) e poi applicati nel corso della sua lunga esperienza di sperimentazione sul campo. Tali concetti sono stati poi espressi in tre pubblicazioni fondamentali: *Manifesto del Terzo paesaggio* (2005), *Il giardiniere planetario* (2008), *Il giardino in movimento* (2011).

La filosofia che costruisce il paesaggista francese stravolge l'approccio metodologico al paesaggio. Invece di relegare le piante in un luogo specifico ed estremamente progettato, Clément, quando afferma che il giardiniere «deve lasciare campo libero» alla natura stessa affinché possa trovare le migliori condizioni per la propria sopravvivenza, ridefinisce in generale il ruolo del giardiniere, e quindi del paesaggista. In questo modo, i giardini diventano davvero *giardini naturali* che si ridisegnano nel corso delle stagioni e degli anni, come accade nel *terzo paesaggio*, il corrispettivo naturale della terza categoria del mondo rinascimentale francese (le prime due, privilegiate, erano il clero ed i nobili), quella appunto meno privilegiata, ma più numerosa. Il terzo paesaggio diventa il luogo nel quale la natura stessa decide il proprio equilibrio, senza aiuto né del giardiniere, né del agricoltore, né del tradizionale paesaggista. Sono i luoghi incolti, marginali, abbandonati, senza attenzione antropica, i margini delle strade, dei fiumi, i luoghi però con il maggior indice di biodiversità, appunto perché trascurati dall'uomo. Il terzo paesaggio diventa, inoltre, il luogo della possibilità e del cambiamento, della trasformazione e del *movimento*, espressione dei reali fenomeni che accadono effettivamente in natura. I suoi progetti definiscono, quindi, una visione di un giardino dinamico, all'interno del quale il protagonista (verrebbe da dire quasi, il progettista) è la natura e non il giardiniere, che deve invece fare solo il suo semplice lavoro, ovvero il «fare il più possibile assieme, ed il meno possibile contro», assecondando così le trasformazioni naturali. Secondo il paesaggista francese, viviamo in un *giardino planetario*, ovvero un pianeta che è una sorta di grande giardino senza muri e confini, che non è altro che la *biosfera*, un mondo

spazialmente e voltimetricamente finito e limitato, occupato da giardinieri (l'umanità) più o meno capaci e responsabili.

Quest'ultimo concetto evidenzia come l'essere umano debba prendersi cura a livello globale della terra, cercando di assecondarne i processi naturali, senza stravolgere, con il proprio intervento o la propria impronta, le dinamiche di equilibrio che si sono costruite nel corso dei millenni. Il progetto del paesaggio diventa, così, l'ambito all'interno del quale diventa possibile gestire questi processi complessi nel migliore dei modi e, lo spazio pubblico, il luogo del riequilibrio tra il sistema antropico e quello naturale, con un conseguente miglioramento diffuso di qualità ambientale, sociale ed economica dell'intero sistema.

L'approccio teorico del paesaggista diventa poi la metodologia di lavoro che applica in tutti i suoi progetti. Così, ad esempio, quando si trova a progettare il parco Henri-Matisse, nella città di Lille, definisce, sull'isola artificiale di Derborence, un bosco inaccessibile alle persone, un luogo lasciato alla natura, affinché possa svilupparsi secondo le proprie regole.



Fig 08 : l'isola artificiale di Derborence accoglie un frammento di *terzo paesaggio* (fonte: Clément)

I due paesaggisti francesi pocanzi citati, con le loro ricerche, i loro progetti ed il loro insegnamento, hanno definito una scuola di paesaggio, che via via ha formato molti di quei paesaggisti che oggi lavorano, come professionisti o all'interno delle unità speciali pubbliche (come ad esempio l'*Unité des Arbres et Paysages* della *Grand Lyon*), sullo spazio urbano aperto delle città francesi, definendo normative specifiche e buone pratiche progettuali capaci di attivare quei processi di rinaturalizzazione e di vegetalizzazione necessari alla ridefinizione di una qualità sociale, ambientale ed economica dello spazio pubblico.

Il breve quadro mostra come, nelle recenti trasformazioni degli spazi urbani aperti, il paesaggio stia assumendo un ruolo sempre più importante. Le ricerche internazionali citate, la convenzione europea sul paesaggio, l'attenzione di alcune amministrazioni su tali tematiche (che comporta il coinvolgimento di paesaggisti nella definizione degli strumenti urbani e nelle sperimentazioni conseguenti), l'attività degli architetti che, soprattutto in fase concorsuale, vede il coinvolgimento e la collaborazione con i paesaggisti, sono testimonianze che sottolineano appunto questa tendenza. Forse, il vero valore di quest'approccio, sta proprio nelle parole di Gilles Clément: cercare di fare il più possibile assieme. In questo caso, assieme, appunto, all'ambiente naturale.



Fig. 09 : esempio di rinaturalizzazione, Lione

UN PROBLEMA SPECIFICO: IL SURRISCALDAMENTO URBANO

1. IL FENOMENO SCIENTIFICO
2. SURRISCALDAMENTO URBANO ED ESSERE UMANO
3. SISTEMI TECNOLOGICI PER IL CONTROLLO DELLO STRESS TERMICO NEGLI SPAZI URBANI APERTI



Il terzo capitolo introduce un'ulteriore limitazione di campo di indagine, descrivendone le motivazioni specifiche. Di quel ampio quadro di problematiche, descritto all'inizio del presente lavoro, infatti, la ricerca affronta un problema specifico, il surriscaldamento urbano, definendo il fenomeno fisico dell'*isola di calore* (UHI), descrivendone le cause (incremento delle temperature medie annue a livello globale, aumento di superfici impermeabili, incremento del calore antropogenico, diminuzione del calore latente, ecc.), analizzandone gli effetti (aumento del consumo di energia, incremento inquinamento ambientale, ecc.), e proponendo alcune possibili strategie di mitigazione (incremento delle superfici alberate, ecc.).

Il capitolo sottolinea come le soluzioni applicate per la mitigazione dell'isola di calore, possano incidere positivamente anche su altre problematiche generali (ciclo delle acque, inquinamento ambientale, ecc.), dimostrando come l'argomento trattato sia una tematica sempre più interessante ed attuale. In particolare, tra i possibili effetti negativi legati all'UHI, anticipando quanto verrà meglio descritto nel capitolo successivo, si definisce un'ulteriore limitazione all'ambito della ricerca, introducendo il concetto del comfort termico negli spazi aperti. È infatti questo un tema di grande interesse per le sue molteplici ricadute positive sulla qualità dell'intero sistema urbano.

Il capitolo si conclude con la descrizione di alcune esperienze di progettazione che fanno del comfort termico negli spazi aperti urbani uno dei principali obiettivi progettuali. Dall'analisi di questi casi di buona pratica, sono stati selezionati, classificati e catalogati i principali sistemi tecnologici applicabili oggi per la progettazione degli spazi aperti.

1. IL FENOMENO SCIENTIFICO

Il primo capitolo ha permesso di definire un inquadramento generale della relazione tra ambiente e insediamenti urbani, mettendo in evidenza, in un quadro sinottico, le principali problematiche che oggi affliggono le città ed i territori sui quali esse sorgono. Il secondo capitolo ha evidenziato come lo spazio urbano aperto possa, attraverso processi di rinaturalizzazione, mitigare o risolvere parte di quelle problematiche evidenziate.

Il presente capitolo tratterà specificatamente di una delle problematiche evidenziate: il surriscaldamento urbano. Questo approfondimento va inteso, ai fini della comprensione della metodologia di ricerca, come una necessaria limitazione del campi di indagine.



Fig 01: alcuni bambini giocano con l'acqua per vincere la calura estiva a Place de la Bourse, Bordeaux

DEFINIZIONE, CAUSE ED EFFETTI

Definizione

Con il termine *isola di calore*, o *Urban Heat Island (UHI)*, si identifica quel fenomeno che porta ad un incremento della temperatura di un centro urbano rispetto alle aree rurali circostanti. Tale condizione, analizzata per la prima volta da Luke Howard nel 1818, è facilmente rilevabile confrontando semplicemente i dati delle temperature medie rilevate in un contesto urbano con quelli rilevati nella vicina campagna (ΔT_{ur}).

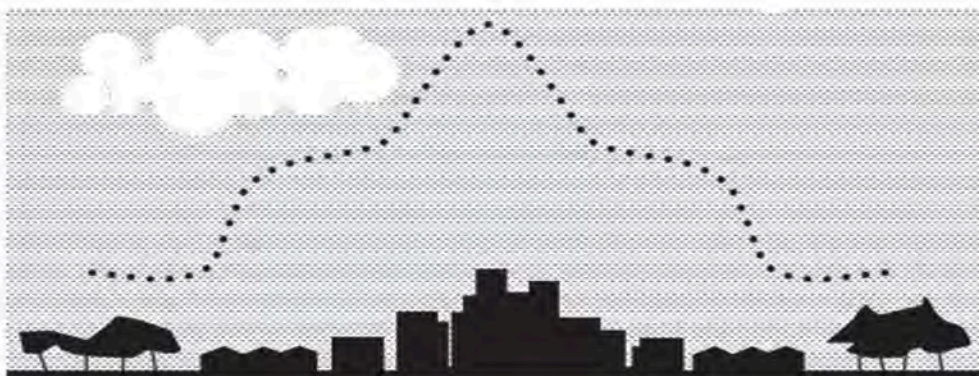


Fig 02: la curva rappresenta l'incremento delle temperatura che caratterizza il centro della città rispetto alla vicina campagna

Ad oggi si possono distinguere tre tipologie di UHI, a seconda del parametro preso in considerazione (Oke 1987, Bonafè 2006, Erell et al. 2011):

Tipologie

- differenza di temperatura della superficie o epidemica (*skin temperature* o *surface heat island* - SHI)
- differenza di temperatura dell'aria vicino alla superficie, al di sotto della altezza media degli edifici, ovvero nello strato della copertura urbana (*urban canopy layer* - UCL)
- differenze di temperature dell'aria al di sopra dell'altezza media degli edifici, ovvero nello strato limite urbano (*urban boundary layer* - UBL)

Solitamente l'isola di calore del primo tipo si rileva tramite immagini satellitari o aree nei canali dell'infrarosso. Le altre due invece vengono solitamente misurate con tradizionali termometri posti rispettivamente al di sotto e al di sopra della quota media degli edifici.



Fig 03: l'immagine rappresenta l'isola di calore della città di Londra, dove le parti più scure, parchi e Tamigi, rappresentano le zone con temperature inferiori (fonte: CESA)

Il fenomeno dell'UHI, riconducibile alle *differenze di bilancio energetico* che si verificano nel corso della giornata all'interno dei contesti urbani, è stato favorito dalle trasformazioni urbane che hanno caratterizzato le città a partire dalla rivoluzione industriale: l'espansione urbana apparentemente illimitata, la produzione industriale di fumi e vapori caldi, la diminuzione di superfici verdi all'interno dei centri abitati a favore di superfici calde, l'introduzione di superfici impermeabili per i mezzi di trasporto, l'incremento dell'uso dell'automobile sono alcune delle cause alla base di tale incremento.

Cause

Più precisamente, l'UHI è influenzata da:

- le caratteristiche fisiche delle superficie: i materiali utilizzati nelle aree urbanizzate rispetto alle aree rurali hanno differenti proprietà termiche (capacità e conduttività termica) e radiative (albedo ed emissività)
- la carenza di superfici naturali e di vegetazione, che sono state sostituite da superfici impermeabili e con un alto valore di capacità termica e bassi valori di albedo, come l'asfalto ed il cemento
- gli effetti geometrici, ovvero l'aumento, dovuto principalmente alla presenza di edifici, della superficie esposta alla radiazione solare, rispetto alla sola superficie piana (*urban canyon effect*)
- il flusso di calore antropogenico, ovvero il calore che deriva dalle attività umane e dai consumi energetici che esse comportano
- le elevate concentrazioni di aerosol, i quali possono modificare le proprietà

radiative dell'atmosfera (attenuando l'irraggiamento solare entrante, e riducendo l'irraggiamento infrarosso uscente)

Effetti

e porta al seguente comportamento tipico, (Oke 1995):

- durante il giorno, la prevalenza del flusso del calore sensibile rispetto al flusso del calore latente, dovuto alla impermeabilità dei suoli e alla mancanza di superfici verdi, riscalda la superficie urbana
- durante il pomeriggio il flusso del calore sensibile cala più gradualmente rispetto alle aree rurali limitrofe e di notte resta positivo
- durante la notte, il calore accumulato dalla città viene rilasciato, contribuendo ad alzare così le temperature
- il calore antropogenico, raramente causa principale, contribuisce ad alzare il livello delle temperature urbane rispetto ai contesti rurali

Questi effetti sono stati confermati recentemente, anche in termini di indici bioclimatici, da due studi condotti nelle aree urbane di Modena e di Bologna (Bonafè, 2005; Zauli Sajani et al. 2008).

L'isola di calore misura, in altre parole, la differenza tra il flusso di calore dalla radiazione solare netta (Q_s^*) e la somma dei flussi relativi al calore sensibile (Q_H), al calore latente (Q_E), al calore molecolare dal sottosuolo (Q_G), e può essere espressa con la seguente equazione (Oke 1976, Stull 1988):

$$-Q_s^* = Q_H + Q_E - Q_G$$

Il rapporto che si instaura tra flusso di calore sensibile e flusso di calore latente, che dipende dall'umidità disponibile nel suolo, dal tipo di suolo e dalla tipologia di superficie orizzontale, si definisce come rapporto di Bowen:

$$\beta = Q_H / Q_E$$

L'equazione di Stull, in presenza di contesti urbani, viene definita da altri due termini: il calore antropogenico (Q_F) e il calore immagazzinato durante il giorno (ΔQ_s), ovvero

$$-Q_s^* = Q_H + Q_E + Q_G + Q_F + \Delta Q_s$$

Il calore antropogenico non è altro che il calore prodotto dall'attività umana degli esempi pocanzi citati (attività industriale, traffico, ecc.), mentre il calore immagazzinato dipende dalla geometria e dai materiali utilizzati.

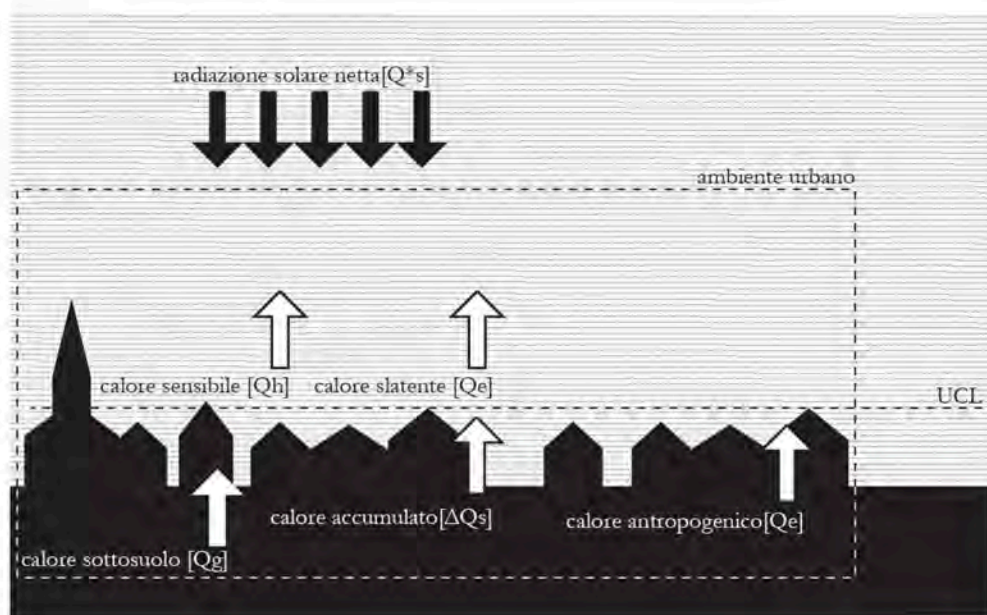


Fig. 04: L'immagine evidenzia i vari contributi dell'equazione di bilancio termico

Anche se fortemente influenzata dalle condizioni climatiche locali e dalla morfologia urbana, l'isola di calore porta ad una differenza di temperatura tra contesto urbano e contesto rurale che può essere quantificata mediamente in 1-3 °C durante il giorno, mentre può arrivare fino a 10 °C durante la notte. Il diverso grado di incidenza dell'UHI tra giorno e notte, è riconducibile ad una semplice dinamica climatica: a partire dal tardo pomeriggio, mentre le aree rurali circostanti si raffreddano per irraggiamento e lo strato superficiale si stabilizza sviluppando un'inversione termica, l'area urbana rilascia il calore che ha accumulato durante il giorno. Solo in tarda nottata, il sistema urbano comincia a raffreddarsi e ad avvicinarsi alle temperature rurali, per poi ricominciare il ciclo con la successiva alba.

L'incremento di temperatura del contesto urbano rispetto ai contesti circostanti favorisce inoltre, in condizioni di assenza di vento, l'insorgere di leggeri moti convettivi: l'aria calda al centro della città si alza e, creando una leggera depressione, favorisce una circolazione toroidale che porta aria dall'esterno. Se questo fenomeno permette una leggera circolazione d'aria negli strati bassi della città, è anche vero che distribuisce sulla città stessa e sul contesto limitrofo le sostanze presenti nell'aria (ad esempio, le sostanze inquinanti dei plessi industriali solitamente limitrofi al tessuto residenziale urbano).

Altro effetto dell'UHI è l'estensione dell'onda di calore rispetto alla città. Lo studio della UHI del terzo tipo, ovvero la UBL, ha mostrato come l'isola di calore si possa estendere in verticale fino a oltre 1000 metri di altezza ed in orizzontale per decine di chilometri definendo così il c.d. «pennacchio urbano», caratterizzato da un'aria più calda e secca, spesso più inquinata (Oke 1995).

L'isola di calore non incide solo sulle temperature ma anche su altri aspetti microclimatici, quali precipitazioni e fenomeni ventosi estremi. Alcune ricerche hanno mostrato come in alcune città le precipitazioni siano aumentate rispetto alla campagna circostante del 51% (Goddard Space Flight Center 2008).

Accanto ad effetti di carattere climatico, l'isola di calore, come già ricordato precedentemente, produce anche effetti sulla salute degli esseri umani. In particolare, l'incremento delle temperature urbane causa potenzialmente gravi danni allo stato di salute delle persone delle fasce più deboli, portandole in casi estremi, fino al decesso.

Un esempio di queste estreme conseguenze è stata l'ondata di calore che ha colpito l'Europa nel 2003, che ha portato alla morte di ben 35000 persone, soprattutto anziani e malati, che non hanno retto l'eccessivo caldo (Kosatsky 2005). La gravità del problema è confermata da alcune stime americane altrettanto allarmanti, secondo le quali circa mille persone ogni anno muoiono per l'eccessivo calore. Una ricerca recente ha poi messo in luce come questo dato debba essere riletto alla luce del contesto culturale delle diverse città: da uno studio statistico emerge come, a parità di condizioni di caldo, il tasso di mortalità sia maggiore in città solitamente non calde, come Chicago o New York, rispetto a città come Miami, nelle quali l'acclimatamento rende maggiormente capaci di sopportare il caldo (Davis R 2003).

Un altro effetto negativo dell'isola di calore urbano è l'incremento di energia richiesta per rinfrescare gli ambienti domestici, commerciali, lavorativi, ecc. durante i caldi periodi estivi. A partire dagli anni '80 l'*Heat Island Group* di Los Angeles ha cominciato a studiare questo fenomeno per cercare di comprenderne quale fosse l'effettivo costo economico a carico di cittadini ed amministrazioni. Le diverse ricerche condotte hanno mostrato come effettivamente i costi di gestione dovuti all'incremento di temperatura fossero altissimi: si stima che, ad esempio, nella sola Los Angeles, i costi per il raffrescamento degli edifici dovuto all'incremento delle temperature urbane rispetto a quelle rurali superino i 100 milioni di dollari (Chang 2000). Se è vero che nei climi caldi mediterranei l'isola di calore sta diventando sempre più un problema è altrettanto vero che, nelle città caratterizzate da climi generalmente più rigidi o comunque continentali (estati calde ed inverni rigidi), questo fenomeno permette di contenere in parte i costi di gestione del riscaldamento degli edifici. Alcune recenti ricerche, però, hanno messo in luce come negli ultimi anni i costi di gestione legati al raffrescamento estivo abbiano superato i costi legati al riscaldamento invernale e di come, in conclusione, l'isola di calore vada letta sempre più come un problema ambientale da affrontare urgentemente e che, se sono vere le previsioni di surriscaldamento urbano previste per il prossimo secolo, sempre di più inciderà sui costi economici, ambientali e sociali delle nostre città.

Quelli fin qui descritti sono solo alcuni degli aspetti e delle possibili conseguenze negative che l'isola di calore ha sull'ambiente urbano e sui suoi abitanti. Nelle prossime pagine verranno analizzate alcune modalità per la mitigazione dell'isola di calore e gli effetti di queste azioni su quel più ampio quadro di problematiche generali descritte nel primo capitolo.

MITIGAZIONE DEGLI EFFETTI DELL'ISOLA DI CALORE

L'isola di calore definisce un particolare comportamento termico del tessuto urbano rispetto alla limitrofa campagna, dovuto ad una peculiare alterazione del bilancio energetico urbano rispetto a quello rurale. La mitigazione di tale fenomeno non può non passare proprio da quei parametri che incidono sull'equazione del bilancio termico stesso, ovvero:

- Riduzione del flusso di calore immagazzinato dal tessuto urbano e/o della radiazione solare netta

Il principale fattore di surriscaldamento urbano è la radiazione solare netta, che come già descritto precedentemente, viene trattenuto dal tessuto urbano per via delle sue proprietà morfologiche (rugosità) e fisiche (materiali caldi).

È possibile controllare il flusso di calore, quindi, modificando le geometrie dell'edificato o il rapporto tra altezza e larghezza del canyon stradale, favorendo

l'ombreggiamento, introducendo superfici di schermatura capaci di riflettere la radiazione solare, modificando le superfici degli edifici e migliorando la coibentazione termica, privilegiando superfici fredde (materiali con un alto albedo), ecc.

- Riduzione del rapporto di Bowen

Il rapporto di Bowen indica la quantità di flusso di calore sensibile trasformato in flusso di calore latente. Ad un basso valore dell'indice corrispondono quegli ambienti che meglio riescono ad assorbire la radiazione solare, mitigando così l'effetto dell'UHI. È possibile conseguire tale risultato, incrementando le superfici verdi e permeabili (giardini, parchi, orti urbani, superfici verdi carrabili, pareti verdi, tetti giardino, ecc.) rispetto a quelle impermeabili (asfaltato, cemento e più in generale tutte le superfici bituminose che solitamente caratterizzano le chiusure orizzontali degli edifici), aumentando il numero di alberature e /o la superficie coperta da esse, diminuendo così la percentuale di radiazione solare assorbita direttamente dalle superfici urbane, incrementando il numero delle superfici umide e favorendo, in sintesi, tutti quei processi di rinaturalizzazione dei centri urbani che portano al rafforzamento delle reti ecologiche.

- Riduzione del calore antropogenico

Il calore antropogenico, ovvero quella quota di calore prodotto dall'attività umana, può essere ridotto diminuendo i consumi di energia elettrica, riducendo il traffico veicolare a favore di una mobilità pubblica o leggera, riducendo i consumi per il raffreddamento o riscaldamento domestico, ecc., ovvero andando ad incidere su tutti quei comportamenti umani che sono responsabili oggi di un inutile produzione di calore urbano.

Molteplici ricerche hanno indagato questo tema, cercando di comprendere come i parametri pocanzi citati possano mitigare l'isola di calore urbano (Oke 1988, Akbari 1995, Taha 1997, Givoni 1997, Santamouris et al. 1999, Shashua –Bur et Hoffman 2000, Akbari et al. 2001, Chan et al. 2001, Doulos et al. 2004, Ali-Toudert 2005, Kobayashi 2005, Bonafè 2006, Jansson et Gustafsson 2007, Matzarakis 2007, Shashua-Bar 2011, Shahidan et al. 2012, Yang 2013, Wei et al. 2013, ecc.).

Senza entrare nello specifico delle singole ricerche, (si rimanda tale trattazione all'apposita sezione all'interno del presente lavoro), possiamo osservare come, nell'insieme, queste ricerche abbiano confermato la capacità dei parametri pocanzi citati (morfologia urbana, proprietà fisiche dei materiali, ecc.) di incidere sull'isola di calore, e quindi sul microclima urbano, e hanno sottolineato in particolare l'importanza della vegetazione nel controllo dell'equazione di bilancio termico.

Le prossime pagine evidenzieranno come l'applicazione di alcuni dei sistemi tecnologici per il controllo dell'isola di calore (ad esempio alberature, sistemi umidi, ecc.) abbia effetti positivi anche su altre problematiche urbane generali.

ISOLA DI CALORE E PROBLEMATICHE URBANE GENERALI

Il capitolo introduttivo della presente tesi ha messo in evidenza come il recente sviluppo urbano sia una delle cause principali della «perdita di quei caratteri che non solo rendono appetibile la città, ma che sono alla base della vita umana» (Indovina 2005) e ha definito un quadro sinottico di tali problematiche, riconducendole alle tre grandi categorie intrinseche al concetto di sviluppo sostenibile: problematiche ambientali, problematiche

sociali, problematiche economico-istituzionali.

Il successivo capitolo, evidenziando come attraverso un attento progetto dello spazio urbano aperto sia possibile risolvere parte di quelle problematiche pocanzi descritte, ha definito una prima limitazione all'ambito della ricerca.

Tra tutte le problematiche descritte, poi, si è deciso di focalizzare l'attenzione sull'isola di calore. Nelle pagine precedenti abbiamo raccontato, infatti, il ruolo che tale fenomeno assume all'interno delle dinamiche urbane, parte delle ricadute negative che esso ha sull'intero sistema urbano e alcune delle metodologie e dei sistemi tecnologici che possono essere adottati per mitigarne gli effetti.

Diventa interessante analizzare in questa sede le possibili ricadute positive, derivanti dall'applicazione di determinati sistemi tecnologici utilizzati per mitigare l'UHI, sulle altre problematiche generali. Appare evidente, dagli esempi presenti nelle pagine precedenti, come l'applicazione di un determinato sistema tecnologico, non incida solo sul fenomeno specifico dell'isola di calore, ma abbia ricadute (positive o negative) su tutto quel complesso sistema di problematiche pocanzi descritto. Si consideri ad esempio la piantumazione di alberi in un determinato contesto urbano: tale soluzione, se da una parte permette di mitigare l'isola di calore, dall'altra ha ricadute positive sul comfort termico outdoor, sulla gestione del ciclo delle acque, sull'inquinamento atmosferico e quindi sulla salute dell'essere umano, sulla qualità percettiva degli ambienti urbani, ecc. Per quanto semplice, l'esempio portato prova ad evidenziare quelle relazioni complesse che danno origine ai c.d. *comportamenti emergenti*, ovvero a quei comportamenti dei sistemi complessi che derivano soprattutto dalla relazione tra le diverse parti che lo compongono e che devono essere sempre tenuti in considerazione per la valutazione della qualità di un sistema abitato. È proprio la consapevolezza dell'esistenza di tali comportamenti che porta a ragionare sulla interrelazione tra i diversi sistemi tecnologici applicabili per il progetto degli spazi aperti per la mitigazione dell'isola di calore e sulle problematiche urbane generali. Lo studio di diversi testi di letteratura scientifica (si rimanda alla bibliografia specifica per la definizione dei testi presi in considerazione) ha portato alla definizione di una tabella in grado di definire un quadro sintetico delle problematiche generali urbane e di come parte di esse possano effettivamente essere risolte (o mitigate) dall'applicazione proprio di quei sistemi tecnologici di cui si parlerà in maniera più approfondita nelle prossime pagine.

1. SFERA ECONOMICO - ISTITUZIONALE - TECNOLOGICA		Incidenza Sist. Tecn.
problematiche	obiettivi generali	
Difficoltà economica della trasformazione urbana	Procedure agevolate	
Difficoltà economica della trasformazione urbana	Coinvolgimento enti privati	
Difficoltà economica della trasformazione urbana	Valutazioni di sostenibilità	•
Difficoltà economica della trasformazione urbana	Gestione partecipata	•
Mancata od erronea gestione dei beni pubblici	Ottimizzazione della manutenzione	
Comportamenti non sostenibili	Politiche informative	•
Gestione ciclo produttivo	Gestione integrata e sostenibile	•
Complessità delle problematiche	Integrabilità	•
2. SFERA SOCIALE		Incidenza Sist. Tecn.
problematiche	obiettivi generali	
Frammentazione	Accessibilità	•
Monofunzionalità	Mixité di programma	•
Insicurezza urbana	Vitalità e sicurezza 24/7	•
Diffusione urbana	Densità abitativa	
Degrado paesaggistico	Tutela dei valori estetici e naturalistici dello spazio urbano	•
Uniformità territoriale	Tutela dei valori identitari dello spazio urbano	•
Inadeguatezza insediamento urbano	Qualità urbana	•
Inadeguatezza unità abitativa	Qualità alloggio	•
Inadeguatezza componente edilizia	Qualità dei materiali	•
Problematiche ambientali negli spazi aperti	Comfort ambientale	•
3. SFERA AMBIENTALE		Incidenza Sist. Tecn.
problematiche	obiettivi generali	
Antropizzazione	Rinaturalizzazione	•
Antropizzazione	Biodiversità	•
Interruzione della connettività ecologica	Rete ecologica	•
Inquinamento del suolo	Bonifica	•
Inquinamento dell'acqua	Depurazione	•
Inquinamento dell'aria	Riduzione inquinamento	•
Isola di calore	Controllo surriscaldamento urbano	•
Ciclo idrologico	Gestione integrata del ciclo dell'acqua	•
Ciclo dei rifiuti	Gestione integrata	
Ciclo dell'energia	Utilizzo energie rinnovabili	•
Ciclo dei materiali	Utilizzo materiali rinnovabili	•

Tab. 01: la tabella mostra un quadro sinottico delle problematiche urbane, degli obiettivi generali e dell'incidenza dei sistemi tecnologici applicati per il progetto degli spazi aperti

2. SURRISCALDAMENTO URBANO ED ESSERE UMANO

IL RUOLO DEL SURRISCALDAMENTO URBANO SULLA QUALITÀ DEGLI SPAZI URBANI APERTI

«Non è che mi lamenti. Questo posto mi piace. Ne sono completamente innamorato. Abitare in una città piccola. Voglio stare alla larga delle città grosse e dalle complicazioni sessuali. Calore. Ecco che cosa significa per me le città grosse. Si scende dal treno, si esce dalla stazione e si è presi dalla scalmana. Il calore dell'aria, del traffico, della gente. Il calore del cibo e del sesso. Il calore dei grattacieli. Il calore che esce dalla metropolitana e dalle gallerie. Nelle città grosse ci sono almeno cinque gradi di più. Il calore si leva dai marciapiedi e cala dal cielo inquinato. Gli autobus sbuffano calore. Emana dalle folle di acquirenti e impiegati. Tutta l'infrastruttura si basa sul calore, lo usa disperatamente, ne produce altrettanto. La definitiva morte per calore dell'universo, di cui gli scienziati amano parlare, è già ben avviata a verificarsi: in qualsiasi città di dimensioni grandi o medie si sente ovunque che si sta realizzando. Calore e umidità» (DeLillo 2005).

Le parole che Don DeLillo fa pronunciare al cinico personaggio Murry, nel suo capolavoro *White Noise*, descrivono perfettamente quell'atmosfera di caldo soffocante che si vive in alcune grandi città durante le sempre più calde estati. Tra le molteplici problematiche che oggi affliggono le città, infatti, il fenomeno dell'isola di calore sta assumendo dimensioni sempre più estese. Se da una parte l'isola di calore favorisce l'insorgere o l'incrementarsi di alcune di quelle problematiche già abbondantemente descritte (incremento numero di morti per eccessivo caldo, aumento consumi energetici, inquinamento atmosferico, ecc.), dall'altra incide negativamente sul clima urbano ed in particolare sul comfort termico negli spazi aperti. Questa condizione diffusa di stress termico, che caratterizza soprattutto quegli spazi aperti realizzati principalmente con materiali caldi (ad esempio, parcheggi e strade), è una delle principali cause di perdita di qualità dello spazio pubblico, inteso appunto come spazio aperto urbano (Nikolopoulou 2011).



Fig 01: L'immagine descrive la condizione di stress termico che caratterizza le città durante le sempre più lunghe e calde estati

La complessità del fenomeno trattato, il surriscaldamento urbano, e degli effetti negativi ad esso collegati, impongono una seconda limitazione del campo di ricerca. Avremmo potuto, ad esempio, analizzare gli effetti dell'isola di calore sui consumi energetici, o sull'inquinamento atmosferico, ma abbiamo deciso di focalizzare l'attenzione su un differente aspetto specifico: il comfort termico.

Affinché gli spazi pubblici tornino ad essere il luogo della socialità urbana, è necessario infatti che vengano nuovamente progettati per l'essere umano. In altre parole, che siano facili da vivere, capaci di supportare tutte quelle attività sociali di cui parla Gehl, accoglienti, sicuri, ecc., in sintesi, confortevoli. E la condizione termica è sicuramente una delle componenti principali del comfort ambientale.

La presente ricerca indaga quindi la relazione che si instaura tra essere umano e surriscaldamento urbano negli spazi urbani aperti, individua le componenti ambientali che incidono sul comfort termico, definisce come i sistemi tecnologici per il progetto degli spazi aperti, mitigando lo stress termico, possono incrementare il livello di benessere degli spazi pubblici.



Fig. 02: una strada ombreggiata nel centro di Bordeaux diventa il luogo per un improvviso gioco

3. SISTEMI TECNOLOGICI PER IL CONTROLLO DELLO STRESS TERMICO NEGLI SPAZI APERTI URBANI: ALCUNI ESEMPI

ALCUNE ESPERIENZE A CONFRONTO

Le pagine del capitolo precedente hanno descritto alcune buone pratiche, messe in atto da amministrazioni virtuose, per la lotta alle problematiche urbane generali: Barcellona, Lione e Zurigo, per rimanere all'interno del contesto europeo, sono infatti alcune di quelle città che hanno meglio lavorato sulle trasformazioni degli spazi pubblici, facendo, in particolare, della qualità degli spazi aperti uno dei principali obiettivi per uno sviluppo sostenibile (si ricorda titolo esemplificativo il *Plan Bleu* e il *Plan Vert* applicati dall'amministrazione di Lione).

Se le pratiche attuate da tali amministrazioni si sono dimostrate capaci di mitigare molteplici problematiche urbane contemporaneamente (gestione delle acque, inquinamento ambientale, ecc.), le prossime pagine descriveranno in modo più specifico quelle strategie e quei sistemi tecnologici applicati per il contenimento dell'isola di calore e per il miglioramento del comfort termico negli spazi aperti. Se una parte di questi sistemi tecnologici è già stata descritta nel racconto dei casi studio urbani, le prossime pagine descriveranno esperienze di ricerca e di progetto, di carattere nazionale ed internazionale, che puntualmente hanno affrontato il tema del comfort termico negli spazi aperti. L'analisi di queste esperienze, sommata a quelle già descritte nelle pagine sui casi studio urbani, permette di definire un'ampia casistica di esperienze progettuali di estremo interesse di quelli che sono i *sistemi tecnologici* che possono essere applicati oggi per il controllo del comfort termico nella progettazione degli spazi aperti.

YAP

Questo racconto non può non partire da una prima esperienza di grande interesse, che da diversi anni viene sviluppata dal museo del MOMA PS1 di New York e che recentemente ha visto la collaborazione di altri istituti artistici (il MAXXI di Roma, il CONSTRUCTO di Santiago de Chile e l'Istanbul Museum of Modern Art presso Istanbul): lo *YAP*, *Young Architects Program*. Il programma prevede una competizione, aperta a giovani architetti e ricercatori, per la realizzazione di un'installazione all'interno di uno spazio aperto di pertinenza del museo che ha indetto il concorso, che abbia come tema il sedersi, l'ombra e l'acqua. I progetti vincitori, solitamente opere a metà tra installazione artistica e progetto di architettura, vengono poi realizzati in loco e diventano parte degli spazi pubblici delle rispettive città. Il tema del concorso è, in sintesi, quello di progettare uno spazio aperto termicamente confortevole, capace di diventare attrattivo per i cittadini e capace di confrontarsi con i climi caldi delle rispettive città. La libertà progettuale lasciata ai concorrenti garantisce un forte tasso di sperimentazione che solitamente porta a proporre sistemi tecnologici innovativi, naturali o artificiali, capaci di interagire con l'ambiente termico e di creare nuovi paesaggi urbani.

Un primo esempio di queste installazioni è quella ha vinto l'ultima edizione della competizione (2013), *Party Wall*. La struttura progettata da CODA consiste in una parete sovradimensionata, un grande muro collocato al centro dello spazio aperto, che si trasforma in un grande dispositivo per il controllo della radiazione solare: il muro permette un'ombreggiatura dell'intero spazio aperto e allo stesso tempo attraverso nebulizzatori, ventilatori e giochi d'acqua permette di rinfrescare lo spazio esterno. Lo stesso muro diventa poi supporto per tutte quelle attività che possono avvenire nello spazio aperto: parete per le proiezioni, seduta, palco per le performance, ecc.



Fig 01: istallazione *Party Wall*, struttura generale e particolare sui nebulizzatori (fonte: YAP)

Presentato dallo studio HWKN, *Wendy*, progetto vincitore del 2012, è un altro esempio di sistema tecnologico innovativo e complesso. L'installazione, che vuol essere un indagine di quanto lontano possano essere spinti i confini dell'architettura al fine di creare effetti sociali ed ecologici, consiste in un oggetto tridimensionale fortemente iconico, che ricorda vagamente una stella. La struttura è realizzata da una maglia regolare tridimensionale di tubolari in acciaio e sorregge una tenda in nylon. I due elementi combinati permettono di costruire una forma stellata, realizzata da una molteplicità di tronchi di piramide tridimensionali. Le punte di questi elementi diventano poi i punti dai quali vengono nebulizzate particelle di liquido capace di abbattere la temperatura e neutralizzare l'inquinamento delle autovetture. Allo stesso tempo, *Wendy* diventa un dispositivo capace di portare ombra, produrre musica, vento, pioggia e ricreare una nuova identità visiva. Il progetto trasforma così uno spazio vuoto in un nuovo luogo sociale.



Fig 02: istallazione *Wendy*, struttura generale e alcuni particolari (fonte: YAP)

Se queste prime installazioni sono soprattutto strutture indipendenti, forti icone capaci di trasformarsi in dispositivi tecnologici *confortevoli*, le installazioni vincitrici nelle edizioni del 2011 e 2010 si caratterizzano per un approccio più sobrio, delicato, che dialoga maggiormente con il contesto.

Holding Pattern, installazione vincitrice nel 2011 e realizzata da Interboro Partners, è

una semplice copertura costituita da strette fasce bianche che, ancorandosi agli edifici preesistenti, ricrea un'atmosfera di ombra su uno spazio indistinto, che diviene così il supporto ideale per l'introduzione di tutte quelle strutture che tradizionalmente caratterino lo spazio aperto: sedute, alberature, orti, giochi per bambini, fontane, ecc.

Pole dance, installazione vincitrice nel 2010 e realizzata da Florian Idenburg e Jing Liu, come la precedente installazione, cerca un dialogo con il contesto. L'opera consiste in una semplice rete sospesa, che appoggiandosi ad alcuni pali e ai muri di confine, diventa una grande copertura morbida, giocosa, aperta al pubblico. Si creano così due livelli, uno leggero in cui palle colorate e persone fluttuano liberamente, uno materico a livello zero, arricchito di tutti quei dispositivi che tradizionalmente si trovano nello spazio pubblico, quali sedute, vasche d'acqua, nebulizzatori, ecc.



Fig. 03: le immagini mostrano a confronto le installazioni Holding Pattern, sopra e Pole dance, sotto (fonte: YAP)

Di grande interesse l'installazione Public Farm 1, realizzata da Amale Andraos e Dan Wood nel 2008. Il progetto parte da un semplice assunto: rispondere alle esigenze del bando, e quindi ricreare uno spazio pubblico termicamente confortevole, riportando al centro dell'attenzione l'agricoltura e i suoi materiali. L'installazione diventa per questo una grande tettoia, realizzata da vasi circolari in cartone all'interno dei quali vengono alloggiati le differenti essenze. Lo spazio pubblico acquisisce così una nuova dimensione produttiva e sociale, rimanendo allo stesso tempo quel luogo di incontri e sperimentazione che ha caratterizzato da sempre la storia del PS1.



Fig 04: le immagini mostrano l'installazione PF1 (fonte: YAP)

Ambient 35|60, vincitore dell'edizione del 2013 del concorso indetto dal museo di Santiago del Chile, e *Sky Spotting Spot*, vincitore dell'edizione turca dello stesso anno, sono tra loro progetti differenti, ma con una stessa filosofia di fondo: definire una grande copertura per proteggere lo spazio pubblico dalla radiazione solare.

Il primo progetto, proposto dallo studio UMWELT, definisce una maglia regolare e isotropa di pilastri che sorreggono una leggera copertura forata. Si definisce così una giungla artificiale che protegge dalla radiazione solare e che accoglie le diverse attività dell'essere umano. Il secondo progetto, realizzato da *SO? Architecture and Ideas*, costruisce un ambiente simile all'installazione descritta precedentemente, attraverso la realizzazione di una foresta di pilastri che reggono dischi circolari in acciaio.



Fig 05: le immagini mostrano le installazioni *Ambient 35|60* e *Sky Spotting Spot* (fonte: YAP)

Appare evidente come l'attività svolta dal MOMA PS1, in collaborazione con gli altri musei, permetta di definire un'ampia casistica di soluzioni progettuali, per lo più sperimentazioni ardite di nuovi sistemi tecnologici, per il controllo dello stress termico negli spazi aperti. Alcune di queste soluzioni sono entrate a far parte della pratica progettuale per gli spazi urbani aperti. Di seguito verranno descritti alcuni progetti recenti, realizzati nell'ambito della progettazione per lo spazio pubblico, di particolare interesse per l'attenzione al comfort termico e per la sperimentazione di particolari sistemi tecnologici.

Alcune esperienze progettuali

Un gruppo di progettazione particolarmente attento alle dinamiche ambientali ed in particolare al comfort termico negli spazi aperti è lo studio *Ecosistema Urbano*, con sede principale a Madrid. Lo studio di progettazione, fondato da Belinda Tato e Jose Luis Vallejo, si occupa di progettazione degli spazi pubblici, gestione dei processi di partecipazione, progettazione architettonica ed urbana. Nel 2005 vincono la progettazione del Boulevard Urbano nella periferia di Madrid. Il concorso prevede la progettazione di un lungo asse stradale, uno spazio pubblico allungato, inserito in un quartiere di nuova espansione. La proposta del gruppo spagnolo è semplice ed efficace: riprodurre l'atmosfera del bosco, e della sua ombra, per incrementare il livello del comfort termico, ritenuto una delle componenti fondamentali per la qualità di uno spazio aperto in clima torrido come può essere quello estivo madrilenno. L'atmosfera del bosco viene ricreata attraverso due sistemi integrati: un bosco naturale ed uno artificiale. Il bosco artificiale, realizzato attraverso l'installazione di 3 grandi alberi artificiali, attiva il processo progettuale, definisce un primo presidio di aggregazione nell'attesa dell'effettiva crescita del bosco naturale. Il progetto, terminato nel 2007, dimostra la forza dell'intuizione. In un panorama ancora semidesertico, i presidi artificiali sono diventati punti di aggregazione attivi e realmente vissuti: i tre alberi, differenti l'uno dall'altro, sono in grado di controllare, attraverso dispositivi tecnologici quali nebulizzatori, verde rampicante ed ombra portata, la radiazione solare e quindi il comfort termico.



Fig 06: le immagini mostrano gli alberi artificiali progettati da Ecosistema Urbano (fonte: Ecosistema Urbano)

In un'altra città spagnola, Cordoba, è stato progettato da Paredes Pinos Arquitectos e realizzato nel 2012, un altro interessante esempio di sperimentazione nello spazio pubblico. Il progetto ruota attorno all'idea di costruire un luogo flessibile, protetto dalla forte radiazione solare estiva che caratterizza le estati spagnole. La soluzione adottata è semplice: un sistema di pilastri circolari reggono dischi di acciaio situati a differenti altezze, liberando lo spazio a livello zero e producendo così un'ombra diffusa su tutta la piazza. La piazza diventa così un supporto ideale per tutte quelle attività, a partire dal mercato, che avvengono nello spazio pubblico: luogo di incontro, di scambio, di rappresentanza, di gioco, il progetto definisce una nuova forte identità che ben si inserisce in una parte della città caratterizzata per lo più da un'edilizia uniforme e di bassa qualità.



Fig. 07: le immagini mostrano la piazza e la caratteristica copertura ad *ombrellone* (fonte: PPA)

Altro esempio di copertura artificiale è la pensilina progettata a Marsiglia da Foster+Partners in collaborazione con il paesaggista francese Michel Desvigne nel 2013. Il progetto, realizzato nell'ambito delle complesse trasformazioni che hanno riguardato il lungomare in occasione di Marsiglia Capitale della Cultura 2013, astrae l'idea della copertura, semplificandone forma e struttura, e si concentra sulle potenzialità offerte dal materiale: la struttura, tutta realizzata in acciaio, diventa una grande superficie riflettente, quasi una opera d'arte in se stessa.



Fig. 08: l'immagine evidenzia la particolarità del materiale utilizzato e le potenzialità atmosferiche (fonte: Nigel Young/Foster+Partners)

Se questi primi progetti lavorano tridimensionalmente all'intero dello spazio pubblico, introducendo superfici orizzontali artificiali sospese per il controllo della radiazione solare, i prossimi progetti, invece, prediligono una declinazione della superficie che caratterizza il piano pubblico e introducono vegetazione e acqua come elementi progettuali caratterizzanti.

Un primo esempio di questo approccio è Place de la Bourse, realizzata a Bordeaux

da Michel Corajoud nel 2006. Il progetto della piazza si inserisce all'interno del più ampio programma di riqualificazione del lungo fiume della città francese per il recupero delle banchine industriali e la loro trasformazione in un nuovo spazio pubblico aperto. Il progetto ridefinisce completamente la superficie del lungo fiume introducendo la campagna, e più in generale la natura, come elemento dominante. Si crea così un nuovo paesaggio che definisce una nuova atmosfera rinaturalizzata. Cuore del progetto è la *Place miroir*, specchio di acqua realizzato proprio di fronte all'edificio della Borsa. L'introduzione di questa nuova superficie scardina completamente le gerarchie urbane, definisce una nuova fortissima polarità capace di attirare costantemente persone, elemento percettivo e allo stesso tempo di gioco, diventa un efficace sistema di controllo del comfort termico.



Fig. 09: le immagini mostrano la nuova superficie verde e la grande vasca d'acqua progettata dal paesaggista francese

Sempre a Bordeaux, sull'altra sponda del fiume troviamo l'intervento realizzato da Catherine Mosbach, per la progettazione del giardino botanico de la *Bastide*. Anche in questo caso il progetto ridefinisce la superficie pubblica attraverso due materiali principali: le superfici umide e le superfici verdi. Lo spazio pubblico diventa un'interessante percorso esperienziale attraverso una vegetazione progettata, una vegetazione pioniera e un sistema umido. L'eterogeneità degli spazi, dei colori, dei profumi contribuisce a dare qualità ad uno spazio fresco ed umido, un nuovo luogo di sosta aperto, in cui il valore didattico integra quello inconsapevole della percezione estetica.



Fig. 10: le immagini mostrano la struttura complessiva del verde e le vasche d'acqua

Un altro gruppo di progettazione particolarmente attento alle tematiche ambientali, ed in particolar modo al progetto del paesaggio per il controllo del comfort termico, è *Turenscape*, studio di progettazione fondato dal Kongjian Yu, con sede a Pechino, Cina. Lo studio, che si occupa di progettazione architettonica, paesaggistica ed urbana, porta avanti da più di vent'anni una ricerca interdisciplinare che coinvolge i diversi aspetti dalle progettazione e lega la tradizione culturale cinese e quella occidentale in un unico nuovo approccio progettuale. Nasce così una metodologia di lavoro, che fa del progetto degli spazi aperti il vero punto di forza delle strategie applicate agli interventi di rigenerazione urbana per la costruzione di nuovi luoghi sostenibili. L'approccio al progetto viene sintetizzato in un semplice concetto: «Natura, Men and Spirit as one». La terra (Tu) è il centro della percezione umana, supporto per la vita e simbolo del vivere e dello spirito, e l'Uomo (Ren), deve prendersene cura. Dietro questa poetica, Turenscape propone strategie di intervento diversificate, eterogenee, che mirano a creare sempre ambienti confortevoli, capaci di diminuire lo stress termico estivo tipico di alcune regioni asiatiche. Accanto a questa attenzione, vi è la volontà di ripristinare lo stato di naturalezza precedente ad alcuni interventi antropici: si definiscono così strategie di rinaturalizzazione complesse ed efficaci, basate sullo studio attento delle relazioni tra le parti, sulla comprensione dell'impatto ambientale delle diverse soluzioni progettuali, sulla definizione di un paesaggio dotato di una nuova identità e forza resiliente.

I progetti che si potrebbero analizzare sono tanti. In questa sede, interessa focalizzare l'attenzione solo su alcuni di quei sistemi tecnologici applicati al progetto dello spazio pubblico: superfici umide, film sottili, vasche d'acqua, sistemi di natura integrata con attrezzature per lo spazio pubblico, alberature dense e puntuali integrate con il sistema antropizzato, pensiline di protezione dalla radiazione solare, ecc. sono sempre sistemi integrati che offrono grande eterogeneità percettiva e termica, permettendo alle persone di svolgere le proprie attività nel migliore dei modi possibili.



Fig. 11: le immagini descrivono alcuni dei sistemi tecnologici adottati per la protezione della radiazione solare (fonte: Turenscape)



Fig. 12: le immagini mostrano la forte relazione tra natura e percorso e l'eterogeneità delle condizioni termiche presenti (fonte: Turenscape)



Fig. 13: le immagini mostrano il carattere di produttività di alcuni interventi, sempre integrato con le attrezzature per lo spazio pubblico (fonte: Turenscape)



Fig 14: Le immagini mostrano due esempi di sistemi tecnologici a vasca d'acqua (fonte: Turenscape)

La casistica presentata non ha l'intenzione di essere esaustiva ma solo di fornire una panoramica generale delle diverse tipologie di sistemi tecnologici applicabili per la progettazione dello spazio pubblico. I sistemi selezionati sono stati descritti soprattutto facendo riferimento alla loro capacità di incidere sul comfort termico, tralasciando quelle caratteristiche specifiche di ogni progetto che riconducono la singola tecnologia ad un particolare contesto culturale.

Le prossime pagine presenteranno un quadro sintetico dei sistemi tecnologici individuati dalla casistica pocanzi presentata e dagli altri esempi descritti nelle pagine precedenti nel racconto delle esperienze di alcuni casi studio (Barcellona, Lione, ecc.). I sistemi tecnologici per il progetto dello spazio aperto, classificati a seconda del sistema di appartenenza (*naturale* o *antropico*), verranno raccolti in schede descrittive che costituiscono un primo output della ricerca, ovvero un primo database di soluzioni a disposizione dei progettisti e delle amministrazioni interessate al progetto dello spazio urbano aperto. Come vedremo meglio nelle prossime pagine, le schede, oltre a descrivere tramite immagini le tecnologie, prevedono una valutazione dell'incidenza delle stesse tecnologie sia sulle componenti del comfort ambientale, sia sulle problematiche di carattere generale presentate nelle pagine iniziali di questa tesi.

CLASSIFICAZIONE DEI SISTEMI TECNOLOGICI

L'analisi dei casi studio ha posto in evidenza come sia possibile individuare una ampia casistica di sistemi tecnologici applicabili alla progettazione degli spazi urbani aperti. Questi sistemi, anche se si differenziano tra loro per morfologia, materia, complessità, effetti sulle diverse componenti microclimatiche, ecc., possono essere accumulati in categorie uniformi, ovvero in tipologie di sistemi tecnologici, definiti da alcune caratteristiche predominanti.

La classificazione che viene proposta nelle prossime pagine fa riferimento ad una classificazione riscontrata in letteratura (Orlandi Dierna 2005). I sistemi tecnologici sono stati suddivisi in due categorie principali: *sistemi naturali* (biotici e abiotici), ovvero l'«insieme complesso di elementi e fenomeni di origine e sviluppo naturale» e *sistemi antropici*, intesi come «quella parte creata ed organizzata quale risultato dell'attività dell'uomo, costituita da flussi e relazioni funzionali» (Dierna Orlandi 2005). Rientrano all'interno della prima categoria quelle tecnologie che utilizzano materiali per lo più naturali (vegetazione e acqua), mentre rientrano all'interno della seconda categoria tutte quelle tecnologie di derivazione mineraria (pietra, asfalto, ecc.).

Si è deciso di fare riferimento a questa classificazione perché strumentalmente utile alla tematica trattata nel presente tema di ricerca. Come meglio verrà descritto nei prossimi capitoli, all'interno del processo progettuale di uno spazio aperto, la scelta di un particolare sistema tecnologico non incide solo sui parametri fisici del comfort termico (modello fisiologico) ma anche su quelli percettivi (modello adattivo). Trovare protezione dalla radiazione solare sotto una pensilina metallica non è evidentemente la stessa cosa che trovarla sotto una chioma di un albero. Per questa ragione, la classificazione in «sistemi antropici - sistemi naturali» permette di mantenere le peculiarità delle differenti percezioni, permettendo di valorizzare dove necessario l'aspetto naturale del sistema tecnologico adottato (Nikolopoulou 2011).

SNA

Sistema naturale abiotico [SNA]

La presenza dell'acqua in un ambiente è requisito necessario per la sopravvivenza di una città (Turri 1974). Fonti, vasche d'acqua, e i sistemi idrici più in generale, hanno infatti da sempre caratterizzato lo spazio aperto, sia privato sia pubblico. Se da una parte garantivano l'approvvigionamento idrico dei cittadini, dall'altra sono stati da sempre considerati come elementi di decoro urbano e controllo climatico (Grosso 1997). Sono proprio questi i sistemi tecnologici che appartengono al sistema naturale abiotico, che comprende, quindi, tutte quelle tecnologie nelle quali l'acqua diventa l'elemento fondante.



Fig. 15: esempio di un sistema naturale abiotico, lungo Rodano, Lione

Sistema naturale biotico [SNB]

SNB

Il sistema naturale biotico comprende l'insieme dei sistemi tecnologici caratterizzati dalla presenza della vegetazione. Alberature, superfici verdi, stagni artificiali, terra, sabbia, ecc., sono alcune di queste tecnologie. Le superfici naturali biotiche, come quelle abiotiche, vengono considerate come superfici fredde, ovvero incapaci di accumulare calore e quindi ottimi sistemi di controllo del comfort termico negli spazi aperti urbani.



Fig 16: esempio di un sistema naturale biotico, piazza dell'Opera, Lione

Sistema antropico [SA]

SA

Il sistema antropico comprende l'insieme dei sistemi tecnologici realizzati dall'uomo per costruire la città, ovvero quei materiali che hanno subito un processo di trasformazione artificiale. Considerando l'iniziale limitazione allo spazio aperto ed escludendo quindi il sistema del costruito, rientrano all'interno di questo campo, per lo più, le soluzioni tecnologiche che caratterizzano la superficie orizzontale.

Tali tecnologie, al contrario dei sistemi naturali (che sono *superfici fredde*), possono essere suddivisi in materiali "freddi" ed materiali "caldi". Con materiali freddi, o *cold materials*, si definiscono quei materiali che sono caratterizzati da un alto indice di riflessione alle radiazioni ad onda corta ed un alto indice di emissività alle radiazioni ad onda lunga. Tali proprietà fisiche, definite come albedo ed emissività, garantiscono una riduzione della quota della radiazione solare assorbita dalle pavimentazioni e quindi un basso surriscaldamento superficiale. Al contrario i materiali caldi emettono poche radiazioni solari, assorbendo calore che poi cedono per conduzione all'ambiente urbano. L'utilizzo di superfici fredde nei contesti urbani è quindi una delle possibili soluzioni per contrastare l'isola di calore (Oke 1995).



Fig 17: confronto tra differenti pavimentazioni del sistema antropico: a sinistra in primo piano una pavimentazione calda (asfalto), a destra una pavimentazione fredda (legno)

La tabella sottostante descrive il sistema complessivo delle tecnologie individuate applicando la classificazione pocanzi citata. Tale classificazione non pretende di dare una descrizione esaustiva di tutti i sistemi tecnologici, ma semplicemente un quadro di quelli che ad oggi sono i sistemi maggiormente diffusi. Per tale ragione è stata pensata come una struttura aperta, facilmente implementabile in futuro.

Sistemi tecnologici	
Sistema naturale abiotico (SNA)	Film sottile
	Film spesso
	Erogatore puntuale
	Nebulizzatore
	...
Sistema naturale biotico (SNB)	Superficie verde orizzontale
	Terreno stabilizzato
	Massa verde arbustiva
	Sistemi umidi
	Massa verde alberata
	Schermature orizzontali vegetali
...	
Sistema antropico (SA)	Asfalto chiaro
	Asfalto scuro
	Cemento chiaro
	Cemento scuro
	Laterizio chiaro
	Laterizio scuro
	Legno
	Pietra chiara
	Pietra scura
	Conglomerato sintetico chiaro
	Conglomerato sintetico scuro
	Superfici drenanti
	Schermature opache
	Schermature semiopache
...	

Tab. 01: La tabella descrive la classificazione dei sistemi tecnologici

Allegato 01
SISTEMI TECNOLOGICI



FILM SOTTILE



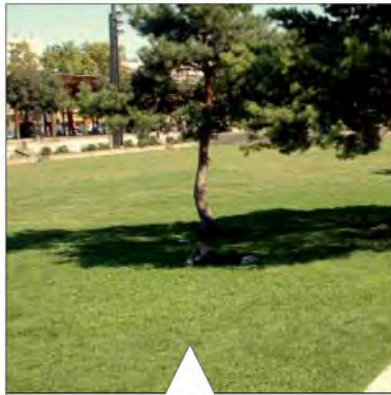
FILM SPESSE



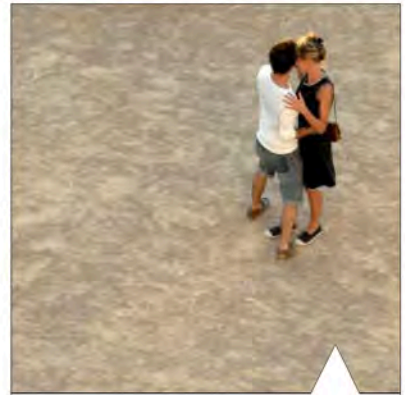
EROGATORE PUNTUALE



NEBULIZZATORE



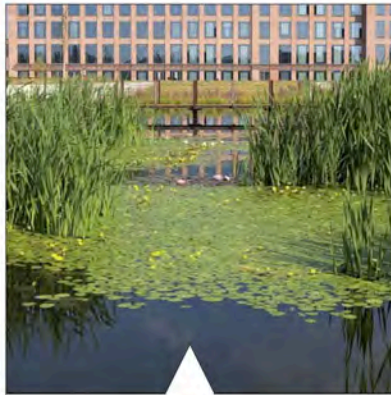
SUPERFICIE VERDE
ORIZZONTALE



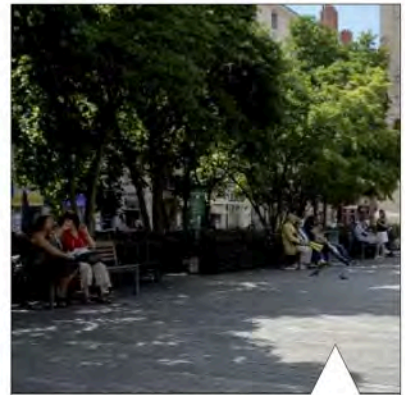
TERRENO STABILIZZATO



MASSA ARBUSTIVA



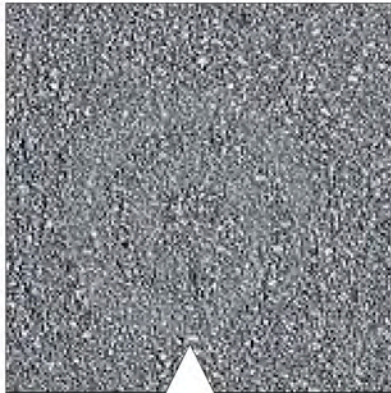
SISTEMI UMIDI



MASSA VERDE ALBERATA



SCHERMATURA VERDE
ORIZZONTALE



ASFALTO CHIARO



ASFALTO SCURO



CEMENTO CHIARO



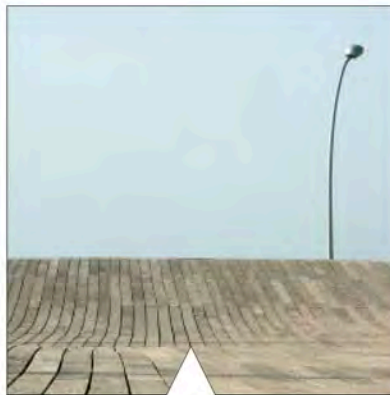
CEMENTO SCURO



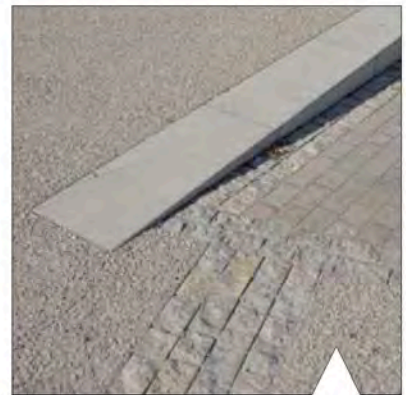
LATERIZIO CHIARO



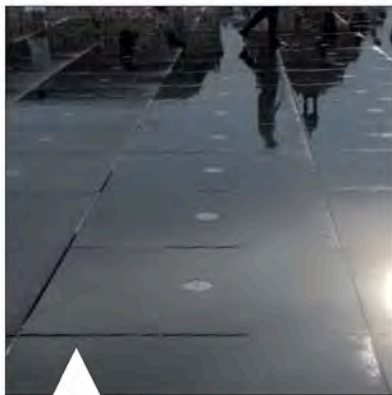
LATERIZIO SCURO



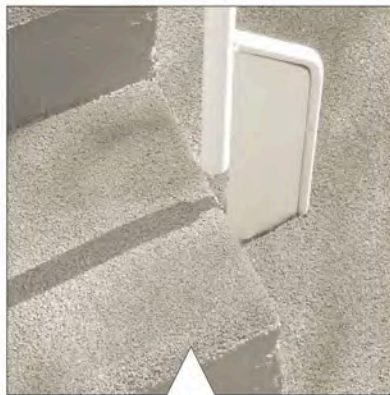
LEGNO



PIETRA SCURA



PIETRA SCURA



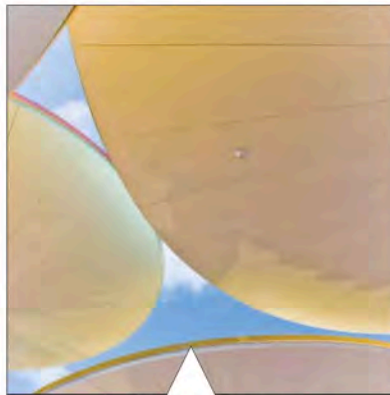
CONGLOMERATI
SINTETICI CHIARI



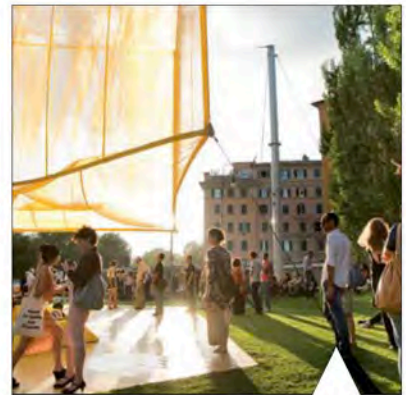
CONGLOMERATI
SINTETICI SCURI



SUPERFICI MISTE
PIETRA ERBA



SCHERMATURE
ORIZZONTALI OPACHE



SCHERMATURE
ORIZZONTALI SEMIOPACHE

sistema naturale	antropico	sistema delle aruze superficiali	vegetative	film sottile
------------------	-----------	----------------------------------	------------	--------------

Codice identificativo
Le schede delle soluzioni tecnologiche sono state classificate secondo le seguenti categorie: sistemi di appartenenza (Sistema Naturale e Sistema Antropico), carattere materico (vegetazione, legno, pietra, ecc), carattere morfologico (superficie, volume, ecc), nomenclatura specifica (film sottile, pavimentazione lignea, ecc).

Assonometria
Ogni scheda graficizza in un'icona i caratteri essenziali della soluzione tecnologica presa in considerazione.

Testo descrittivo
Il testo descrive i caratteri tecnologici principali della soluzione analizzata. In particolare si prendono in considerazione le caratteristiche che influiscono sul comfort termico e sul quadro di Obiettivi Generali

Comfort termico: Grado di incidenza della soluzione tecnologica sui *parametri ambientali e fisici*

1. inaggregamento 2. temperatura operativa
3. umidità relativa 4. affollati del centro

Valutazione 01 > soluzione tecnologica / comfort termico
Il grafo sintetizza l'incidenza della soluzione tecnologica sul comfort termico. Si prendono in considerazione entrambi i modelli valutativi oggi presenti in letteratura.

Obiettivi Generali: Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* della soluzione tecnologica sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale) 2 Sociali (sistema antropico) 3 Ambientali (sistema naturale)

1.1 economia di realizzazione 2.1 mobilità e accessibilità 3.1 insularità
1.2 durata 2.2 servizi di qualità 3.2 multifunzionalità
1.3 manutenzione 2.3 inclusione di fruizione 3.3 capacità di resilienza
1.4 partecipazione nella gestione 2.4 sicurezza 3.4 qualità del paesaggio
1.5 economicità di gestione 2.5 equità 3.5 qualità del verde
1.6 valore di uso culturale 2.6 equità 3.6 qualità del verde
1.7 spazi produttivi 2.7 equità 3.7 qualità del verde
1.8 integrabilità

Valutazione 02 > soluzione tecnologica / quadro Obiettivi Generali
Il grafo considera la capacità della soluzione tecnologica di rispondere ad un complesso quadro esigenziale precedentemente definito. Tale quadro prende in considerazione problematiche di carattere economico, sociale ed ambientale, appositamente declinate per lo spazio pubblico.

Immagini rappresentative
Selezioni di alcune immagini esemplificative della tecnologia analizzata. I progetti presi in considerazione rientrano tra i progetti considerati e studiati come buone pratiche.

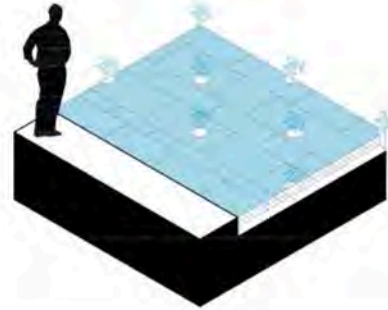
Immagini rappresentative

Selezioni di alcune immagini esemplificative della tecnologia analizzata. I progetti presi in considerazione rientrano tra i progetti considerati e studiati come buone pratiche.

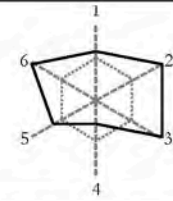
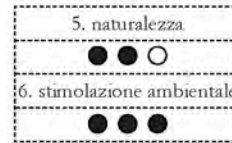
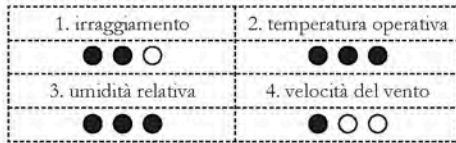
<p>sistema naturale</p>	<p>abiotico</p>	<p>sistema delle acque superficiali</p>	<p>superficie</p>	<p>film sottile</p>
-------------------------	-----------------	---	-------------------	---------------------

I film sottili sono sistemi idrici costituiti da pellicole d'acqua inferiori ai due centimetri che si sviluppano in continuità con la superficie pubblica sulla quale sono posti. La particolarità di tali soluzioni tecnologiche è l'assenza di una vasca d'acqua: le componenti impiantistiche sono infatti posizionate al di sotto della pavimentazione pubblica calpestabile, garantendo così continuità tra le superfici. Tale soluzione permette di avere, in base alle differenti esigenze (funzionali e climatiche), un duplice utilizzo della zona interessata: un gioco d'acqua o uno spazio di fruizione pubblica. I sistemi tecnologici oggi applicati, che consistono in cestelli ad incasso, permettono sia l'erogazione dell'acqua sia il drenaggio della stessa. A tali elementi è possibile associare un'illuminazione

a led, incassata anch'essa nella pavimentazione. La superficie di calpestio viene montata su una apposita struttura, ancorata con viti per la perfetta ispezionabilità. L'indipendenza tra sistema erogatore e superficie pubblica rende libera la scelta del materiale di rivestimento (pietra, cemento, ceramica, acciaio, ecc). Tale sistema contribuisce fortemente alla gestione del microclima urbano e alla caratterizzazione dello spazio urbano. Per quanto costosa, la sua natura, ludica e identitaria, rende questa soluzione tecnologica una soluzione dal forte impatto sullo spazio pubblico



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

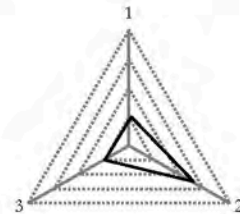
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



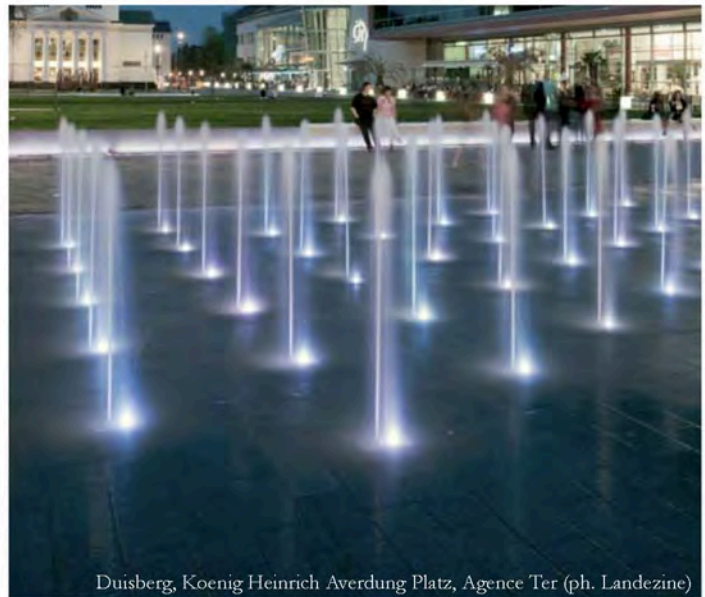
Bordeaux, Place de Miror, Michel Corajoud



Bordeaux, Place de Mirror, Michel Corajoud



Bordeaux, Place de Mirror, Michel Corajoud



Duisberg, Koenig Heinrich Averdung Platz, Agence Ter (ph. Landezine)



Bordeaux, Place de Mirror, Michel Corajoud

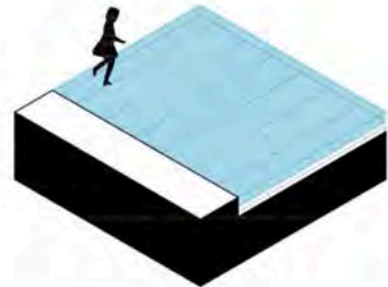


Averbode Abbey Square, OMGEVING (ph. Landezine)

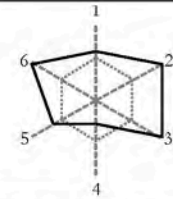
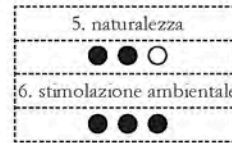
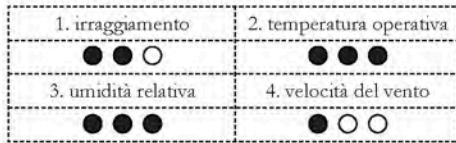
1. sistema naturale	2. abiotico	3. sistema delle acque superficiali	4. superficie	5. film spesso
---------------------	-------------	-------------------------------------	---------------	----------------

I sistemi idrici caratterizzati da vasca con spessore superiore ai due centimetri vengono anche denominati film spessi. Storicamente nati per raccogliere e distribuire acqua potabile nelle città, hanno assunto nel corso della storia una connotazione soprattutto decorativa ed estetica. A differenza del film sottile, la variazione di quota tra la superficie pubblica e la vasca crea una discontinuità tra le due aree. Tali vasche infatti possono essere estruse rispetto al piano pubblico oppure incassate, garantendo solo una apparente continuità con la superficie pubblica. I sistemi idrici di tale tipo sono spesso integrati da erogatori puntuali per giochi d'acqua e sistemi di illuminazione. I film spessi necessitano di una maggiore manutenzione rispetto ai film sottili e

hanno un maggior costo di costruzione e gestione. Il salto di quota può presentare un vantaggio nel caso ci fosse la possibilità di integrare arredo urbano (sedute, rastrelliere, schermature). Come i film sottili, tali sistemi si prestano a molteplici soluzioni formali e giochi d'acqua. Spesso i film spessi sono anche soluzioni di gestione dell'acqua piovana (sistemi drenanti o di trattamento delle acque meteoriche) e quindi contribuiscono ad un equilibrio più completo e complesso dell'ambiente urbano.



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

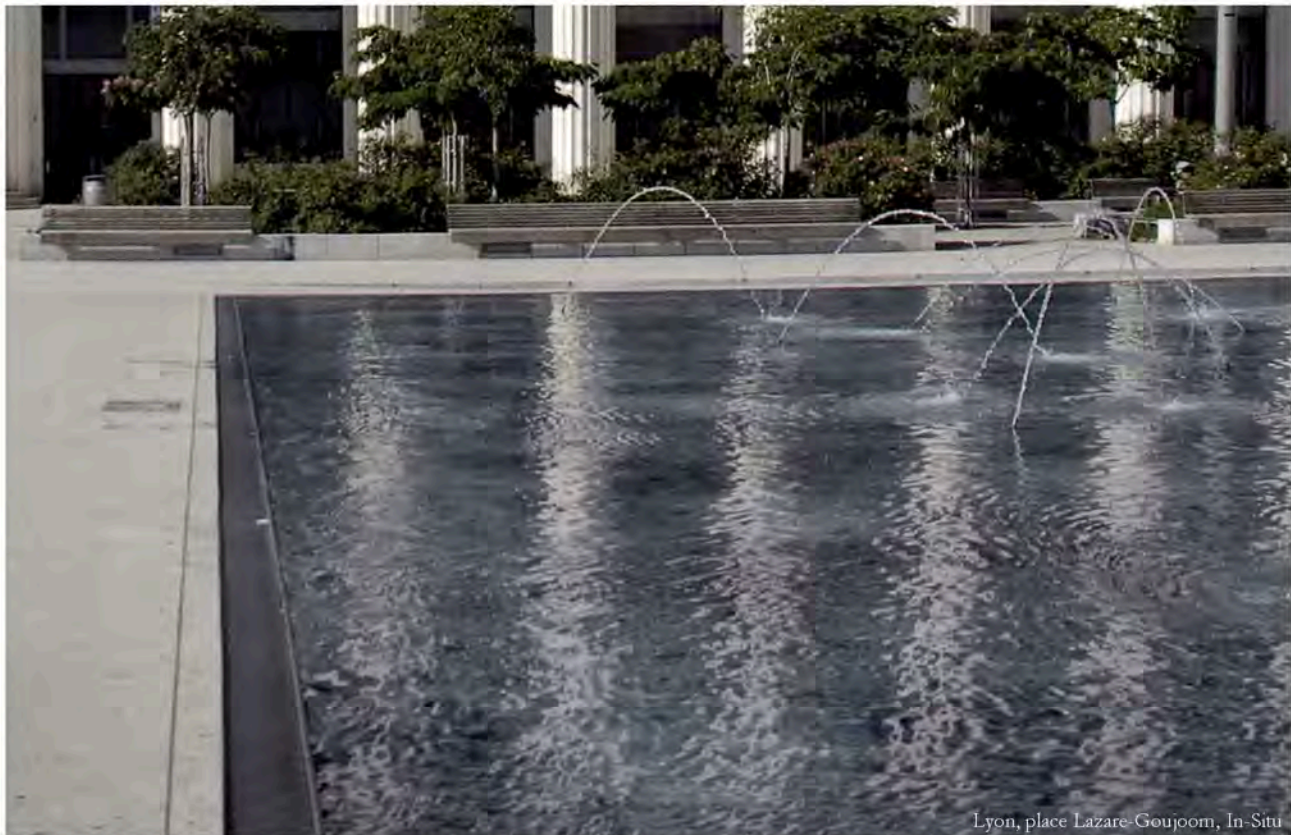
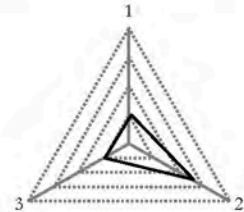
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



Lyon, place Lazare-Goujoom, In-Situ



Santa Cruz de Tenerife, Plaza de Espagna, Herzog&De Meuron (ph. Landezine)



Lyon, place Lazare-Goujoom, In-Situ



Oslo, Nansenpark, Bjorbekk&Lindheim (ph. Landezine)



Lyon, Quai du Rhône, In-Situ

1 sistema naturale	2 abiotico	3 sistema delle acque superficiali	4 volume	5 erogatore puntuale
--------------------	------------	------------------------------------	----------	----------------------

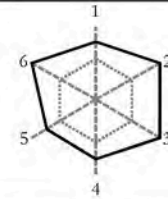
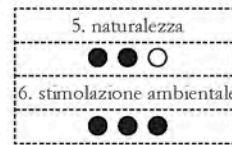
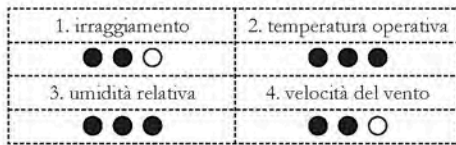
Esistono diverse tipologie di erogatori: fontane statiche, fontane dinamiche, fontane sequenziali, fontane musicali.

Il sistema tecnologico può essere inserito all'interno di vasche d'acqua o essere incassato nella pavimentazione (sistema a raso). Il sistema di pavimentazione, in continuità con tali giochi d'acqua, presenta solitamente una copertura impermeabile su uno strato antighiaccio e uno strato drenante per l'acqua di infiltrazione. Gli erogatori sono inseriti in elementi sigillati, su supporti in cemento e isolati dal sistema di pavimentazione. Il drenaggio dell'acqua in eccesso diventa una questione primaria. Le soluzioni risiedono nella corretta esecuzione delle pendenze e del sistema di drenaggio inserito nei profili che contengono gli

erogatori. Tali profili sono generalmente in acciaio o in calcestruzzo impermeabilizzato, possono essere incassati nella pavimentazione, lasciando visibili solo gli elementi di erogazione dell'acqua, oppure possono inserirsi in ricorsi di materiale differente (griglie o rivestimenti in acciaio, solette di calcestruzzo, etc.). L'erogazione dell'acqua può essere programmata e in corrispondenza dei periodi di spegnimento lo spazio urbano è totalmente fruibile. Solitamente tali sistemi sono integrati ai sistemi di illuminazione pubblica per realizzazioni scenografiche.



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

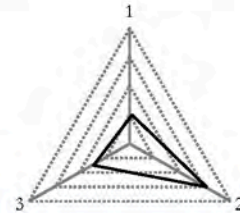
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



Montepelier, Place du Nombre d'Or



Lille, Place des Armentières, Atelier Bruel-Delmar (ph. Landezine)



Montpellier, Place du Nombre d'Or



Montpellier, Place du Nombre d'Or

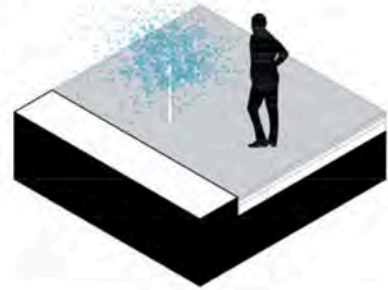


Montpellier, Place du Nombre d'Or

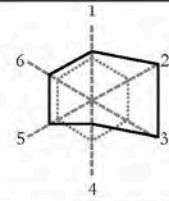
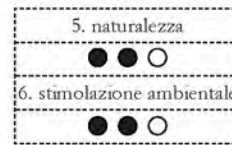
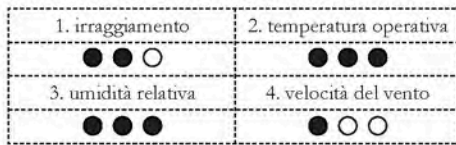
1. sistema naturale	2. abiotico	3. sistema delle acque superficiali	4. volume	5. nebulizzatore
---------------------	-------------	-------------------------------------	-----------	------------------

Sempre più diffusi nei progetti di recupero degli spazi aperti, i nebulizzatori innescano un processo ad alta pressione attraverso ugelli che permettono la frammentazione dell'acqua in microscopiche gocce. Tale processo favorisce la successiva evaporazione con conseguente raffreddamento dell'aria circostante. La nebulizzazione permette quindi di controllare il microclima e l'ambiente esterno interagendo su temperatura, umidità relativa e abbattendo polveri sottili e fumi. I nebulizzatori, rispetto ad altri sistemi idrici, hanno costi di realizzazione più contenuti e consumi di acqua ed energia elettrica ridotti: si stima che su una superficie nebulizzata di circa 100 metri quadrati vi sia un consumo di acqua e energia elettrica pari a 0.012 €/h. In particolare i nebulizzatori

collocati in spazi aperti sono in grado di abbattere la temperatura dell'aria di circa 10 – 15 gradi °C. I sistemi di nebulizzazione, che si sommano ad una qualsiasi altra tecnologia di superficie, sono composti da un compressore e da un sistema di distribuzione dell'acqua che termina in ugelli antigoccia. Tale sistema può essere semplicemente vincolato in supporti semplici quali pareti, strutture di copertura, alberature, oppure può essere inserito in appositi elementi in acciaio inox di supporto.



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

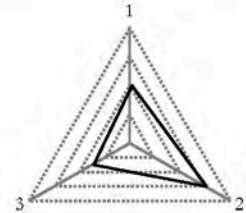
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



Lillebonne, EANA Park, BASE Landscape Architecture (ph. Landezine)



esempi di prodotti commerciali applicati



esempi di prodotti commerciali applicati



Madrid, Ecosistema Urbano (ph. ESU)



Lisbona, Acquario di Lisbona, Radek Brunecky (ph. Radek Brunecky)

<p>sistema naturale</p>	<p>biotico</p>	<p>sistema della vegetazione</p>	<p>superficie</p>	<p>superficie verde</p>
-------------------------	----------------	----------------------------------	-------------------	-------------------------

Le superfici verdi sono state da sempre il suolo naturale della città. Sostituite progressivamente da tecnologie che garantivano una maggior resistenza ai mezzi di passaggio, come la pietra prima e l'asfalto poi, le superfici verdi oggi conoscono un nuovo sviluppo ed una nuova applicazione in ambito urbano. L'applicazione, infatti, di elementi strutturali grigliati ha reso il manto erboso ideale per la realizzazione di spazi carrabili e pedonali, garantendo da una parte l'accessibilità, dall'altra permettendo di raggiungere gli standard di superficie permeabile e verde oggi richiesti dalla normativa.

Tali pavimentazioni vengono realizzate costruendo un'armatura modulare resistente a compressione e costituita da griglie prefabbricate a struttura

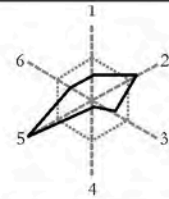
alveolare. Tale griglia, solitamente realizzata in polimeri resistenti ad agenti chimici e atmosferici, accoglie la cotica erbosa, proteggendola dalle compressioni. La posa di tali elementi avviene su uno strato di pietrisco, solitamente ad incastro, in maniera estremamente facile e rapida. Le cellette vengono successivamente riempite con un substrato di terreno vegetale, per poi procedere alla semina. Tale pavimentazione favorisce il drenaggio, garantisce l'accessibilità e la sosta di mezzi pesanti, impedisce i processi di assorbimento di calore incrementando così il comfort termico.



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*

<p>1. irraggiamento</p> <p>● ○ ○</p>	<p>2. temperatura operativa</p> <p>● ● ○</p>
<p>3. umidità relativa</p> <p>● ○ ○</p>	<p>4. velocità del vento</p> <p>○ ○ ○</p>

<p>5. naturalezza</p> <p>● ● ●</p>
<p>6. stimolazione ambientale</p> <p>● ○ ○</p>



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

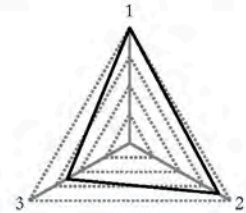
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



Lyon, place 8 mai 1945, In-Situ



Duisberg, Koenig Heinrich Averdung Platz, Agence Ter (ph. Landezine)



Bordeaux, Quai de la Garonne, Michel Corajoud



Staßfurt an der Bode, Town Centre, Hafner/Jimenez Landscape Architecture (ph. Landezine)



Lyon, esplanade Croix rouge, Gautier - Conquet

sistema naturale	biotico	sistema della vegetazione	superficie	terreno stabilizzato
------------------	---------	---------------------------	------------	----------------------

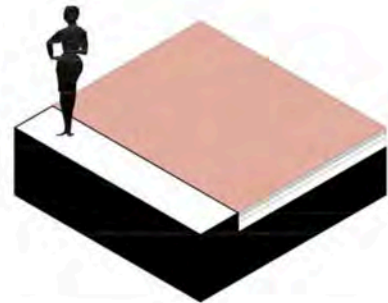
Prima forma di superficie artificiale prodotta dall'essere umano, la pavimentazione in terra stabilizzata nasce per migliorare le proprietà meccaniche di un suolo. La stabilizzazione può avvenire attraverso differenti procedimenti.

Il procedimento meccanico avviene mediante costipamento del terreno con rulli compressori ad azione statica o dinamica a seconda della granulometria del suolo.

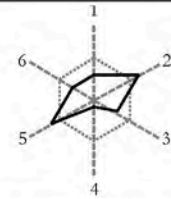
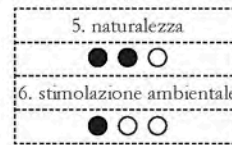
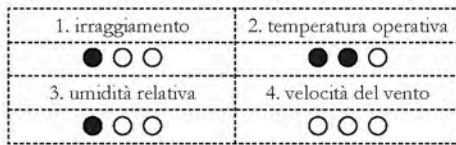
Il procedimento granulometrico si realizza combinando inerti di differenti granulometrie. La grana grossa garantisce forte resistenza agli agenti atmosferici e all'attrito, la grana fine garantisce una coesione all'intero composto.

Il procedimento chimico avviene con l'aggiunta di leganti, quali il cemento, il bitume, le resine

naturali o la calce. Tale procedimento garantisce una maggiore resistenza della pavimentazione a usura da agenti atmosferici e a cedimenti laterali. La sperimentazione recente ha portato all'individuazione di particolari leganti chimici, costituiti ad esempio da ossidi inorganici selezionati e fibre polimeriche inerti, che permettono di realizzare superfici stabilizzate resistenti meccanicamente, durature, ecologiche e compatibili con il contesto.



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

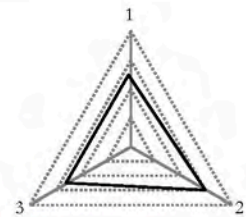
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



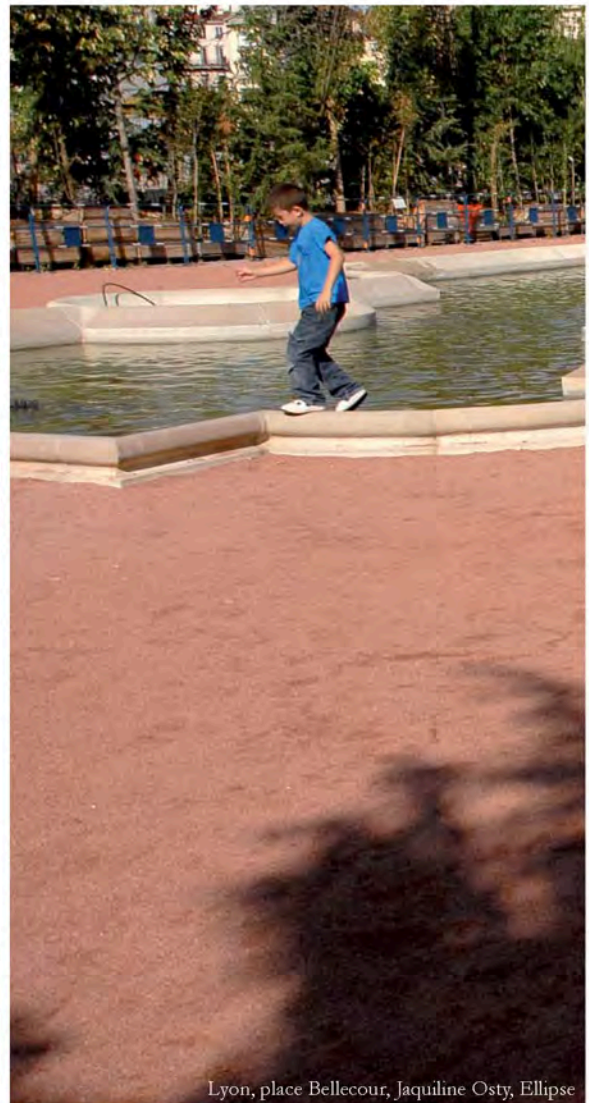
Lyon, place Raspail, Gautier - Conquet



Lyon, place Raspail, Gautier-Conquet



Lyon, place Bellecour, Jaquiline Osty, Ellipse



Lyon, place Bellecour, Jaquiline Osty, Ellipse



Valencia, Garden of Hesperides, Vam 10. (Ph. Vam10)

sistema naturale	biotico	sistema della vegetazione	volume	massa verde arbustiva
------------------	---------	---------------------------	--------	-----------------------

Questa classe tecnologica comprende tutti i sistemi che costituiscono una massa verde, generalmente non praticabile, composta da strati vegetali bassi (altezza compresa tra i 0,10 e i 3,00 metri) quali piante erbacee, graminacee, sistemi di arbusti. Questi sistemi hanno importanza paesaggistica ed ecologica oltre che sociale. Gli elementi di vegetazione hanno solitamente sedi d'impianto molto ravvicinati e un portamento stagionale (essenze con fioritura) o annuale (molte specie di graminacee). Vengono messe in opera su terreni fertili, ben areati e in assenza di specie avventizie, la profondità del terreno vegetale varia dai 30 ai 100-150 cm, a seconda dell'apparato radicale delle essenze piantumate. Alcune specie (per esempio alcune graminacee) presentano un'espansione

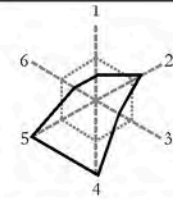
rizomatica e, al momento dell'istallazione, devono essere predisposti teli e dispositivi antiradice per ostacolare l'espansione indiscriminata di alcune piante. La manutenzione è agevole e meno frequente rispetto a quella praticata per i manti erbosi praticabili. A seconda delle funzioni attribuite alle masse verdi, si prevede un taglio mensile (se funzione ornamentale o di suddivisione gerarchica tra sistemi di circolazione: deve essere posta attenzione all'altezza di questi sistemi perché non apportino problematiche di visibilità) o annuale (se lasciate crescere spontaneamente per scopi ecologici legati alla preservazione della biodiversità).



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*

1. irraggiamento ● ○ ○	2. temperatura operativa ● ● ○
3. umidità relativa ● ○ ○	4. velocità del vento ● ● ●

5. naturalezza ● ● ●
6. stimolazione ambientale ● ○ ○



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

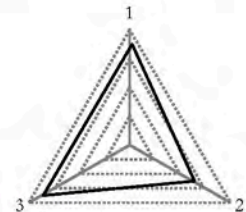
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



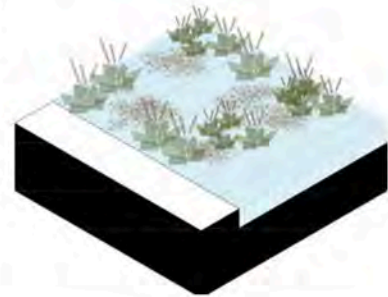
Lyon, avenue Mermoz, Gautier - Conquet



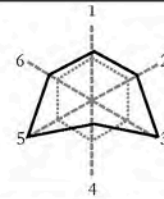
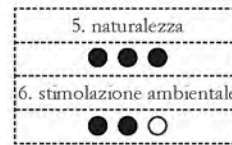
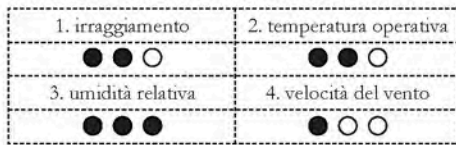
1	2	3	4	5
sistema naturale	biotico	sistema della vegetazione	superficie	sistemi umidi

Le superfici umide, intese come bacini artificiali di acqua caratterizzati da una forte presenza di vegetazione, hanno da sempre caratterizzato i parchi e i giardini delle città. Oggi tali tecnologie sono sempre più diffuse ed utilizzate nei nuovi interventi di riqualificazione grazie alla loro capacità di rispondere ad un complesso quadro esigenziale. Tali sistemi incrementano, infatti, i processi di rinaturalizzazione delle città, definiscono habitat favorevoli alla biodiversità, diventano spazi di relazione, premettono di controllare l'inquinamento diffuso, contribuiscono ad una gestione sostenibile del ciclo delle acque. In particolare le superfici umide, come ad esempio i sistemi di fitodepurazione, vengono utilizzate per il trattamento delle acque reflue, evitando così

di costruire sistemi di depurazione tradizionale, come prescritto dalla normativa (D.Lgs 152/99). I sistemi di fitodepurazione permettono di trattare le acque di scarico (reflui di civile abitazione) e le acque meteoriche provenienti dal ruscellamento delle superfici urbane, riproducendo i processi di depurazione chimico biologici che avvengono in natura negli ecosistemi umidi, grazie all'azione combinata di suolo, vegetazione e microrganismi (Wetzel 1993). Tali sistemi, che permettono di contenere i costi di gestione per il trattamento delle acque fino al 600%, diventano strumenti di riqualificazione del territorio, luoghi fruibili, nuovi paesaggi urbani.



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

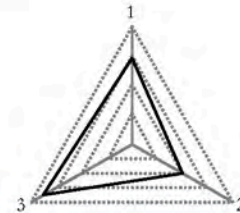
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



Fiume Saillhe, Corridoio ecologico, Turenscap (ph. Turenscap)



Haute-Deûle, Lungo fiume, Atelier des paysages Bruel-Delmar (ph. Landezine)



Haute-Deûle, Lungo fiume, Atelier des paysages Bruel-Delmar (ph. Landezine)



Budapest, Graphisoft Park, Garten-Studio (ph. Landezine)



Budapest, Graphisoft Park, Garten-Studio (ph. Landezine)

<p>sistema naturale</p>	<p>biotico</p>	<p>sistema della vegetazione</p>	<p>volume</p>	<p>massa verde alberata</p>
-------------------------	----------------	----------------------------------	---------------	-----------------------------

Le alberature sono sistemi vegetali complessi e legnosi, di svariate forme e grandezze e hanno attività biologica differente. Possono essere disposte come filari (quando seguono i margini del sistema viario o segnalano un confine), raggruppate regolarmente a formare una copertura vegetale continua di uno spazio pubblico o secondo una disposizione più organica (parchi urbani o giardini pubblici). Le tecniche di impianto variano a seconda della collocazione dell'alberatura (se stradale, inserita in una piazza o in un contesto urbano-naturalistico). I suoli di piantumazione dovrebbero essere migliorati per assumere i caratteri idonei di aereazione, compattazione, portanza, ritenzione e drenaggio e permettano la crescita profonda delle radici (evitare l'innalzamento delle superfici stradali

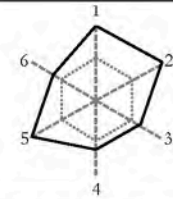
e pedonali). Nel caso in cui i suoli non siano adatti alla piantumazione, vengono realizzati supporti idonei attraverso la disposizione di trincee (volumi molto ampi di suolo vegetale collocati sotto le superfici praticabili). La fase di manutenzione è più delicata al momento dell'istallazione, infatti, in questa prima fase, le alberature devono essere protette ed ancorate al suolo perché ne venga controllata la crescita. La durata di vita di un'alberatura è variabile, alcune essenze possono superare il secolo di vita.



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*

<p>1. irraggiamento</p> <p>● ● ●</p>	<p>2. temperatura operativa</p> <p>● ● ●</p>
<p>3. umidità relativa</p> <p>● ● ○</p>	<p>4. velocità del vento</p> <p>● ● ○</p>

<p>5. naturalezza</p> <p>● ● ●</p>	<p>6. stimolazione ambientale</p> <p>● ● ○</p>
------------------------------------	--



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

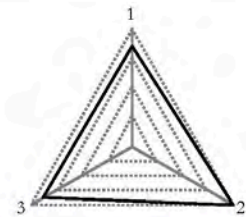
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



Lyon, Quai du Rhone, In-Situ



Lyon, Place des Célestins, Dalnoky&Desvigne



Lyon, place 8 mai 1945, In Situ



Lyon, Confluence, Desvigne

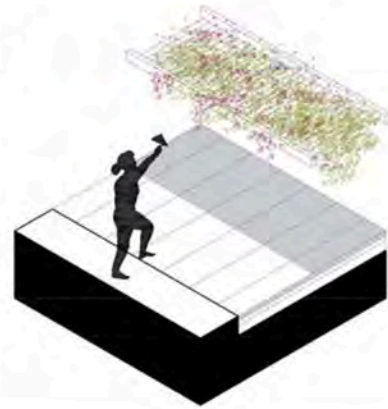


Lyon, place Raspail, Gautier - Conquet

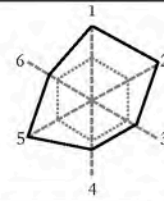
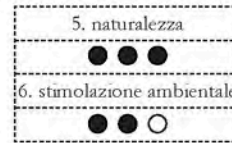
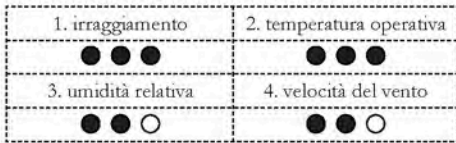
1	2	3	4	5
sistema naturale	biotico	sistema della vegetazione	volume	schermature orizzontali vegetali

Questo sistema tecnologico si compone solitamente di supporti (varia forma e materiale) ed essenze rampicanti. Il valore aggiunto di uno schermo vegetale è dato dall'effetto evapotraspirativo delle piante e dalla temperatura fogliare (generalmente più bassa della temperatura dell'aria durante la stagione estiva). Queste caratteristiche sono alla base della scelta di questi sistemi, più difficili da manuttenere, ma più efficaci per il raggiungimento del comfort termico. Infatti, oltre ad agire concretamente sull'abbassamento delle temperature, il sistema risponde positivamente al soddisfacimento del modello adattivo (aspetti benefici sulla psiche e sulla componente bioecologica). Le piante utilizzate sono rampicanti perenni a rapida crescita che tendono a raggiungere

posizioni più soleggiate. A seconda del tipo di essenza si avranno schermi più o meno densi. Tale carattere deve essere considerato a livello progettuale per garantire il giusto ombreggiamento. Questo sistema tecnologico è divenuto importante nella progettazione degli spazi aperti, soprattutto per lo sviluppo tecnologico dei supporti (cavi e tralicci in acciaio, elementi in fibra di vetro o legno trattato). La manutenzione comprende l'irrigazione, se necessaria, la rimozione delle parti secche. Solitamente gli schermi sono posti su superfici pavimentate o in prossimità di muri, durante la manutenzione è importante accertarsi che la perdita di foglie non intasi pavimentazioni e altri sistemi in prossimità.



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

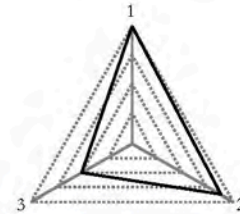
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

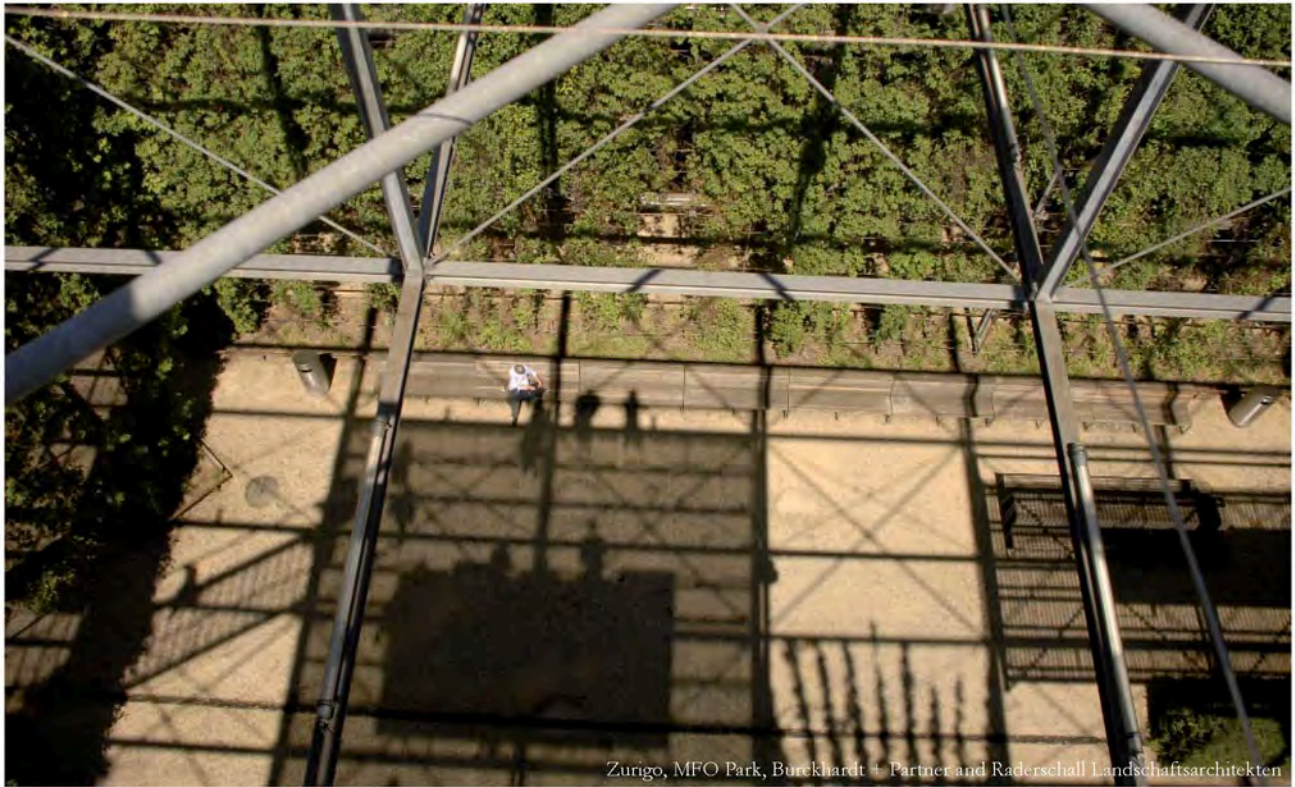
- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



Zurigo, MFO Park, Burckhardt + Partner and Raderschall Landschaftsarchitekten



Zurigo, MFO Park, Burckhardt + Partner and Raderschall Landschaftsarchitekten



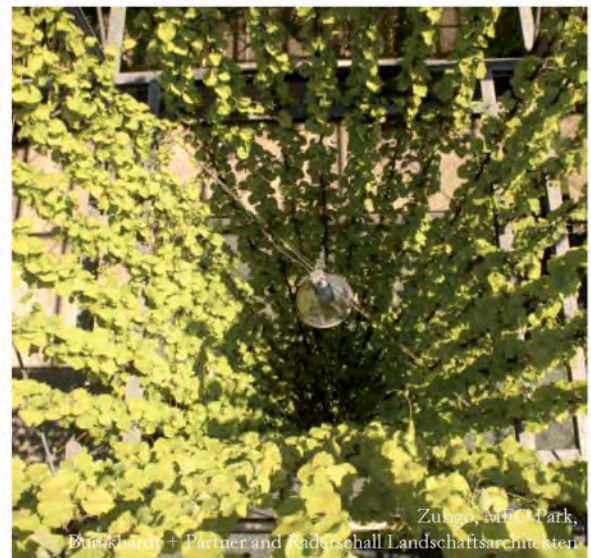
Zurigo, MFO Park, Burckhardt + Partner and Raderschall Landschaftsarchitekten



Zurigo, MFO Park, Burckhardt + Partner and Raderschall Landschaftsarchitekten



Zurigo, MFO Park, Burckhardt + Partner and Raderschall Landschaftsarchitekten

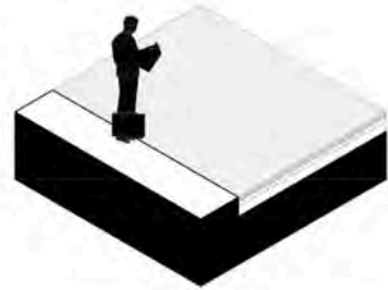


Zurigo, MFO Park, Burckhardt + Partner and Raderschall Landschaftsarchitekten

sistema antropico	artificiale	sistema delle pavimentazioni	superficie	asfalto chiaro
-------------------	-------------	------------------------------	------------	----------------

L'asfalto è un conglomerato di aggregato calcareo e bitume. Fa parte della categoria dei materiali bituminosi. Tale materiale è utilizzato storicamente come materiale da costruzione e, attualmente, per le pavimentazioni stradali e i marciapiedi. Esso è composto da una miscela di ghiaia, sabbia e bitume. La lavorazione dell'asfalto avviene ad alte temperature, infatti esso deve raggiungere uno stato semifluido per poter essere messo in opera e poi pressato con appropriate macchine stenditrici. A seconda del tipo di inerte i manti sono più o meno permeabili (vedi l'asfalto drenante utilizzato per le autostrade). Attualmente il conglomerato può essere arricchito da pigmenti colorati o altri aggregati (per esempio vetro riciclato trattato) per conferire al manto caratteri diversi, un'estetica

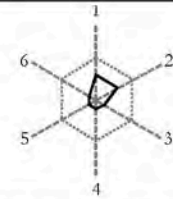
particolare e colorazioni più chiare (albedo maggiore, quindi minor assorbimento di calore). Un'ulteriore innovazione è data dalla presenza di additivi fotocatalitici, che rendono tale materiale reagente agli inquinanti permettendo un'azione depurativa. Nei progetti di recupero dello spazio aperto, è spesso soggetto all'applicazione di vernici colorate, per caratterizzare lo spazio e per aumentare l'albedo delle superfici. La manutenzione come la sostituzione del manto sono agevoli. La dismissione del materiale prevede un possibile riutilizzo all'interno di nuovi conglomerati.



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*

1. irraggiamento ● ○ ○	2. temperatura operativa ● ○ ○
3. umidità relativa ○ ○ ○	4. velocità del vento ○ ○ ○

5. naturalezza ○ ○ ○
6. stimolazione ambientale ○ ○ ○



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

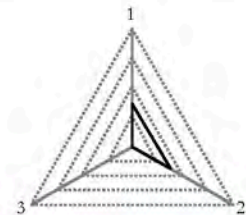
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



Kolding, Nicola Kulturcenter, Kristine Jensen (ph. Landezine)



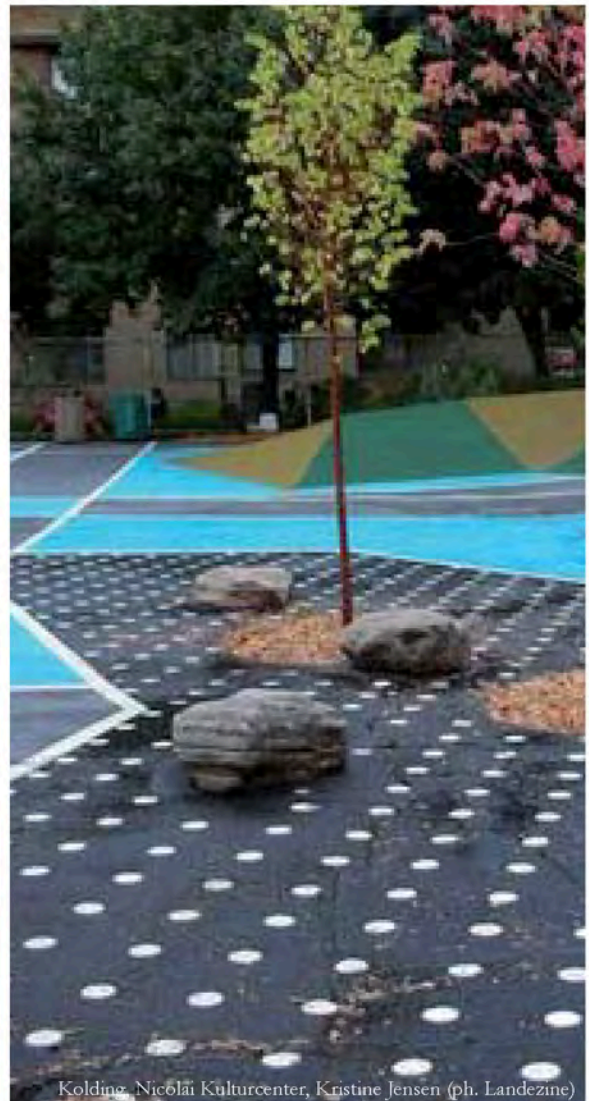
Amsterdam, Olympic Stadium, Buro Sant en Co (ph. ant en Co)



Mestre, Nicoletta Guerrin (ph. Nicoletta Guerrin)



Kolding, Nicolai Kulturcenter, Kristine Jensen (ph. Landezine)

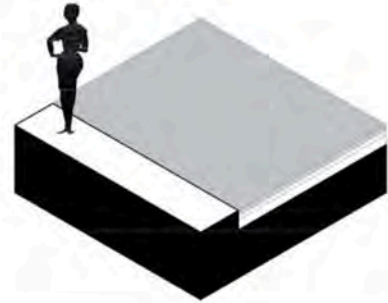


Kolding, Nicolai Kulturcenter, Kristine Jensen (ph. Landezine)

sistema antropico	artificiale	sistema delle pavimentazioni	superficie	asfalto scuro
-------------------	-------------	------------------------------	------------	---------------

L'asfalto è un conglomerato di aggregato calcareo e bitume. Fa parte della categoria dei materiali bituminosi. Tale materiale è utilizzato storicamente come materiale da costruzione e, attualmente, per le pavimentazioni stradali e i marciapiedi. Esso è composto da una miscela di ghiaia, sabbia e bitume. La lavorazione dell'asfalto avviene ad alte temperature, infatti esso deve raggiungere uno stato semifluido per poter essere messo in opera e poi pressato con appropriate macchine stenditrici. A seconda del tipo di inerte i manti sono più o meno permeabili (vedi l'asfalto drenante utilizzato per le autostrade). Attualmente il conglomerato può essere arricchito da pigmenti colorati o altri aggregati (per esempio vetro riciclato trattato) per conferire al manto caratteri diversi, un'estetica

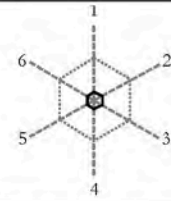
particolare e colorazioni più chiare (albedo maggiore, quindi minor assorbimento di calore). Un'ulteriore innovazione è data dalla presenza di additivi fotocatalitici, che rendono tale materiale reagente agli inquinanti permettendo un'azione depurativa. Nei progetti di recupero dello spazio aperto, è spesso soggetto all'applicazione di vernici colorate, per caratterizzare lo spazio e per aumentare l'albedo delle superfici. La manutenzione come la sostituzione del manto sono agevoli. La dismissione del materiale prevede un possibile riutilizzo all'interno di nuovi conglomerati.



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*

1. irraggiamento ○○○	2. temperatura operativa ○○○
3. umidità relativa ○○○	4. velocità del vento ○○○

5. naturalezza ○○○	6. stimolazione ambientale ○○○
-----------------------	-----------------------------------



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

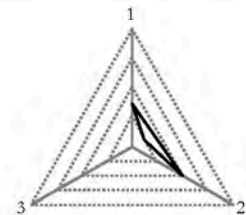
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

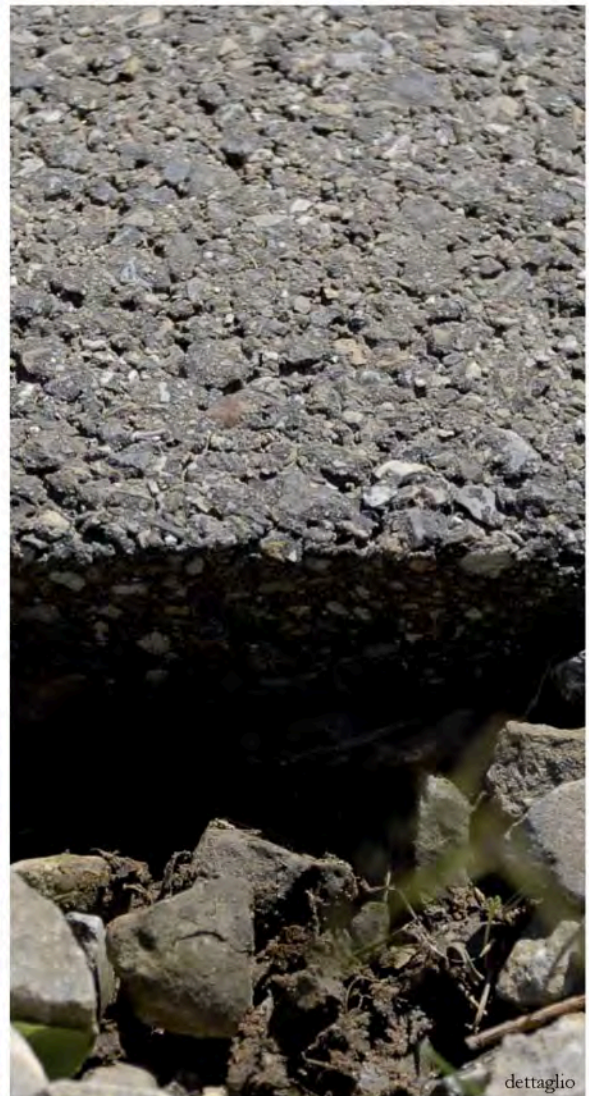
- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



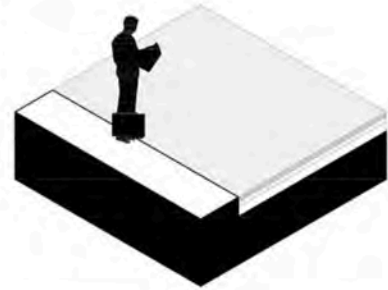
Bordeaux, Hangar 14 Base Sous-Marine



sistema antropico	artificiale	sistema delle pavimentazioni	superficie	cemento chiaro
-------------------	-------------	------------------------------	------------	----------------

Il cemento è un legante idraulico e viene utilizzato come materiale da costruzione per le proprietà che acquisisce se miscelato con acqua (proprietà adesive). Tale legante viene solitamente utilizzato in miscela con materiali inerti (sabbia, pietrisco, ghiaia) per ottenere il conglomerato di cemento o, più comunemente, il calcestruzzo. Questo materiale è molto utilizzato, oltre che per la costruzione di edifici, nella realizzazione di spazi aperti (pavimentazioni e complementi di arredo). Il conglomerato si presta a moltissime variazioni. La miscela può assumere colorazioni differenti (aggiunta di pigmenti colorati o inerti particolari, come vetro riciclato o aggregati di colorazione differente) oppure diventare particolarmente resistente con l'aggiunta di

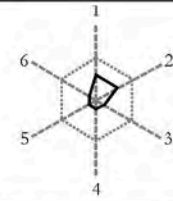
un'armatura (acciaio, fibre di carbonio), può essere soggetta all'applicazione di vernici fotocatalitiche oppure diventare estremamente drenante. Le pavimentazioni in cemento possono essere gettate in opera o presentarsi come lastre prefabbricate. Sono inoltre molto utilizzate le pavimentazioni in masselli di cemento autobloccanti, il cui vantaggio sta nella facilità di messa in opera e nella possibilità di eseguire pavimentazioni permeabili (utilizzando conglomerati drenanti con giunti non sigillati o inerbiti). Il vantaggio di tale sistema sta nella facilità di messa in opera (se prefabbricato) e nella possibilità di avere un'ampia varietà di soluzioni di superficie.



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*

1. irraggiamento ● ○ ○	2. temperatura operativa ● ○ ○
3. umidità relativa ○ ○ ○	4. velocità del vento ○ ○ ○

5. naturalezza ○ ○ ○
6. stimolazione ambientale ○ ○ ○



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

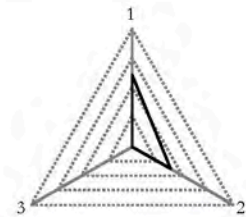
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



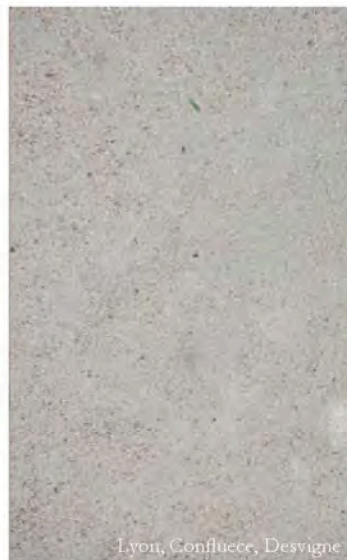
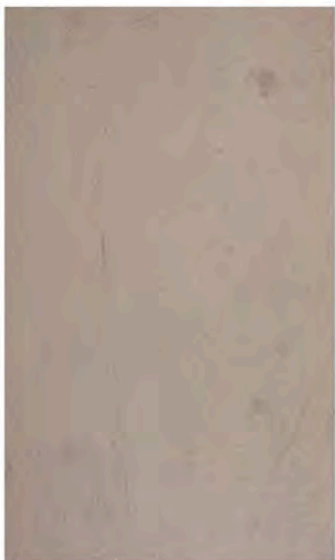
Lyon, Quai du Rhone, In-Situ



Lyon, place 8 mai 1945, In Situ



Lyon, Quai du Rhone, In Situ



Lyon, Confluence, Desvigne

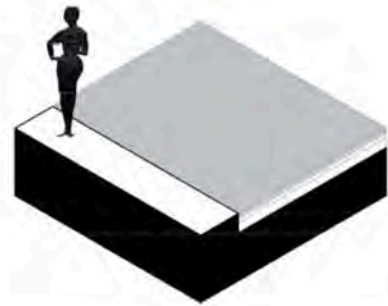


Lyon, esplanade Croix-rouse, Gautier - Conquer

sistema antropico	artificiale	sistema delle pavimentazioni	superficie	cemento scuro
-------------------	-------------	------------------------------	------------	---------------

Il cemento è un legante idraulico e viene utilizzato come materiale da costruzione per le proprietà che acquisisce se miscelato con acqua (proprietà adesive). Tale legante viene solitamente utilizzato in miscela con materiali inerti (sabbia, pietrisco, ghiaia) per ottenere il conglomerato di cemento o, più comunemente, il calcestruzzo. Questo materiale è molto utilizzato, oltre che per la costruzione di edifici, nella realizzazione di spazi aperti (pavimentazioni e complementi di arredo). Il conglomerato si presta a moltissime variazioni. La miscela può assumere colorazioni differenti (aggiunta di pigmenti colorati o inerti particolari, come vetro riciclato o aggregati di colorazione differente) oppure diventare particolarmente resistente con l'aggiunta di

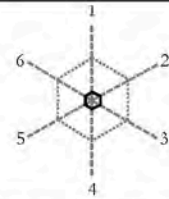
un'armatura (acciaio, fibre di carbonio), può essere soggetta all'applicazione di vernici fotocatalitiche oppure diventare estremamente drenante. Le pavimentazioni in cemento possono essere gettate in opera o presentarsi come lastre prefabbricate. Sono inoltre molto utilizzate le pavimentazioni in masselli di cemento autobloccanti, il cui vantaggio sta nella facilità di messa in opera e nella possibilità di eseguire pavimentazioni permeabili (utilizzando conglomerati drenanti con giunti non sigillati o inerbiti). Il vantaggio di tale sistema sta nella facilità di messa in opera (se prefabbricato) e nella possibilità di avere un'ampia varietà di soluzioni di superficie.



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*

1. irraggiamento ○○○	2. temperatura operativa ○○○
3. umidità relativa ○○○	4. velocità del vento ○○○

5. naturalezza ○○○	6. stimolazione ambientale ○○○
-----------------------	-----------------------------------



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

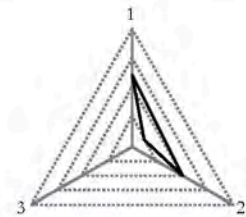
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



Tokyo, Urban dock LaLaport Toyosu, Earthscape (ph. Okomura)



Williamo street, Western Australia, Hassell (ph. Hassell)



Tilburg, the Hill Square, Buro Sant en Co (ph. Buro Sant en Co)

sistema antropico	artificiale	sistema delle pavimentazioni	superficie	laterizio chiaro
-------------------	-------------	------------------------------	------------	------------------

Il laterizio è un materiale a base di argilla in pasta porosa, realizzato attraverso un processo che prevede la cottura finale dell'elemento in forni appositi. Con questo nome si indicano una serie di elementi da costruzione (varie tipologie di mattoni, pignatte e tavelle, coppi o tegole). Nel caso dell'applicazione di tale materiale per lo spazio aperto viene privilegiato l'uso di un laterizio resistente al gelo e agli sbalzi di temperatura. Esso offre una vasta gamma di possibilità progettuali. La colorazione del laterizio deriva dal processo di lavorazione, dalla scelta dell'argilla e dei possibili ulteriori aggregati. La gamma dei colori è ampia (dal rosso al giallo per le colorazioni più chiare, dall'antracite al bordeaux per quelle più scure). Per le pavimentazioni d'esterno è importante

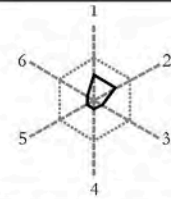
l'esecuzione dei giunti, essi non devono superare i 5 mm per permettere il corretto trasferimento delle forze. La posa degli elementi può seguire varie conformazioni geometriche, il sistema, infatti, presenta il pregio di poter diversificare una pavimentazione pur utilizzando lo stesso materiale e la stessa colorazione. Il laterizio ha bisogno di poca manutenzione, è facile da sostituire e si presta a realizzazioni pregevoli in fase di dismissione: come inerte per nuovi conglomerati e quindi per la realizzazione di nuova pavimentazione, come pacciamatura di superfici inerbite (quando viene frantumato in seguito alle demolizioni) o come laterizio forato associato a terra vegetale (pavimentazioni drenanti).



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*

1. irraggiamento ● ○ ○	2. temperatura operativa ● ○ ○
3. umidità relativa ○ ○ ○	4. velocità del vento ○ ○ ○

5. naturalezza ○ ○ ○
6. stimolazione ambientale ○ ○ ○



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

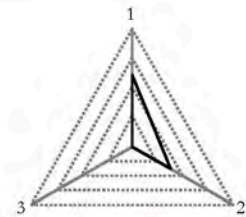
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

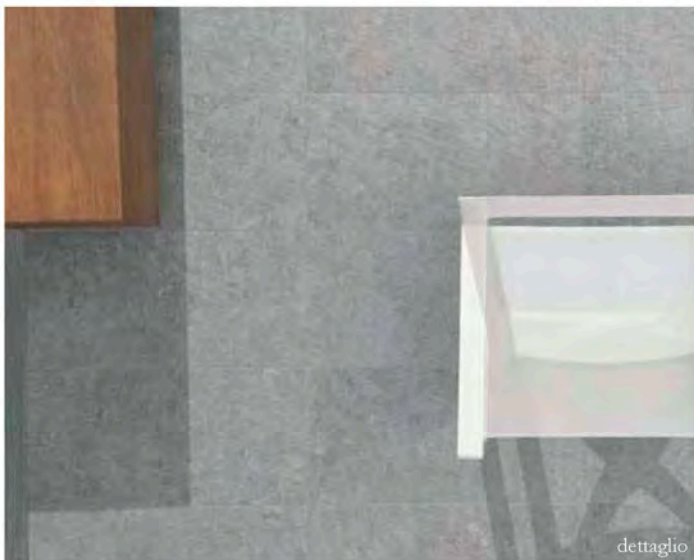
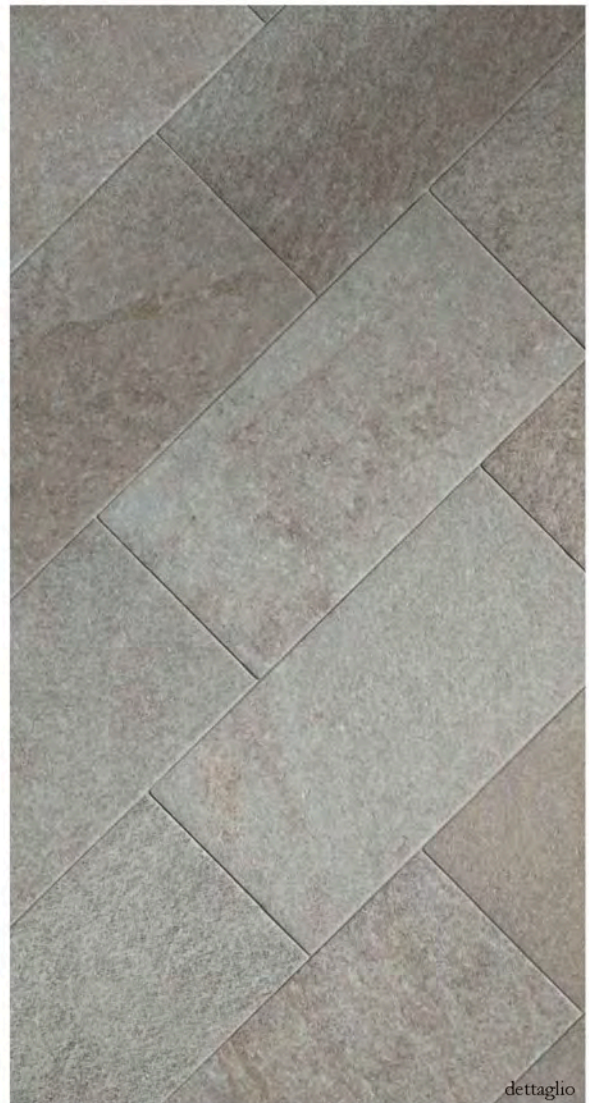
- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



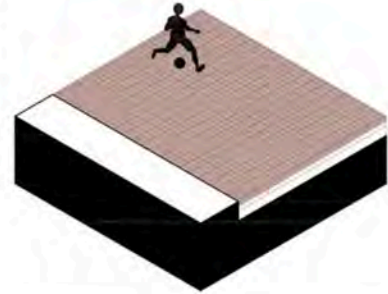
Lilla, General de Gaulle Square, Atelier des paysages Eruel-Delmar, (pl), M. (4/2016)



sistema antropico	artificiale	sistema delle pavimentazioni	superficie	laterizio scuro
-------------------	-------------	------------------------------	------------	-----------------

Il laterizio è un materiale a base di argilla in pasta porosa, realizzato attraverso un processo che prevede la cottura finale dell'elemento in forni appositi. Con questo nome si indicano una serie di elementi da costruzione (varie tipologie di mattoni, pignatte e tavelle, coppi o tegole). Nel caso dell'applicazione di tale materiale per lo spazio aperto viene privilegiato l'uso di un laterizio resistente al gelo e agli sbalzi di temperatura. Esso offre una vasta gamma di possibilità progettuali. La colorazione del laterizio deriva dal processo di lavorazione, dalla scelta dell'argilla e dei possibili ulteriori aggregati. La gamma dei colori è ampia (dal rosso al giallo per le colorazioni più chiare, dall'antracite al bordeaux per quelle più scure). Per le pavimentazioni d'esterno è importante

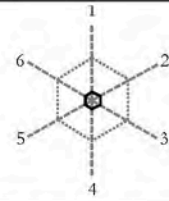
l'esecuzione dei giunti, essi non devono superare i 5 mm per permettere il corretto trasferimento delle forze. La posa degli elementi può seguire varie conformazioni geometriche, il sistema, infatti, presenta il pregio di poter diversificare una pavimentazione pur utilizzando lo stesso materiale e la stessa colorazione. Il laterizio ha bisogno di poca manutenzione, è facile da sostituire e si presta a realizzazioni pregevoli in fase di dismissione: come inerte per nuovi conglomerati e quindi per la realizzazione di nuova pavimentazione, come pacciamatura di superfici inerbite (quando viene frantumato in seguito alle demolizioni) o come laterizio forato associato a terra vegetale (pavimentazioni drenanti).



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*

1. irraggiamento ○○○	2. temperatura operativa ○○○
3. umidità relativa ○○○	4. velocità del vento ○○○

5. naturalezza ○○○
6. stimolazione ambientale ○○○



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

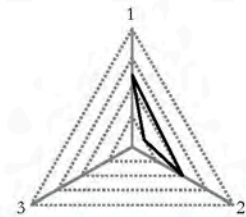
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

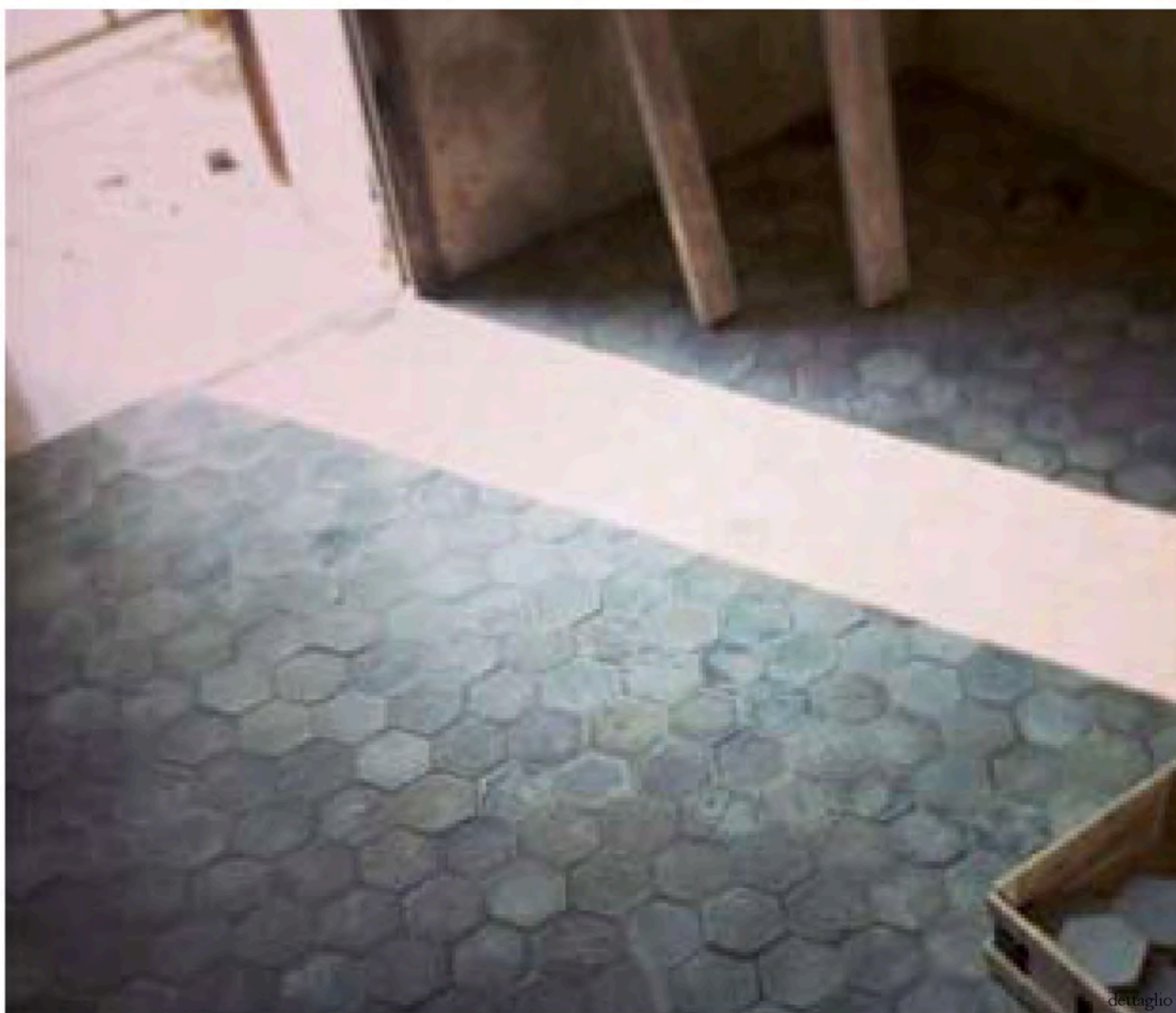
- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



Almazán, Palza mayor de almazn, Churtichaga Quadra Salcedo (ph. Fernando Guerra)



Almazán, Palza mayor de almazn, Churtichaga Quadra Salcedo (ph. Fernando Guerra)



dettaglio

<p>sistema antropico</p>	<p>artificiale</p>	<p>sistema delle pavimentazioni</p>	<p>superficie</p>	<p>legno</p>
--------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------------	--------------

Nato come rivestimento per sedute e arredi urbani, il legno viene oggi utilizzato come superficie di rivestimento per intere pavimentazioni di spazi pubblici. L'utilizzo di tale materiale risponde a molteplici esigenze di carattere sociale, economico, ambientale. Il legno è un materiale a basso contenuto di energia grigia e per questo sostenibile ed ecocompatibile. La scanalatura realizzata sulla sua superficie permette una migliore aderenza anche in condizioni di bagnato. La densità media e la bassa capacità termica rendono il legno un materiale che risente poco delle differenti condizioni climatiche, rimanendo freddo nei periodi estivi e caldo nei periodi invernali. Tali proprietà fisiche lo rendono un materiale perfetto per il controllo climatico degli spazi aperti. Inoltre

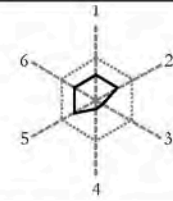
le pavimentazioni in legno, solitamente posate a secco su apposite strutture di sostegno che la sollevano dal livello strutturale vero e proprio, diventano superfici permeabili, contribuendo così a migliorare la gestione delle acque piovane. Esistono differenti tipologie di legno da esterno. Tra i più resistenti e costosi, si ricordano il legno Ipe – Lapacho, l'Iroko (Teak africano) e il Cumaru (Teak sudamericano): tali legni sono in grado di resistere fino dai 30 ai 40 anni senza alcuna manutenzione. Altri legni più economici, come per esempio il Douglasia, devono invece essere trattati ogni anno con vernici e impregnanti. Tali trattamenti incidono sui costi di manutenzione dello spazio pubblico.



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*

<p>1. irraggiamento</p> <p>● ○ ○ ○</p>	<p>2. temperatura operativa</p> <p>● ○ ○ ○</p>
<p>3. umidità relativa</p> <p>○ ○ ○ ○</p>	<p>4. velocità del vento</p> <p>○ ○ ○ ○</p>

<p>5. naturalezza</p> <p>● ○ ○ ○</p>	<p>6. stimolazione ambientale</p> <p>● ○ ○ ○</p>
--------------------------------------	--



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

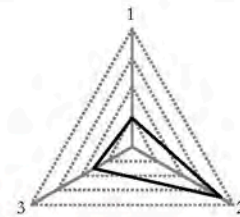
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

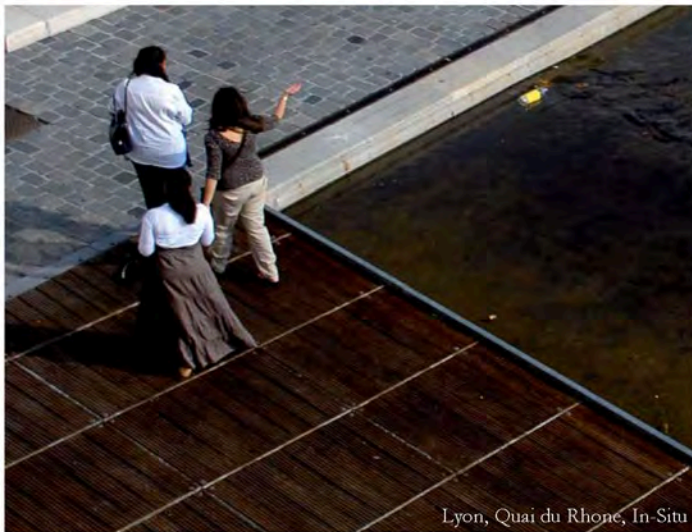
- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



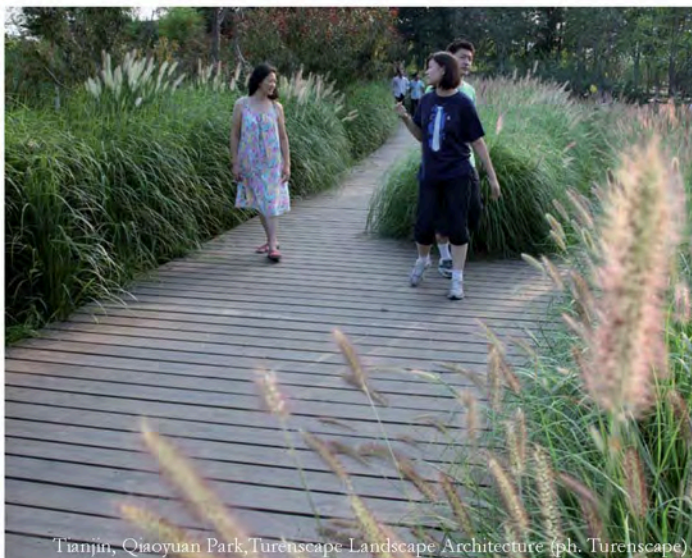
Tel Aviv, parco public square, Alivand Kasal, Architettura (ph. Iwan Baan)



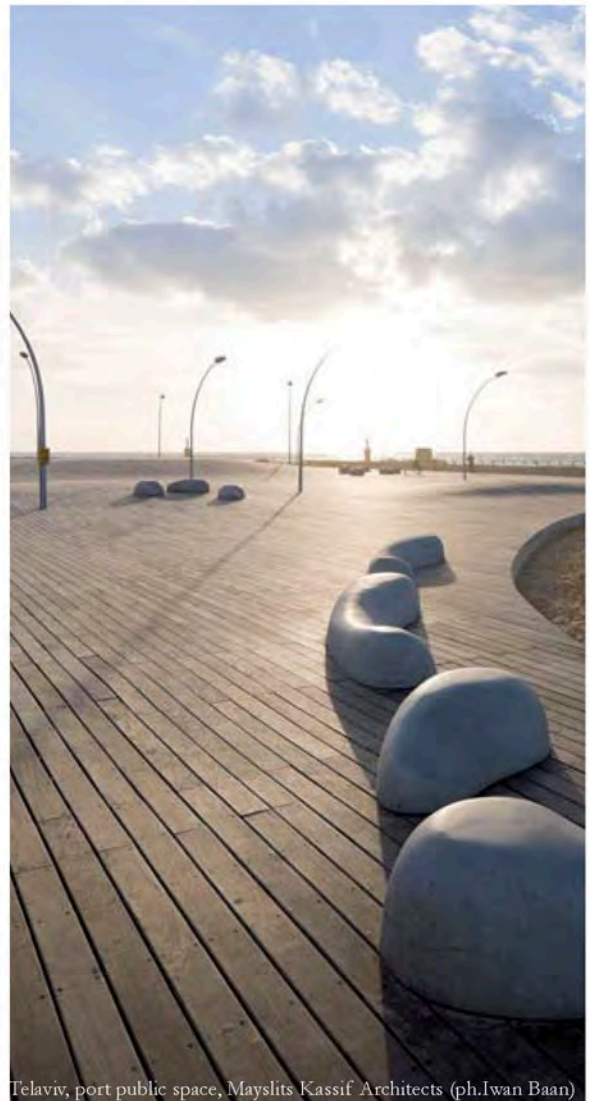
Lyon, Place des Célestins, Dalnoky&Desvigne



Lyon, Quai du Rhone, In-Situ



Tianjin, Qiaoyuan Park, Turenscape-Landscape Architecture (ph. Turenscape)

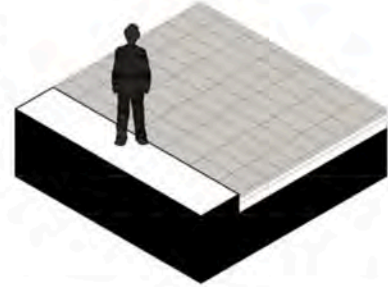


Telaviv, port public space, Mayslits Kassif Architects (ph.Iwan Baan)

sistema antropico	artificiale	sistema delle pavimentazioni	superficie	pietra chiara
-------------------	-------------	------------------------------	------------	---------------

La pietra è presente in natura secondo differenti strutture, conformazioni, colorazioni, che rendono tale materiale versatile e adatto a moltissime applicazioni. Questa varietà è possibile anche grazie alle differenti lavorazioni che vengono attuate sul materiale. La classificazione del materiale è data dalla norma UNI EN 1267: ogni tipo di pietra viene distinta secondo il nome commerciale, il nome scientifico, il sito di appartenenza e le caratteristiche descrittive (colore, grana). Si distinguono tre grandi famiglie: rocce magmatiche (tra le quali basalto e granito), rocce sedimentarie (come le arenarie e le rocce calcaree), rocce metamorfiche (come la quarzite). A seconda di come viene utilizzata, la pietra dovrebbe rispondere a requisiti di resistenza al

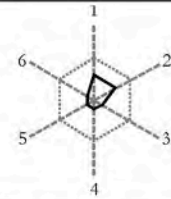
gelo, all'abrasione, alla compressione, alla tensione, alla dilatazione termica. Per pavimentazioni in ambienti molto affollati si utilizzerà una pietra resistente all'abrasione e con ottime caratteristiche meccaniche, per pavimentazioni a contatto con il suolo o in climi molto freddi si farà attenzione alla resistenza al gelo. Per la messa in opera è importante porre attenzione al sistema drenante, i giunti tra gli elementi possono essere sigillati o non sigillati (giunti inerbiti o riempiti con materiale drenante). Gli elementi possono essere posati in lastre, masselli, listelli, ciottoli, secondo le esigenze estetiche e funzionali della pavimentazione.



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*

1. irraggiamento ● ○ ○	2. temperatura operativa ● ○ ○
3. umidità relativa ○ ○ ○	4. velocità del vento ○ ○ ○

5. naturalezza ○ ○ ○	6. stimolazione ambientale ○ ○ ○
-------------------------	-------------------------------------



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

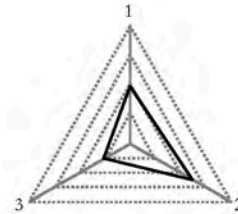
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

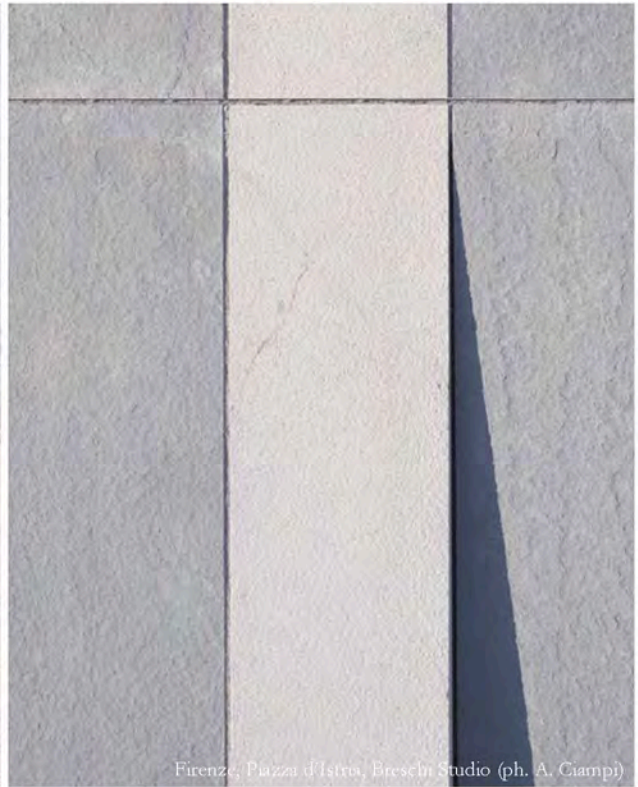
- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



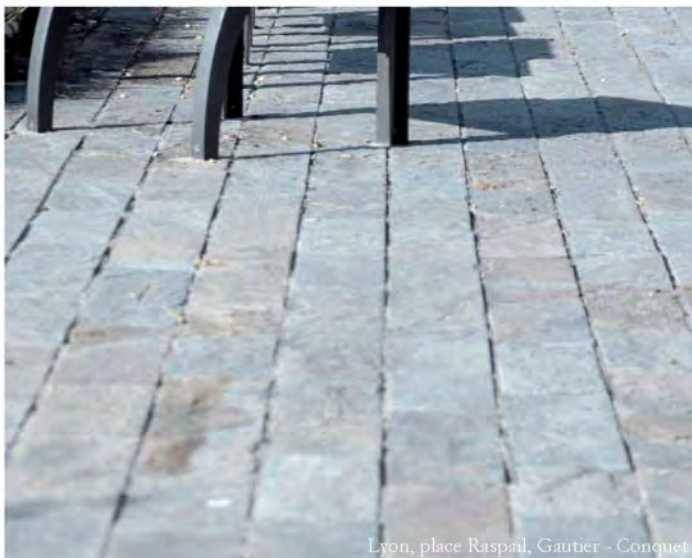
Pradamano, Udine. Piazza della Chiesa di Donico-Mammico (pl. A. Pertoldo)



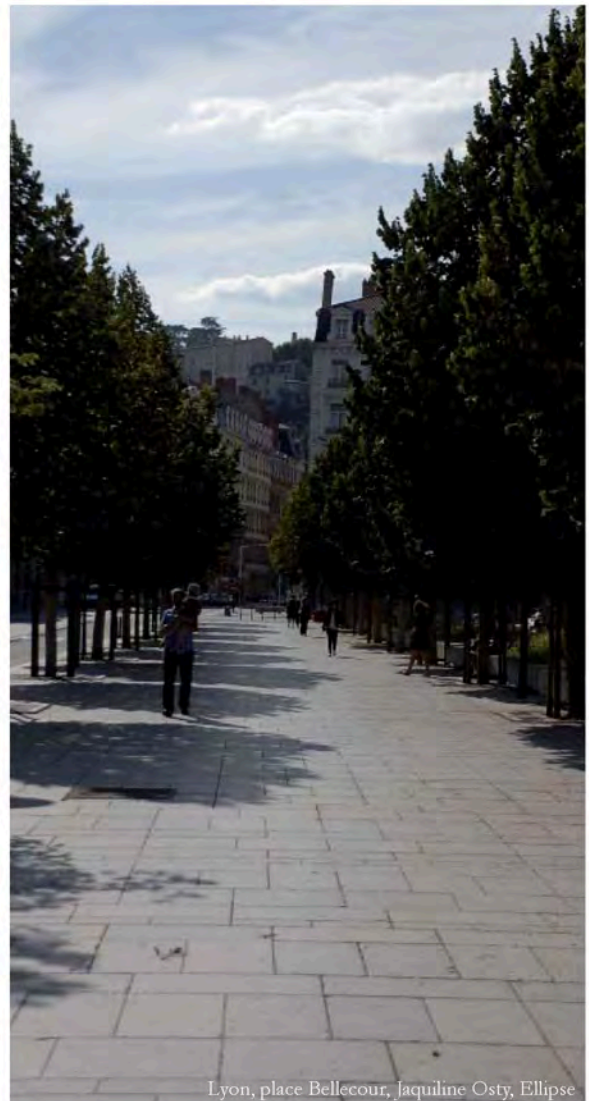
Firenze, Piazza d'Istria, Breschi Studio (ph. A. Ciampi)



Lyon, place 8 mai 1945, In-Situ



Lyon, place Raspail, Gautier - Conquet

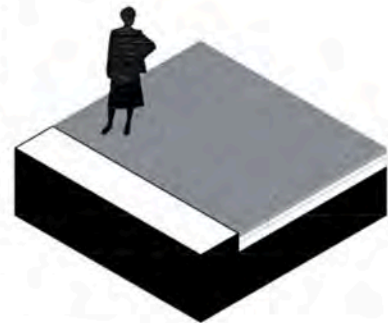


Lyon, place Bellecour, Jaquiline Osty, Ellipse

sistema antropico	artificiale	sistema delle pavimentazioni	superficie	pietra scura
-------------------	-------------	------------------------------	------------	--------------

La pietra è presente in natura secondo differenti strutture, conformazioni, colorazioni, che rendono tale materiale versatile e adatto a moltissime applicazioni. Questa varietà è possibile anche grazie alle differenti lavorazioni che vengono attuate sul materiale. La classificazione del materiale è data dalla norma UNI EN 1267: ogni tipo di pietra viene distinta secondo il nome commerciale, il nome scientifico, il sito di appartenenza e le caratteristiche descrittive (colore, grana). Si distinguono tre grandi famiglie: rocce magmatiche (tra le quali basalto e granito), rocce sedimentarie (come le arenarie e le rocce calcaree), rocce metamorfiche (come la quarzite). A seconda di come viene utilizzata, la pietra dovrebbe rispondere a requisiti di resistenza al

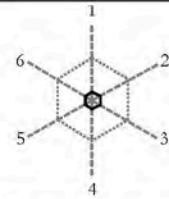
gelo, all'abrasione, alla compressione, alla tensione, alla dilatazione termica. Per pavimentazioni in ambienti molto affollati si utilizzerà una pietra resistente all'abrasione e con ottime caratteristiche meccaniche, per pavimentazioni a contatto con il suolo o in climi molto freddi si farà attenzione alla resistenza al gelo. Per la messa in opera è importante porre attenzione al sistema drenante, i giunti tra gli elementi possono essere sigillati o non sigillati (giunti inerbiti o riempiti con materiale drenante). Gli elementi possono essere posati in lastre, masselli, listelli, ciottoli, secondo le esigenze estetiche e funzionali della pavimentazione.



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*

1. irraggiamento ○○○	2. temperatura operativa ○○○
3. umidità relativa ○○○	4. velocità del vento ○○○

5. naturalezza ○○○	6. stimolazione ambientale ○○○
-----------------------	-----------------------------------



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

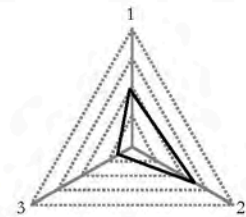
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



Parigi, Place de la Republique, TVK - Trévelo & Viger-Kohler (ph. C. Guillaume)



Roma, via del portico d'Ottavia



Bordeaux, Place de Mirror, Michel Corajoud



pavimentazione pietra di luserna



pavimentazione pietra di luserna

sistema antropico	artificiale	sistema delle pavimentazioni	superficie	conglomerati sintetici chiari
-------------------	-------------	------------------------------	------------	-------------------------------

Le caratteristiche fisiche più importanti dei materiali sintetici sono la plasticità e l'elasticità (quindi l'adattabilità), la loro resistenza agli agenti chimici e atmosferici, la loro impermeabilità, bassa densità e la possibilità di avere superfici di colori brillanti o trasparenti. I materiali plastici sono materiali organici o semiorganici costituiti da polimeri e altri additivi. I polimeri possono essere naturali (come il latex o la cellulosa). Si possono suddividere in: termoplastici (polietilene, polistirene, policarbonato); termoindurenti (resine); elastomeri (gomma). I termoplastici possono essere facilmente lavorati quando raggiungono una certa temperatura, e grazie alla loro leggerezza e resistenza a rottura possono essere utilizzati come partizioni trasparenti al posto

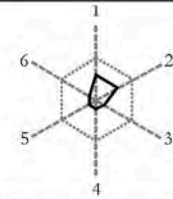
del vetro. I termoindurenti vengono realizzati con processi chimici che ne permettono la durezza e la resistenza alle alte temperature. Le gomme naturali e sintetiche sono invece elastomeri, e sono caratterizzate da un comportamento elasto plastico, vengono utilizzate soprattutto per le aree da gioco o per lo sport. Generalmente questi materiali sono facili da colorare. I materiali trasparenti sono soggetti ad ingiallimento nel tempo. Per avere migliori performance possono essere "armati" con fibre di vetro ed avere una maggiore libertà di conformazione. La materie plastiche sono in genere facilmente riciclabili (eccezione fatta per gli elastomeri che possono essere riciclati solo se ridotti in granulati).



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*

1. irraggiamento ● ○ ○	2. temperatura operativa ● ○ ○
3. umidità relativa ○ ○ ○	4. velocità del vento ○ ○ ○

5. naturalezza ○ ○ ○
6. stimolazione ambientale ○ ○ ○



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

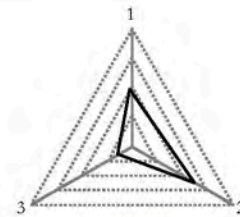
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



Tokyo, Urban dock LaLaport Toyosu, Earthscape (ph. Okomura)



Quebec, Fleur de Sel, UrbanBs (ph. UrbanBs)



Tokyo, Urban dock LaLaport Toyosu, Earthscape (ph. Okomura)

sistema antropico	artificiale	sistema delle pavimentazioni	superficie	conglomerati sintetici scuri
-------------------	-------------	------------------------------	------------	------------------------------

Le caratteristiche fisiche più importanti dei materiali sintetici sono la plasticità e l'elasticità (quindi l'adattabilità), la loro resistenza agli agenti chimici e atmosferici, la loro impermeabilità, bassa densità e la possibilità di avere superfici di colori brillanti o trasparenti. I materiali plastici sono materiali organici o semiorganici costituiti da polimeri e altri additivi. I polimeri possono essere naturali (come il latex o la cellulosa). Si possono suddividere in: termoplastici (polietilene, polistirene, policarbonato); termoindurenti (resine); elastomeri (gomma). I termoplastici possono essere facilmente lavorati quando raggiungono una certa temperatura, e grazie alla loro leggerezza e resistenza a rottura possono essere utilizzati come partizioni trasparenti al posto

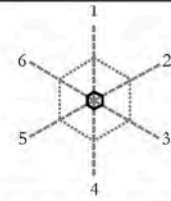
del vetro. I termoindurenti vengono realizzati con processi chimici che ne permettono la durezza e la resistenza alle alte temperature. Le gomme naturali e sintetiche sono invece elastomeri, e sono caratterizzate da un comportamento elasto plastico, vengono utilizzate soprattutto per le aree da gioco o per lo sport. Generalmente questi materiali sono facili da colorare. I materiali trasparenti sono soggetti ad ingiallimento nel tempo. Per avere migliori performance possono essere "armati" con fibre di vetro ed avere una maggiore libertà di conformazione. Le materie plastiche sono in genere facilmente riciclabili (eccezione fatta per gli elastomeri che possono essere riciclati solo se ridotti in granulati).



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*

1. irraggiamento ○○○	2. temperatura operativa ○○○
3. umidità relativa ○○○	4. velocità del vento ○○○

5. naturalezza ○○○	6. stimolazione ambientale ○○○
-----------------------	-----------------------------------



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

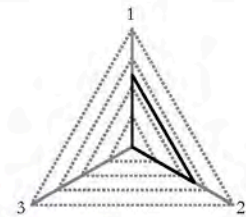
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



Teledo, Piazza Federico G. Lorca, Romario Vallejo arquitectos (p.t. Romario Vallejo)



Sankt Gallen, Piazza Raiffeisen, Carlos Martinez (ph.C.Martinez)



Toledo, Paseo Federico G. Lorca, Romero Vallejo arquitectos (ph. Romero Vallejo)



Toledo, Paseo Federico G. Lorca, Romero Vallejo arquitectos (ph. Romero Vallejo)

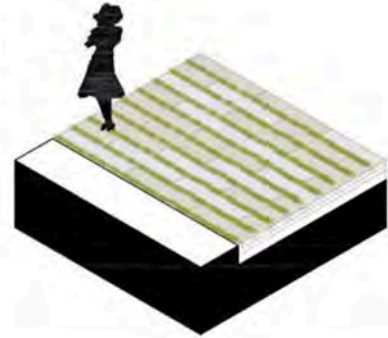


Sankt Gallen, Piazza Raiffeisen, Carlos Martinez (ph.C.Martinez)

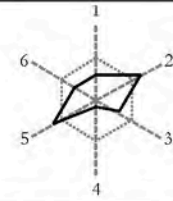
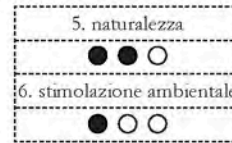
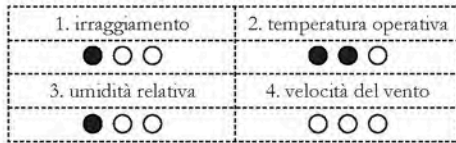
<p>sistema antropico</p>	<p>artificiale</p>	<p>sistema delle pavimentazioni</p>	<p>superficie</p>	<p>superfici drenanti</p>
--------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------------	---------------------------

Le pavimentazioni drenanti in autobloccanti sono sistemi tecnologici ibridi, costituiti da elementi rigidi modulari, che definiscono solitamente una griglia strutturale, e un superficie drenante o trattata a verde, che definisce i giunti tra gli elementi. Tale tecnologia permette di realizzare una superficie rigida e resistente, capace di portare il peso di autoveicoli e, allo stesso tempo, una superficie permeabile, ideale per la gestione delle acque meteoriche. La superficie drenante, solitamente trattata a verde, può raggiungere il 60% - 80 % dell'intera superficie pavimentata (dipende dalla progettazione dei sistemi tecnologici). I blocchi modulari sono solitamente realizzati in cemento, ma possono essere anche elementi di pietra. Tali elementi sono disposti a

costituire una griglia, riempita con un substrato di terreno vegetale o di pietrisco drenante, la distanza tra gli elementi modulari è variabile, maggiore è la frazione di vuoto tra gli elementi maggiore è il livello di permeabilità. Tali sistemi rispondono ad un complesso sistema esigenziale, resistenza ai carichi, percentuale di superficie verde, accessibilità ciclo-pedonale, raffinatezza estetico-percettiva, incremento del comfort termico, resistenza all'usura, bassa manutenzione.



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

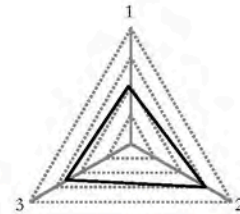
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia



Torre Pacheco, Urban spaces and Library Park, Martín Lejarraga Architecture (ph. David Frutos)



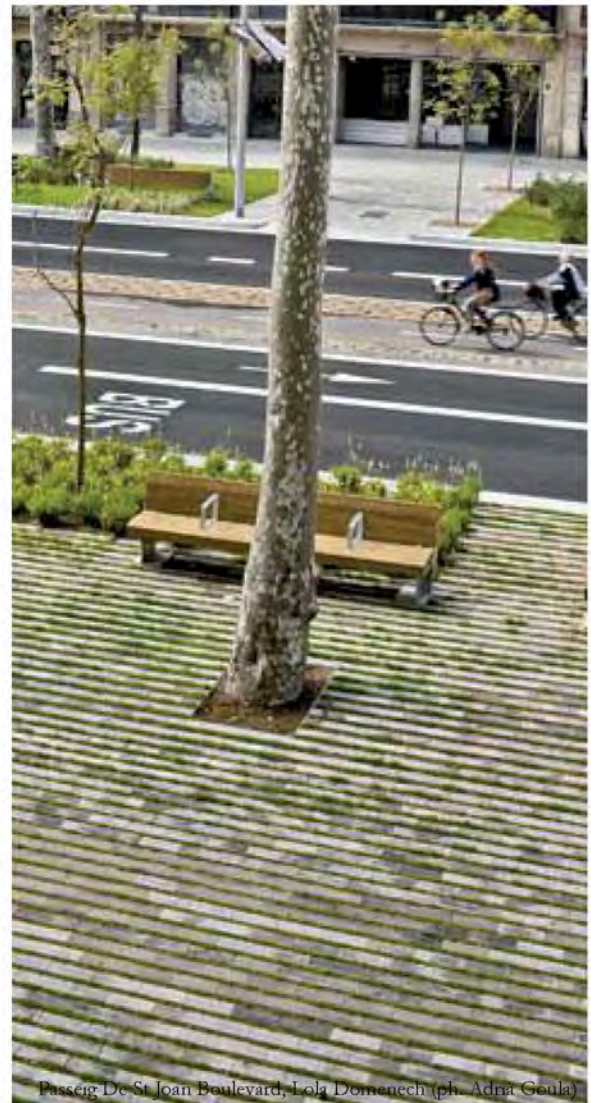
Barcelona, Passeig De St Joan Boulevard, Lola Domenech (ph. Adria Goula)



Lyon, Quai du Rhone, In Situ



Barcelona, Passeig De St Joan Boulevard, Lola Domenech (ph. Adria Goula)

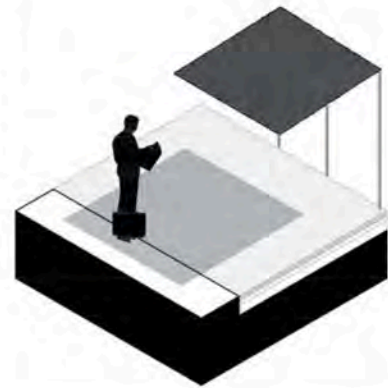


Passeig De St Joan Boulevard, Lola Domenech (ph. Adria Goula)

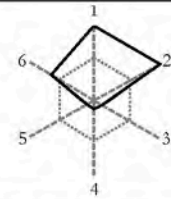
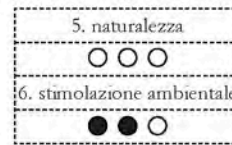
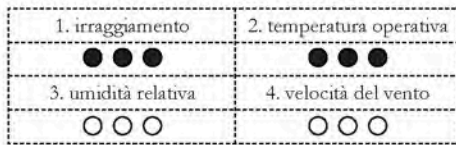
sistema antropico	artificiale	sistema delle pavimentazioni	superficie	terra battuta
-------------------	-------------	------------------------------	------------	---------------

Gli elementi di schermatura possono essere realizzati in molteplici forme, dimensioni e materiali. Tali schermi si presentano come piccole strutture nello spazio pubblico che svolgono funzione di protezione (schermi solari, acustici, di riparo da agenti atmosferici). La progettazione di questi elementi prevede spesso l'integrazione di ulteriori dispositivi determinando l'importanza di tali elementi all'interno dello spazio urbano (un solo elemento può fornire ombreggiamento, sedute pubbliche, illuminazione, protezione dalla pioggia, produzione di energia). Caratteri costitutivi di queste strutture sono l'adattabilità allo spazio urbano, la loro temporaneità e modularità, la facilità di messa in opera e di utilizzo. Solitamente vengono privilegiati materiali leggeri e strutture

di facile realizzazione (strutture in alluminio o legno, rivestimenti in materiali plastici, listelli in legno o bambù, alluminio). Lo schermo può essere trattato diversamente secondo le esigenze di luce e protezione che bisogna garantire. Questi sistemi sono posti in corrispondenza di spazi per la sosta o per l'attesa dei mezzi pubblici, a protezione di percorsi pedonali o di spazi per il parcheggio, oppure possono essere strutture più grandi per ospitare eventi o mercati. Per quanto concerne il comfort termico gli elementi di schermatura sono spesso integrati a sistemi di piante rampicanti o a dispositivi di raffrescamento (come nebulizzatori o specchi d'acqua).



Comfort termico. Grado di incidenza del sistema tecnologico sui *parametri ambientali e percettivi*



Obiettivi Generali. Valutazione della *capacità di incidenza trasversale* del sistema tecnologico sulle problematiche generali

1 Economico (sistema istituzionale)

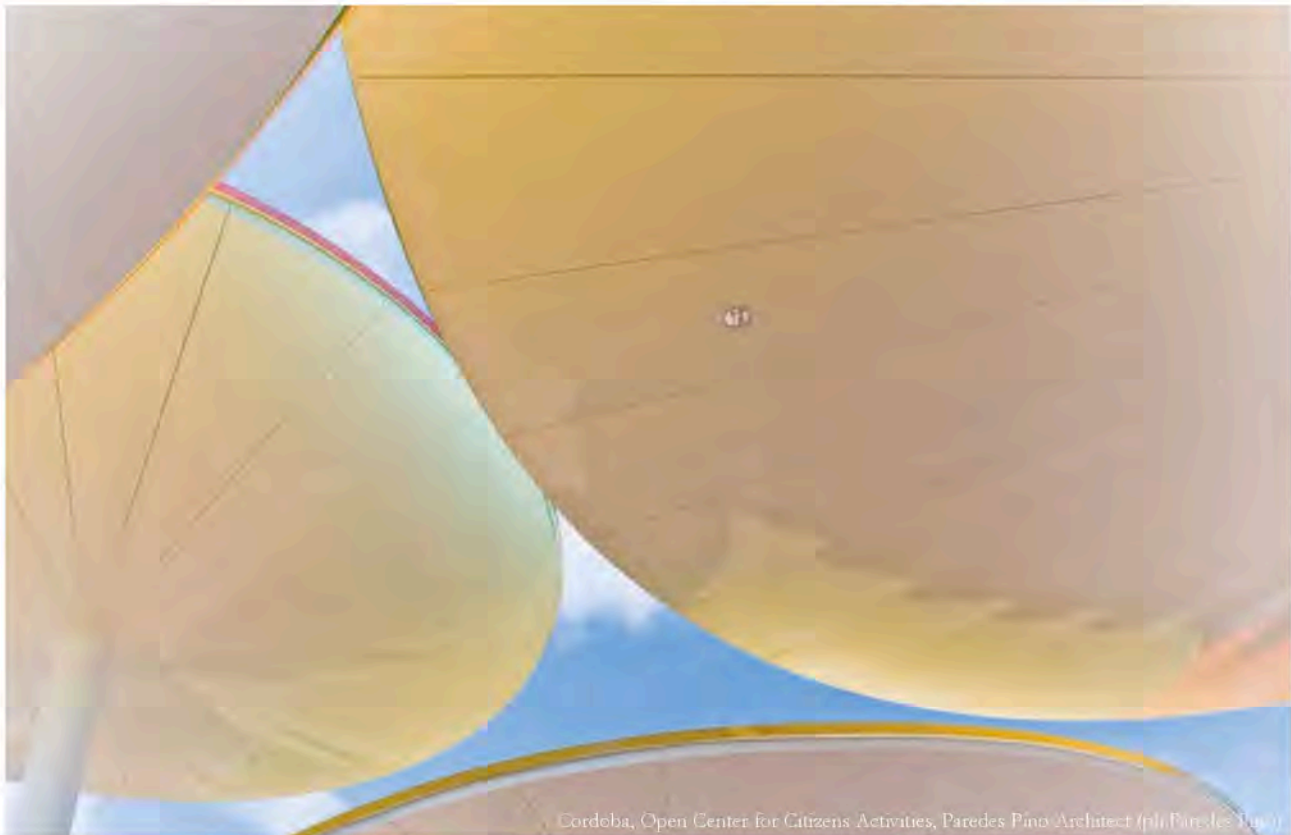
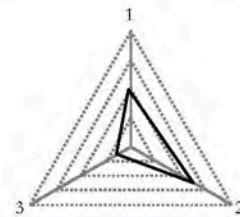
- 1.1 economicità di realizzazione
- 1.2 durabilità
- 1.3 resa prestazionale
- 1.4 partecipazione nella gestione
- 1.5 economicità di gestione
- 1.6 valore didattico-informativo
- 1.7 capacità produttiva
- 1.8 integrabilità

2 Sociali (sistema antropico)

- 2.1 fruibilità e accessibilità
- 2.2 flessibilità di usi
- 2.3 integrazione di illuminazione
- 2.4 sicurezza di accesso
- 2.5 comfort termico
- 2.6 comfort acustico
- 2.7 comfort visuale
- 2.8 comfort olfattivo
- 2.9 comfort tattile

3 Ambientali (sistema naturale)

- 3.1 naturalezza
- 3.2 biodiversità
- 3.3 capacità di bonifica
- 3.4 capacità di depurazione
- 3.5 capacità di purificazione
- 3.6 controllo termico
- 3.7 permeabilità suolo
- 3.8 produttività energetica
- 3.9 basso consumo energia grigia

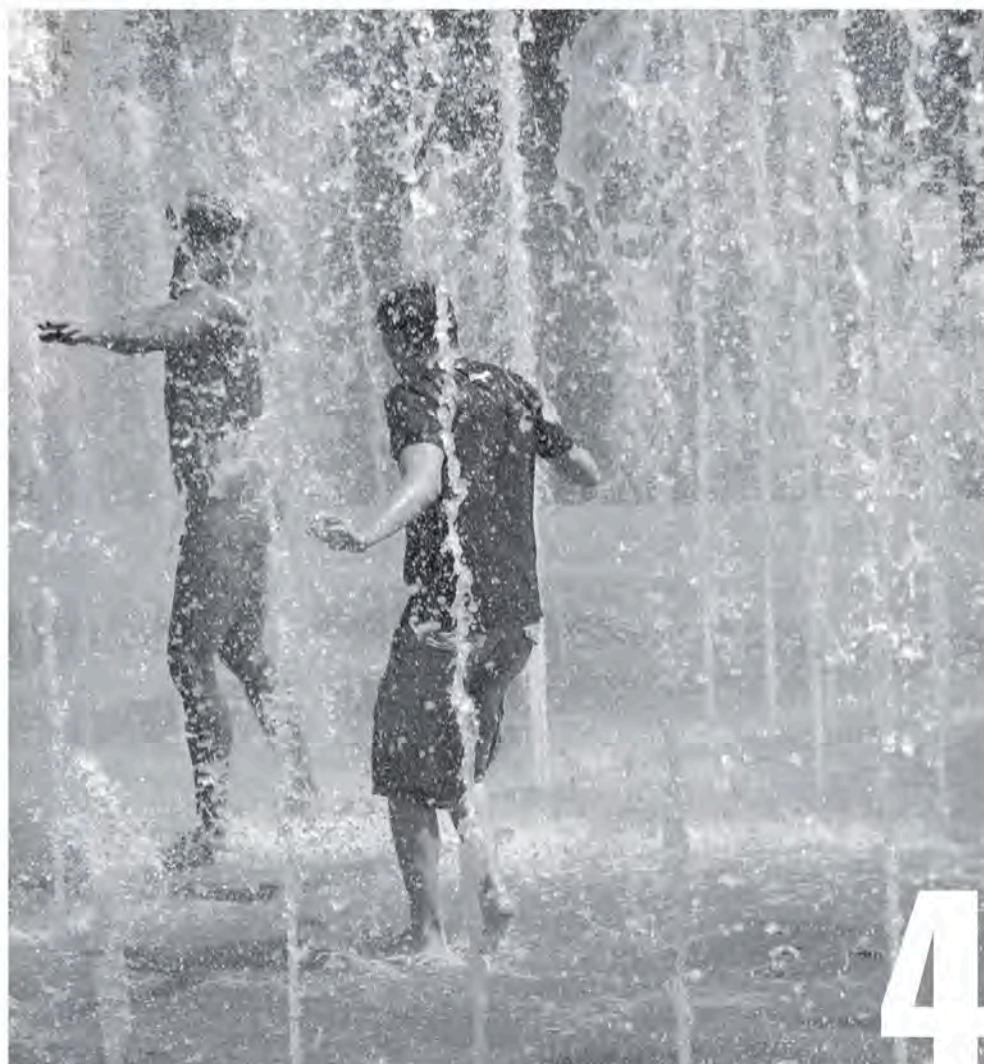


Cordoba, Open Center for Citizens Activities, Paredes Pino Architects (pl. Paredes Pino)



IL COMFORT TERMICO NEGLI *AMBIENTI* URBANI APERTI

1. *ESSERE UMANO, AMBIENTE, PERCEZIONE ATMOSFERICA*
2. IL COMFORT AMBIENTALE
3. IL COMFORT TERMICO



Definito l'ambito della ricerca e le motivazioni che hanno portato a tale scelta, nel presente capitolo si introducono due concetti fondamentali: il concetto di *ambiente* e quello di *percezione atmosferica*. Tali concetti permettono di inscrivere il presente lavoro all'interno di un più ampio dibattito internazionale, che indaga proprio l'ambiente per meglio comprendere la relazione che con esso instaura l'essere umano. La presente ricerca si inserisce all'interno di questo più ampio quadro, limitando, come già motivato nei precedenti capitoli, l'ambito di indagine al comfort termico negli spazi urbani aperti.

In particolare, nel presente capitolo si descrive quell'insieme di ricerche internazionali e differenti esperienze che studiano, attraverso metodologie di indagine interdisciplinare, il concetto di ambiente e le componenti che lo costituiscono, per comprendere come queste influenzino la percezione atmosferica di un luogo, e quindi la qualità percepita. La descrizione di queste esperienze di ricerca (professionale, artistica, universitaria, ecc.) permette di definire, attraverso una ampia casistica di esempi, il concetto di ambiente e le sue declinazioni. All'interno di questo più ampio campo di indagine, il capitolo descrive il ruolo che assume il comfort ambientale nel definire la qualità di uno luogo, focalizzando l'attenzione in particolare sul comfort termico. Le pagine conclusive del capitolo contengono una *literature review* sul tema del comfort termico, descrivendo l'evoluzione di tale concetto e la sua declinazione prima per gli spazi indoor, poi per quelli outdoor. Individuati i due principali modelli valutativi (approccio fisiologico e approccio adattivo), il capitolo si conclude con un quadro sinottico che descrive le componenti ambientali che definiscono la qualità termica di uno spazio urbano aperto, aprendo la strada ad un nuovo modello valutativo sintetico.

1. ESSERE UMANO, AMBIENTE E PERCEZIONE ATMOSFERICA

OLTRE IL MODERNISMO: LA NECESSITÀ DI UN NUOVO MODELLO INTERPRETATIVO DELLA REALTÀ

I capitoli precedenti hanno descritto sinteticamente le problematiche di carattere sociale, economico ed ambientale che oggi caratterizzano i contesti urbani e hanno evidenziato come vi sia una forte correlazione tra tali problematiche, l'alto tasso di urbanizzazione che ha caratterizzato la crescita urbana del '900 e l'assenza di qualità urbana. Questa condizione appare evidente se si osservano con attenzione quei quartieri periferici nati nel dopoguerra, che più di tutte le altre aree urbane, mostrano i limiti del modello di sviluppo proposto dal modernismo. Alla base di tale modello, vi era, infatti, la convinzione che la qualità di un ambiente urbano potesse essere definita semplicemente attraverso normative di tipo meramente quantitativo (gli standard) e processi di progettazione lineari. Tale approccio, riducendo la realtà a semplici parametri quantitativi, si è dimostrato incapace di comprendere a fondo la *complessità* che regola la relazione essere umano - ambiente, favorendo così l'insorgere o l'incrementarsi proprio di quelle problematiche per le quali proponeva azioni risolutive.

Crisi del modello di sviluppo Moderno

Il fallimento di tale modello di sviluppo urbano, evidenziato da alcuni registi del neorealismo italiano a partire già dal primo dopoguerra (Rossellini, De Sica, ecc.), fu messo definitivamente in discussione pochi anni più tardi anche dalla letteratura scientifica di settore. Appare chiaro come oggi sia necessario individuare un nuovo modello di sviluppo, capace di meglio comprendere le componenti che definiscono la qualità di un ambiente e, quindi, capace di scongiurare la «perdita di quei caratteri che non solo rendono appetibile la città, ma che sono alla base della vita umana» (Indovina 2005).

Proporre, però, un nuovo modello di sviluppo significa in questo caso, non solo rimettere in discussione quello proposto dal modernismo, ma rivedere complessivamente le basi che stanno alla base del pensiero modernista, ovvero proprio quel paradigma interpretativo della realtà sul quale poi si è costruito tutto il pensiero moderno. Solo superando, infatti, quell'approccio *riduzionista* alla realtà, che ha caratterizzato il pensiero del primo '900, è possibile ridefinire un nuovo modello, in grado di decodificare e controllare la complessità e, quindi, di proporre approcci strategici capaci di risolvere quelle problematiche urbane descritte nei capitoli precedenti. Solo attraverso questo cambio di paradigma è possibile tornare a progettare spazi di qualità, ovvero quegli «*habitat* nei quali l'uomo trova la miglior condizione per il proprio sviluppo ed evoluzione» (Indovina 2005).

della proposta. Definire la qualità in questi termini permette di proporre un concetto aperto di qualità, adeguato ad accogliere le nuove istanze derivanti dalla comprensione profonda della realtà e dal variare del quadro esigenziale, e di superare i limiti dettati dalle normative precedenti, troppo stringenti, e incapaci di adeguarsi alle nuove scoperte e ai cambiamenti socioculturali.

L'approccio esigenziale, qui brevemente descritto, è riconducibile a quell'indagine più generale che si sviluppa attorno alla comprensione del rapporto essere umano – ambiente. Solo infatti comprendendo a fondo questa relazione è possibile superare il modello riduzionista del moderno e ridefinire la posizione che l'essere umano assume all'interno di quel complesso sistema che è la realtà, le relazioni che con essa si instaurano, le componenti che la costituiscono e che influenzano il continuo evolvere dei sistemi socio-culturale, ambientale, tecnologico ed economico. Solo attraverso un revisione radicale di questo rapporto è possibile ridefinire un nuovo quadro esigenziale e ricomprendere le nuove istanze derivanti da tali mutazioni., superando così i limiti del pensiero modernista. L'approccio prestazionale consiste, in sintesi, nel considerare le nuove esigenze dell'utenza come «come quell'insieme di condizioni necessarie ai vari soggetti interessati per svolgere una determinata attività in una situazione ambientale specifica», esigenze basate sulla «definizione delle prestazioni richieste, ossia la quantificazione in termini qualitativi dei requisiti» che portano alla definizione di parametri prestazionali, e quindi alla «definizione dell'elaborazione progettuale, inteso come il sistema delle prestazioni fornite a livello espressivo, funzionale e tecnologico» (De Ferrati et al. 1994).

Un approccio complesso

Se l'approccio prestazionale è riuscito a superare il limite delle normative quantitative, associando al concetto di qualità quello di esigenza, non si è rilevato però totalmente adeguato alla definizione di un concetto più ampio di qualità. Il meccanismo di valutazione della qualità, legato al sistema esigenza – requisito – prestazione, infatti, definisce un modello di valutazione ancora lineare, che fatica a controllare le relazioni trasversali che si instaurano tra le componenti della realtà.

In altre parole, è possibile evitare gli stessi errori del passato, solo rivedendo il modello interpretativo della realtà, considerandone la *complessità* intrinseca e i *comportamenti emergenti* che la caratterizzano, ridefinendo un sistema esigenziale di riferimento aperto, capace di consentire l'aggiornamento del quadro esigenziale, la definizione dei requisiti, le nuove proposte prestazionali richieste, ma anche la valutazione delle relazioni che tra le varie parti si instaurano. Si definisce così un modello interpretativo complesso, il solo capace oggi di definire il concetto di qualità e le componenti che lo influenzano.

Per costruire tale modello, diventa però necessario ridefinire la relazione essere umano-realtà e il ruolo che all'interno di essa assume l'essere umano stesso, «come in un nuovo umanesimo [...], ristudiando o riscoprendo le caratteristiche fisiche e psicologiche, le esigenze e le aspettative di ogni persona» (Tatò 1990).

MODELLI INTERPRETATIVI A CONFRONTO: DAL CONCETTO DI SPAZIO A QUELLO DI LUOGO

La comprensione della relazione essere *umano - realtà* è una delle questioni che la scienza, qualsiasi forma assuma, indaga da sempre. Il fenomeno è stato letto, nel corso dei secoli, secondo chiavi di lettura e con strumenti critici diversi a seconda delle differenti discipline, ma tutte con il medesimo fine: la definizione di un modello interpretativo del

reale sempre più attendibile.

Come in tutte le altre discipline, siano esse la filosofia o la biologia, la scienza o la geografia, anche nell'architettura si riscontra una costante volontà di comprensione e di decodificazione della realtà. Senza voler andare troppo indietro nel tempo, basti ricordare, a titolo esemplificativo, alcuni dei principali autori, che a cavallo degli anni Sessanta e Settanta, utilizzando strumenti critici offerti dal tempo, hanno cercato di decodificare la realtà, costruendo quei sistemi interpretativi che ancora oggi sono alla base di alcune delle metodologie più efficaci ed attuali nel fare architettura. Tra questi non si possono non ricordare Kevin Lynch e gli studi sulla percezione della città (1960), Aldo Rossi e la lettura morfologica della città (1966), Robert Venturi e D. Scott Brown ed gli studi sulla complessità delle città e sul ruolo della macchina all'interno di essa (1966), Reyner Banham e l'analisi della città come insieme di usi differenti della stessa città (1971), Christopher Alexander e lo studio dei *pattern urbani* (1977), Rem Koolhaas e la comprensione dei fenomeni di *congestione* e di crescita delle megalopoli (1978), Manfredi Nicoletti e l'idea dell'*ecosistema urbano* (1978), ecc. Tutte queste ricerche hanno cercato di interpretare la realtà partendo dalla sua complessità, decodificandone le componenti e le relazioni che si instaurano tra esse, fissando così alcuni punti fermi della letteratura interpretativa, ancora oggi ritenuti estremamente attuali (Zardini 2013).

È a partire proprio da queste ricerche che si è cominciato a mettere in discussione l'approccio riduzionista alla realtà proposto dal movimento moderno, cercando di definire un così un modello alternativo capace di comprenderne il grado di complessità, le componenti qualitative che la costituiscono, la relazione che con essa instaura l'essere umano (Carmona 2003).

Per raggiungere tale obiettivo è stato necessario rivedere il concetto stesso di *realtà*, che può essere decifrato solo facendo riferimento ad un *approccio complesso*: la comprensione della realtà passa dall'interazione tra saperi di campi disciplinari differenti, che solo un approccio olistico e interdisciplinare è in grado di gestire (Morin 1990). Considerando tali premesse e vista la disponibilità di nuovi strumenti di analisi e i contributi di ricerche afferenti ad altre discipline scientifiche, è stato possibile per la ricerca indagare sempre più nel profondo la relazione *essere umano-realtà*.

Ad oggi, come ricorda il geografo Franco Farinelli, si possono individuare due concetti chiave, che rappresentano due modelli diametralmente opposti di interpretazione della relazione essere umano-realtà. Sono i concetti di *spazio* e *luogo* (Farinelli 2003).

Il concetto di *spazio* definisce un rapporto che si struttura in una separazione tra osservatore e oggetto osservato. Tale pensiero, che ha caratterizzato la modernità, ha costruito una visione dell'uomo come una entità separata rispetto allo spazio nel quale vive e, in quanto tale, relazionata ad essa solo tramite la vista. L'invenzione della prospettiva è la più chiara rappresentazione di questo fenomeno: architetture e spazi fatti per essere visti fissamente, dove l'equilibrio tra le parti solitamente simmetriche regge se l'osservatore si situa nel preciso punto di fuga. Architetture che, come quadri, costruiscono spazialità unidirezionali. La misura, il metro, diventa strumento di progetto per il controllo di uno spazio disegnato, controllato dall'esterno.

Nonostante il forte mutamento nel corso dei secoli del contesto economico e socioculturale, tale approccio ha fortemente influenzato l'architettura fino al secolo scorso. Il Movimento Moderno per buona parte, infatti, continuava a basarsi principalmente su un approccio puramente visivo. La riproposizione dell'essere umano, come centro del fare architettura, *modulo* del dimensionamento standardizzato per gli spazi e per le componenti edilizie, ragionava ancora e soprattutto in termini visivi e metrici. Non più una visione legata a quel decoro che aveva caratterizzato l'architettura

Il concetto di spazio

fino ai primi anni del '900, ma piuttosto un vedere distaccatamente il paesaggio, un vedere utile per controllare totalmente lo spazio.

Tutte le trasformazioni e le innovazioni metodologiche introdotte dal movimento moderno, legate ai nuovi materiali, all'influenza della visione industriale, all'attenzione ad alcune componenti ambientali quali luce ed aria, non sono ancora sufficienti a cambiare il punto d'interpretazione del rapporto che intercorre tra essere umano e realtà. L'approccio Moderno, alla base della maggior parte delle normative e degli strumenti regolatori ancora vigenti, definiva infatti parametri spaziali quantitativi come solo strumento per determinare la qualità di uno spazio. Tale metodologia, seppur parte necessaria di un processo di ricerca, si è dimostrata essere non sempre uno strumento sufficiente al fine di definire la qualità di uno spazio. Conseguenza estrema, infatti, di tale atteggiamento è la costruzione di ambienti neutri, astratti, visivamente controllabili, un'architettura che fa della vista il principale oggetto di ricerca, ma che produce oggetti identici a se stessi, elementi in serie che caratterizzano le periferie del dopoguerra, incapaci di rappresentare l'eterogeneità del reale.

Il concetto di luogo

Una soluzione a tali problematiche può essere ritrovata solo attraverso un approccio progettuale *complesso* capace di gestire, appunto, quella complessità intrinseca alla relazione essere umano-realtà. La crisi del modello interpretativo moderno, infatti, ha portato alla definizione di un secondo concetto più complesso, quello di *luogo* (Farinelli 2003), da intendere non come una separazione, bensì come una fusione tra essere umano e realtà. Fusione nella quale la relazione uomo-realtà viene mediata dal sistema complesso dei sensi. Questo modello interpretativo ha messo in discussione il ruolo dominante della dimensione visuale, che per tutto il moderno è stato il criterio principale con il quale è stata analizzata la relazione essere umano - spazio.

UN NUOVO MODELLO INTERPRETATIVO: IL CONCETTO DI AMBIENTE

«Dovremmo quindi rivolgere tutta l'attenzione possibile a tutti gli aspetti non visivi dell'ambiente» (Richard Neutra 1954).

Il concetto di ambiente

Nel tentativo di studiare una approccio progettuale volto alla definizione di luoghi piuttosto che di spazi diventa necessario introdurre il concetto di *ambiente*, trasposizione all'architettura del concetto geografico di *luogo*. Per ambiente si intende tutto ciò che circonda l'essere umano e può essere inteso come la totalità delle componenti che costruiscono una realtà complessa, ovvero «l'insieme delle condizioni naturali (fisiche, chimiche, biologiche) e culturali (sociologiche) suscettibili di agire sugli organismi viventi e sulle attività umane» (dizionario Petit Robert 1964). Proprio questa complessità, alla base della relazione tra essere umano e contesto, ci porta ad affermare che tale relazione non possa essere semplicemente definita facendo riferimento alla percezione visiva dello stesso, ma per la sua comprensione, diventa necessario ricorrere ad una lettura mediata dalla totalità del sistema sensoriale: solo in questo modo infatti si è capaci di decodificare gli input che sono trasmessi dall'ambiente (Merleau-Ponty 1945).

La realtà, quindi, non può più essere intesa come qualcosa che sta al di fuori di noi ma, come ricorda Heidegger, come «un inestricabile rete di relazioni fisiche e mentali le cui parti sono definite dalle relazioni con il tutto, in cui osservatore e osservato, oggetto e soggetto sono inseparabili e indistinguibili» e dove, come scrive Michel Serres, «non c'è nulla dell'intelletto che prima non passi dai sensi».



Fig. 02: l'immagine mostra la relazione complessa che si instaura tra essere umano ed ambiente (fonte: Philippe Rahm)

L'osservazione e lo studio dell'ambiente nel suo complesso, come materia dell'architettura, non sono un fenomeno recente. Già Vitruvio pone l'attenzione su tali tematiche, affrontandole con strumenti empirici legati alla mera osservazione. Attraverso l'utilizzo di nuove tecnologie e di saperi afferenti ad altre discipline scientifiche, quali per esempio la psicologia, la fisiologia, la geografia o la fisica tecnica, è stato oggi possibile indagare l'essenza invisibile di tale materia.

Tali indagini, che sono forzatamente interdisciplinari, hanno dimostrato che definire l'ambiente come un semplice *vuoto* sia errato nella misura in cui si tralascia, da tale definizione, la considerazione di quelle *componenti invisibili* alla vista, ma percepite ugualmente dall'essere umano attraverso gli altri sensi.

Concludendo, si può definire quindi il termine ambiente come quel complesso insieme di *componenti visibili ed invisibili* (Merleau-Ponty 1959), fisiche e culturali, capaci di influenzare la percezione umana di uno spazio. Come ricorda Foucault, «non viviamo in uno spazio omogeneo e vuoto, ma al contrario, in uno spazio carico di qualità». E sono proprio tali componenti, che incidono su queste qualità, a non essere state comprese dal modello riduzionista moderno. Riconsiderare a fondo il significato di ambiente permette di analizzarne le componenti e, quindi, di definire meglio lo stesso concetto di qualità.

AMBIENTE E ATMOSFERA: DUE CONCETTI CONNESSI

La totalità delle componenti che costituiscono l'*ambiente*, siano esse *visibili* come la radiazione solare o *intangibili* come gli odori ed i suoni, contribuiscono a definire l'*atmosfera* di un luogo, ovvero a costruire la qualità complessiva (positiva o negativa) percepita dall'essere umano che all'interno di quel luogo si trova. Questi due concetti sono tra di loro indissolubilmente legati: se da una parte infatti l'*ambiente* indica quell'insieme di condizioni naturali (fisiche, chimiche, biologiche) e culturali (sociologiche) suscettibili di agire sugli organismi viventi e sulle attività umane, dall'altra il concetto di *atmosfera* indica l'insieme di quegli «stati affettivi e proprio - corporei suscitati nel soggetto» proprio

La percezione atmosferica

da quelle situazioni esterne, ovvero da quelle componenti che costruiscono l'ambiente (Griffero 2010). In altre parole, l'essere umano vive all'interno di un ambiente le cui componenti, influenzandone lo stato emotivo, incidono sulla sensazione di benessere percepito.

Comprendere, infatti, quali siano le componenti ambientali che incidono sulla percezione di un luogo, significa conoscere quei fattori che influenzano la sua atmosfera e, infine, la sua qualità in senso lato. Lo studio di tali fattori diventa il punto di partenza per sviluppare nuovi modelli interpretativi della realtà, i soli ad essere capaci di costruire strumenti progettuali idonei a controllare la complessità del sistema nel quale viviamo.

Nelle prossime pagine verrà data una definizione più specifica del concetto di atmosfera e di quei fattori che la influenzano.

Una definizione di atmosfera

L'atmosfera di un luogo, come anticipato, indica la qualità emotiva irradiata da un ambiente e dalle cose. È qualcosa che per sua stessa natura assume una dimensione spaziale e trova nello spazio il suo campo di azione: «le atmosfere sono sì sentimenti ma sentimenti anzitutto esterni, effusi in una dimensione spaziale e vincolati a situazioni» che godono di quella «medesima priorità che normalmente [...] spetta al momento figurale complessivo rispetto ai suoi singoli componenti, al bosco, ad esempio, percepito prima dei singoli alberi. Che cioè si percepisca una qualche valenza atmosferica dell'intero ambiente in cui ci si trova ben prima di avvertire l'eventuale atmosfera dei suoi singoli elementi» (ivi: 36). La percezione infatti di questi sentimenti, non è un processo interiore di elaborazione di singoli segnali «che dall'esterno tramite stimoli fisici giungono al cervello attraverso i differenti canali sensoriali, piuttosto una comunicazione del corpo-proprio con impressioni polivalenti» (ivi: 20), un'«unità sinestetica e sensomotoria dell'esperienza che permette di cogliere olisticamente situazioni complesse» (Fuchs, in Griffero 2010: 20).

L'atmosfera, intesa quindi come sentimento spazializzante, indica «la qualità emozionale specifica di uno *spazio vissuto*. [...] Mentre lo spazio fisico fatto di luoghi e distanze misurabili gode di un'astratta uniformità, lo spazio vissuto invece rivendica un'assolutezza e irreversibilità legate al corpo-proprio e al nostro agire. [...] L'uomo infatti non si trova anzitutto nello spazio come in un grande contenitore, ossia un sistema invariabile di riferimento di cose e luoghi ma reciprocamente definiti da posizione e distanza, ma in spazi vissuti predimensionali» (ivi:40). «Oltre alla distanza fisica o geometrica che esiste tra me e tutte le cose, una distanza vissuta mi collega alla cose che contano ed esistono per me e le collega tra di esse. Questa distanza misura in ogni momento l'ampiezza della mia vita» (Merleau-Ponty 1945).

La percezione atmosferica indica, quindi, uno stato percettivo ed emotivo soggettivo (legato a cultura, società, ecc.) ma oggettivato dallo spazio e dalle sue componenti ambientali. Su questo concetto si sono espressi alcuni dei più grandi studiosi dell'ultimo secolo (Heidegger, Minkowsky, Straus, Merleau-Ponty, Bachelard, Bollow, ecc.). Senza dilungarsi nello specificare le peculiarità dei singoli approcci, possiamo affermare come in questa letteratura sia ormai assodato il fatto che siano «gli spazi stessi a sviluppare una loro potenzialità che può influire sui sentimenti. Questa potenzialità degli spazi [si può] chiamare [appunto] *atmosfera*» (Löw 2001, in Griffero 2010).

Il clima

Tra i fattori che influenzano fortemente la percezione atmosferica vi è sicuramente il *clima*. Lo stesso termine *atmosfera* richiama immediatamente il concetto di quella massa gassosa e avvolgente che definisce il limite del globo terrestre e che ne definisce appunto il clima. Espressioni del tipo «il grigio - umido tempo di novembre, l'afa che precede il temporale, la scialba atmosfera serale [...], l'aspra e secca freddezza di una

nuova e soleggiata mattina invernale» sono appunto esempi di atmosfere climatiche, determinanti nella definizione di uno stato d'animo, tanto da poter affermare che «nulla nel sentire affettivo dell'uomo è estraneo al clima» (Schmitz 1967, in Griffero 2010). Si pensi al vento e agli stati d'animo che è capace di instaurare, alle nuvole e alla loro capacità di filtrare la luce e la radiazione solare, ecc. Il clima, inteso in questa sede come un complesso sistema fenomenico - percettivo, è un perfetto esempio di fattore che influenza la percezione atmosferica, intesa appunto «come sentimento involontario presente nello spazio» (ivi: 61). Concludendo, le variazioni climatiche, non solo stagionali, ma anche giornaliere (le diverse fasi del giorno o i diversi giorni della settimana) contribuiscono nella definizione dell'atmosfera di un ambiente.

Un altro fattore che incide sull'atmosfera di un luogo è indubbiamente il *paesaggio*, capace, come ricorda Daudet, di creare «sorpresa, stupore, fremito». Il paesaggio diventa un fenomeno irraggiante, capace di definire un'atmosfera anche se ridotto ad una certa e qualificata «gerarchia annidata di angoli solidi» (Gibson 1986). Questo perché come già affermato nelle precedenti pagine, l'essere umano non osserva il paesaggio ma ne fa parte, vi è inserito nella sua totalità (Farinelli 2003), e per questo ne percepisce l'atmosfera. L'identità estetica, intesa come «quel carattere che inerisce al luogo e lo individua come quel particolare luogo, e in questo senso è altrettanto *oggettivo* delle altre determinazioni delle quali ci serviamo per individuare una specifica posizione di territorio (D'angelo 2001), diventa proprio l'atmosfera che avvertiamo. In questo senso, anche fattori come inquinamento acustico o industriale costruiscono paesaggi e atmosfere (negative) vissute dal corpo-proprio del percipiente.

I paesaggi non sono solo quelli naturali, ma le stesse città costituiscono interi ed incredibili *townscapes*. Ogni città, o meglio ogni parte di città, è caratterizzata da una particolare atmosfera, definita da fattori soprattutto di tipo morfologico e materico. Ed sono proprio queste atmosfere particolari che sono state a lungo indagate ed osservate da *flâneur urbani*. Tra i primi a descrivere lo spazio urbano «dal punto di vista dell'osservatore in contrasto con la progressiva anestetizzazione della pianificazione urbanistica moderna (monotona, innaturale e priva di armonia), già nel 1889 Camillo Sitte eleggeva proprio l'*effetto*, purtroppo limitato alla sola sfera visiva e a quei luoghi densi di significato e sentimento che sono i luoghi pubblici, a concetto chiave di un'urbanistica organico-pittorica d'ispirazione tardo-impressionista» (Griffero 2010). Altri autori, tra i quali August Endell nel 1908 e Kevin Lynch negli anni Sessanta, proseguono l'indagine della città, approfondendo la nozione di *figurabilità*, ovvero ragionando sulla qualità percepita a prescindere dalla oggettività di una cartografia o di un piano regolatore. L'atmosfera, secondo Lynch, diventa proprio quella «qualità che conferisce ad un oggetto fisico una elevata probabilità di evocare in ogni osservatore un'immagine vigorosa», e quindi, di imprimersi nella memoria spaziale del percipiente. E in questa capacità di definire atmosfere, oltre a fattori fisici, rientrano anche alcuni fattori culturali legati agli usi e ai costumi di ogni specifica società. L'analisi lynchiana porterà alla definizione di quei caratteri urbani di *polarità*, *area di margine*, *quartiere*, ecc. definibili come ambiti spaziali definiti e accomunati da una medesima atmosfera, o per dirla alla Banham, *ecologie unitarie*.

Le città, ovviamente, non hanno solo atmosfere positive, ma possono anche averne di nulle, nel caso in cui i fattori presenti siano incapaci di emergere e costruire una chiara e decisa percezione, o averne di negative, nel caso in cui, ad esempio, l'ambiente urbano sia caratterizzato da inquinamento, traffico, o da altri fattori che incidono negativamente sulla percezione ambientale. Come ricorda Griffero, il funzionale clima di indifferenza emotiva, «nella quale tutto appare di un colore uniforme, grigio, opaco, incapace di

Il paesaggio naturale

Il paesaggio urbano

suscitare preferenze» (Simmel 1903), non è altro che l'emergere di una nuova atmosfera urbana, nella quale «riservatezza, indifferenza, individualismo psichico sono il prezzo che si paga all'indubbiamente benefica emancipazione da pregiudizi e piccinerie tipici della via rurale. [...] È atmosferico anche il coinvolgimento affettivo e proprio-corporeo negativo che si prova nella città disordinata o anonima. La città vivibile con corpo-proprio diviene invasiva nel suo apparire sensibile, il che significa che viene vissuta non solo come spazio visuale, ma anche come spazio tattile, olfattivo, acustico e gustativo» (Hasse 2000, in Griffero 2010).

La materia

Città e più in generale i paesaggi sono fatti di materia fisica. E proprio la materia è uno dei fattori che maggiormente incide sulla percezione atmosferica. Vere sintesi passive, «le percezioni dei materiali sono processi di integrazione che poggiano su sintesi direttamente proposte dal materiale, suggerite dalla capacità allusiva o immaginazione nascosta dei materiali stessi, quasi che vi fosse nascosto un potenziale di immagini che debbono essere attualizzate» (Piana 1979), materiali che, in reciproca reazione l'uno con l'altro, «reagiscono tra loro in accordo e prevengono a un'irradiazione, e in questa composizione di materiali nasce qualcosa di unico» (Zumthor 2006). Così la matericità di un tappeto influisce sulla percezione del suo colore: «d'azzurro di un tappeto non sarebbe il medesimo azzurro se non fosse un azzurro lanoso» (Merleau-Ponty 1945). I materiali, «portatori di un testo magico che si indirizza agli strati più profondi della nostra percezione» (Auer 1995), comunque vengano utilizzati, eccedono «sempre il dogma funzionalistico – ingegneristico» mirando «alla qualità dell'apparire, da cui si spera possano sprigionarsi le atmosfere desiderate» (Griffero 2010). Concludendo, il fascino dei materiali risiede, dunque in gran parte, nella loro potenzialità atmosferica.

Gli odori

A percepire atmosfere non sono solo gli organi visivi (paesaggi urbani, colori, ecc) o tattili (clima, materiali, ecc) ma anche e soprattutto gli altri apparati sensoriali. Tra questi l'olfatto, strettamente connesso alla zona cerebrale (ipotalamo) deputata all'elaborazione delle emozioni e della risposta immediata, è forse il senso percettivo di atmosfere per eccellenza. «Gli odori sono infatti ciò che vi è di più evocativo» (Griffero 2010), attraverso gli odori riconduciamo attimi presenti a situazioni ed atmosfere vissute nel passato, identifichiamo persone ed ambienti come può succedere per il profumo particolare di una persona o per l'odore di incenso negli ambienti sacri. «Lo spazio percepito con il naso non ha soltanto dimensioni, ma anche qualità. Così come l'occhio conosce altezza e profondità e i piedi misurano la distanza, il naso fiuta la natura di uno spazio» (Illich 1987). L'odore riporta a condizioni di miseria come accade quando si entra «in un seminterrato o in una bettola» (Simmel 1907) o diviene l'atmosfera stessa, qualcosa che impregnando lo spazio vissuto, «ci rende partecipi o ci mette in comunicazione con l'atmosfera e che può diventare irrespirabile tanto sul piano fisico quanto sul piano morale» (Minkowsky 1936, in Griffero 2010). Odore che progressivamente sta scomparendo dalle nostre percezioni, assecondando la marcia trionfale dell'igienismo moderno.

Griffero riconduce, per alcune specifiche ragioni, l'importanza di tale senso all'interno del processo percettivo atmosferico. Prima di tutto, l'olfatto è un senso indispensabile, il solo sempre e involontariamente attivo, nella respirazione come nella nutrizione, un senso oltremodo illiberale, visto che «si è costretti a goderne, si voglia o non si voglia; onde esso, come contrario alla libertà, è meno sociale del gusto, e [...] visto che l'introduzione per mezzo dell'olfatto è ancora più intima di quella che accade per le cavità assorbenti della bocca e della gola» (Kant 1978, in Griffero 2010). Oltre alla sua indipendenza, nel gusto vi è l'incapacità (a meno che non si sia addetti ai lavori come ad esempio il gourmet) di scindere gnosico e percettivo, di distinguere tra segno e

significato, agendo così su di noi senza limiti.

Come gli odori, anche i suoni giocano un ruolo fondamentale nella definizione di un'atmosfera. L'ascoltare diventa infatti «un'esperienza di dislocazione percettiva capace di dare forma ad uno spazio sensibile, che marca l'estensione della nostra sensibilità oltre i limiti fisici del nostro corpo» (Vizzardelli 2007) e porta alla costruzione di quello spazio atmosferico che prende il nome di «paesaggio sonoro» (Schafer 1977). La forza derivante dalla «presenzialità» intrinseca al suono (Straus 1930), la capacità di suscitare, tramite «suggestioni proprio – corporee, comportamenti certi preriflessivi [...], il suo carattere paradossalmente sempre più spaziale che temporale» (Griffero 2010) sono alcune delle ragioni che stanno alla base dell'importanza atmosferica del suono. L'intesa carica atmosferica del suono, capace di definire atmosfere utopiche o distopiche, e comunque variabili a seconda della sua natura «deriva dunque in ultima analisi dal suo implicare, più del colore e della forma, spazi affettivamente connotati, spazi voluminosi, ma non dimensionalmente ottici» (ivi: 93).

I suoni

Le atmosfere non sono solo influenzate da fattori fisici percepibili chiaramente attraverso il sistema sensoriale, ma vengono anche influenzate da fattori culturali, sociali, comportamentali, legati alle specificità locali. Sono proprio questi aspetti che fanno sì che, ambienti simili portino a differenti atmosfere. Così come una particolare condizione climatica, infatti, è in grado di produrre differenti sentimenti, allo stesso modo il paesaggio o gli odori possono infatti suscitare sentimenti diversi al variare del passato culturale del percipiente (Griffero 2010). Questa variazione può anche essere influenzata dal comportamento delle persone. Si consideri, ad esempio, un negozio e l'atteggiamento dei commessi: al variare di tale atteggiamento è possibile riscontrare una differente atmosfera (Bonaiuto et al. 2004).

La cultura

Da questa breve sintesi, emerge quindi un ampio quadro di fattori capaci di incidere sulle percezioni atmosferiche: clima, odori, paesaggio, retaggi mnemonici e culturali, suoni, ecc., sono proprio quei fattori che influenzano l'atmosfera di un luogo. È proprio il progetto di tali fattori che permette di definire e controllare le atmosfere. Emerge inoltre un altro importante assunto: il coinvolgimento dei sensi è totale: «non solo quindi l'atmosferico non è circoscritto ad alcuni sensi, ma a produrlo non è esclusivamente la distanza contemplativa di vista ed udito, ma anche la prossimità resa possibile da olfatto, gusto e tatto» (Griffero 2010).

Il controllo dei fattori che incidono sulla percezione atmosferica diventa sempre più importante proprio per progettare un luogo. Lo dimostrano, ad esempio, le strategie di marketing per la vendita di merci, che mirano a creare aloni atmosferici alle merci attraverso strategie emozionali sempre più sofisticate e polisensoriali. «In una società finalizzata alla creazione di scenari potenzialmente fidelizzanti, design e marketing cooperano nell'ideare non solo nomi di prodotti e di ditte, ma anche *brand images* e, appunto, atmosfere» (Griffero 2010), vale a dire, «un insieme di elementi, percepiti dal cliente, i quali determinano reazioni cognitive e/o affettive in grado di tradursi in atteggiamenti corporei favorevoli al negoziante e all'acquisto» (Bonaiuto et al. 2004). È infatti la finalità atmosferica «a indurre chi progetta un esercizio commerciale ad interrogarsi fin dall'inizio, ad esempio, sulla più efficace collocazione delle luci, ossia sui rapporti luci ed ombre, tra luce solare e luce artificiale, su quali riflessi si desidera produrre sugli oggetti, ecc.» (Zumthor 2006). Questa modalità di interpretare il progetto, che porta alla «produzione consapevole di atmosfere, messa-in-scena di materiali e per mezzo di materiali» (Böhme 2006), è sempre più diffusa e vale oggi per ogni luogo,

discoteche, bar, biblioteche, ecc: «ogni caffettiere (o il progettista stipendiato per sviluppare il design del luogo ndr) sa come arredare il proprio caffè per attrarre quel pubblico che desidera attrarre. Darà al luogo una forma tale che un certo pubblico vi si senta bene [...] La comunanza che crea qui è una comunicazione che è anticipatamente costruita dal luogo. Il che significa: il pubblico qui aggregatosi intorno a qualcosa di comune si sente bene, perché in esso è in grado di rappresentarsi, incontrando questa rappresentazione già nella forma architettonica» (Lorenzer 1968, in Griffero 2010). In definitiva, ogni impresa mira a darsi una propria immagine commerciale, una propria atmosfera polisensoriale, realizzata attraverso una particolare scenografia capace con pochi tratti di evocare un certo *lifestyle*.

Il progettare *ambienti atmosferici* sta diventando una tendenza valida non solo per i luoghi commerciali e pubblici, ma anche ben visibile nell'arte e nelle sue molteplici forme. Il passaggio da pitture bidimensionali a installazioni artistiche polisensoriali trova chiari esempi nelle opere di James Turrell, Richard Long, Olafur Eliasson, Philippe Rahm, ecc., opere nelle quali «si fanno delle esperienze e che non espongono atmosfere, semmai queste sono realmente presenti con e nelle opere d'arte» (Böhme 1989).

Dall'analisi di questi esempi emerge chiaramente come sia impossibile leggere le atmosfere polisensoriali senza partire dal concetto del corpo-proprio: «è evidente che un luogo è accogliente e caldo, in ultima analisi, solo perché produce con perizia, e grazie a caratteri culturali e naturali (sinestesici) quali temperatura, luminosità, profumo, sonorizzazione, materiali utilizzati, ecc. una suggestione atmosferica sul corpo-proprio del percipiente» (Griffero 2010).

Il progetto delle atmosfere assume, quindi, un ruolo fondamentale in un'architettura *umanistica*, ovvero fatta per essere vissuta dall'essere umano. «Responsabili di immediata comprensione, immediato contatto, immediato rifiuto, esse sono prodotte da tutto, le cose, gli uomini, l'aria, i rumori, il tono, i colori, la presenza di materiali, le strutture, le forme, i nuovi materiali, la sofisticata illuminotecnica, [...] in breve da tutto ciò che modula praticamente lo spazio proprio-corporeo» (Griffero 2010). La complessità di questi fattori determina tutte quelle atmosfere «che, pur influenzando profondamente l'*habitus* degli abitanti, sfuggono, peraltro, in gran parte alla progettazione consapevole» (Griffero 2010). Ed è proprio questa sfuggevolezza che ne fa un importante tema di ricerca.

AMBIENTE ED ATMOSFERE: ALCUNE ESPERIENZE DI RICERCA A CONFRONTO

Il concetto di *ambiente*, così come viene inteso nelle precedenti pagine, permette di dare una nuova definizione del rapporto essere umano-realtà, consentendo di decodificarne le singole componenti costitutive (fisiche, culturali, ecc.) e di comprendere come queste, influenzando la percezione *atmosferica* di un luogo, incidano sulla sua qualità.

L'*ambiente* così inteso è diventato l'oggetto dell'indagine di ricercatori, artisti ed architetti, che hanno cercato di comprendere come alcune componenti ambientali (quali luce, aria, calore, rumore, odore, ecc.), che costituiscono gli input esterni, interagiscano con il sistema sensoriale umano e influenzino così le dinamiche percettive (ed emotive) dello spazio.

Tali ricerche, partendo dal presupposto che la percezione dell'ambiente venga stimolata in egual misura da input ambientali *visibili* ed *invisibili*, hanno indagato il rapporto complesso che si instaura tra essere umano ed ambiente, al fine di individuare strategie progettuali atte a definire luoghi sempre più capaci di soddisfare le differenti esigenze dell'essere umano.

Solo un approccio come quello messo in gioco da queste ricerche, che cercano appunto di indagare tale relazione nella sua complessità, può diventare la base per un nuovo modello interpretativo, capace, da una parte, di superare quello riduzionista proposto del modernismo, ed di essere in grado, dall'altra, di descrivere in maniera più esatta la relazione che lega l'essere umano all'ambiente.

All'intero di tale contesto culturale, diventa quindi di grande interesse analizzare il lavoro svolto da alcuni autori e centri di ricerca internazionali, che hanno cercato di approfondire e decodificare il concetto di *ambiente*, al fine di ricavarne strumenti, indirizzi progettuali e metodologie di lavoro applicabili alla progettazione architettonica.

Uno dei principali contributi su tali tematiche è stato sviluppato dal CCA, il *Canadian Centre for Architecture*, diretto da Mirko Zardini. La ricerca dal CCA, nata dalla volontà di indagare nuovi modelli interpretativi capaci di superare i limiti del modello riduzionista modernista, ha portato ad una importante pubblicazione del 2005, *Sense of the City: An Alternate Approach to Urbanism*.

CCA

La proposta del CCA parte da alcuni assunti della critica e dalla letteratura scientifica degli '60 e '70. Sono anni in cui infatti ci si rende conto di come alcune tendenze sociali e culturali stiano avendo grosse ripercussioni sulla città, mutandola e di conseguenza mutando anche i suoi abitanti (Zardini 2012). La consapevolezza delle gravità di tali trasformazioni rende obsoleti termini come *città*, *ville*, *centro*, *urbs*, ritenuti incapaci di descrivere i nuovi fenomeni urbani, e spinge i movimenti critici degli anni '60 e '70 a trovare nuovi concetti e neologismi per descrivere la città. Appaiono termini come *regione metropolitana*, *città-regione*, *megalopoli*, *megistopolis*, ecc. La città cambia, assume una nuova forma, si espande senza controllo, perde quei «caratteri essenziali alla vita», favorendo l'insorgere di nuove problematiche di carattere ambientale, economico e sociale.

Alcune di queste ricerche evidenziano come lo spazio pubblico *tradizionale*, ovvero piazze, strade, parchi, ecc., stia subendo un progressivo svuotamento ed impoverimento a favore di altri spazi. Alcuni studiosi (Sorkin 1992) riconducono tale tendenza all'assenza di sicurezza, effettiva o percepita, che caratterizza sempre di più le città appartenenti alla cultura occidentale. Tale impressione viene confermata dalla comparsa di spazi pubblici surrogati e controllati, quali centri commerciali, *gated communities*, parchi giochi privati, ecc., che ricreano uno spazio pubblico ma introducono una forma di controllo implicito ed accettato inconsapevolmente dagli utenti, finendo così per favorire proprio quel processo di svuotamento degli spazi pubblici esistenti. Se la sicurezza è uno dei motivi per i quali gli spazi pubblici perdono attrattività, in realtà dall'analisi dei testi di letteratura scientifica, emerge come vi sia una progressiva tendenza di perdita generale di qualità degli ambienti urbani.

Ma è proprio da quegli ambienti urbani poco attrattivi che bisogna ripartire per indagare e comprendere quali siano le componenti capaci di incidere sulla qualità ambientale e quindi sulle potenzialità di trasformazione e di rigenerazione. Tra le prime a concentrarsi su queste tematiche, Jane Jacobs, agli inizi dagli anni '60 nella sua critica sulle pratiche urbane, sottolinea come sia proprio la strada, e lo spazio pubblico in generale, il luogo nel quale si possa trovare una soluzione alle problematiche di sicurezza e come sia stato proprio il progetto errato delle strade la causa principale del progressivo abbandono dello spazio pubblico. Pochi anni più tardi, William H. Whyte propone di ragionare su una molteplicità di componenti, quali luce, aria, acqua, per ridare qualità allo spazio pubblico e costruire «strade sensoriali» capaci di attirare e far stare bene le persone, attivando quei processi di controllo che la stessa Jane Jacobs definisce come *naturali*. Una soluzione a questa tendenza viene offerta molto più recentemente da Zygmund Bauman, che sottolinea come sia necessario costruire oggi spazi pubblici secondo il

concetto di «mixophilia», ovvero «favorendo ed incoraggiando la possibilità di vivere lo spazio felicemente e tranquillamente [...] e avvantaggiandosi della varietà di stimoli presenti» (Bauman 2005).

Il lavoro proposto dal CCA si inserisce proprio in questo ambito di ricerca ed evidenzia come, solo attraverso la definizione di un nuovo approccio, sia possibile ricostruire luoghi di qualità, ambienti a misura d'uomo, città sostenibili. Prendendo spunto da tali riflessioni generali, il CCA indaga le potenzialità offerte da un approccio all'architettura differente, capace di mettere in discussione le pratiche del progettare urbano che hanno caratterizzato la modernità e che si basano su di una lettura della realtà dipendente solo dal senso della vista, sostituendolo con un approccio incentrato su una percezione polisensoriale. Il problema, sottolinea infatti Zardini, è che la progettazione ha troppo a lungo privilegiato la vista ed ignorato gli altri sensi, lavorando con modelli interpretativi della realtà limitati, incapaci di decodificarne veramente la complessità e quindi controllarne le componenti qualitative. Conseguenza naturale di tale approccio, è stata la realizzazione di spazi non adatti ad essere vissuti, incapaci di essere auto-controllati, e che, quindi, hanno favorito la nascita di quei fenomeni di insicurezza ed abbandono, alla base di quella forma contemporanea di spazio pubblico privatizzato e video controllato. Sottolinea Zardini, come solo attraverso un cambio di paradigma, sia possibile risolvere tali problemi. Si tratta, in altre parole, «non di ritornare alla concezione di ambiente come un fatto puramente climatico o un fenomeno puramente visivo, ma piuttosto diventa necessario proporre una visione ampia del concetto di *ambiente* che prenda in considerazione lo spettro completo dei fenomeni percettivi e che elevi la dimensione sensoriale rispetto al regime della percezione visiva. Materiali e proprietà tattili, il controllo della temperatura, dell'umidità e degli odori, assieme a qualità acustiche devono essere considerate sempre più fondamentali nei processi di progettazione» (Zardini 2012). La ricerca del CCA mira a definire, in sintesi, quelle componenti che interagiscono con l'ambiente e che ne definiscono la qualità, aprendo la strada ad un concetto più ampio e ad una nuova pratica architettonica.

GRECAU

Altro contributo di estremo interesse è l'attività di ricerca svolta da alcuni laboratori francesi, che parallelamente al lavoro prodotto dal CCA di Mirko Zardini, indagano il concetto di *ambiente* al fine di decodificarne le componenti qualitative, comprendere le relazioni che si instaurano tra esse, e quindi, definire le possibili ricadute in termini progettuali.

In particolare, il GRECAU, *Groupe de Recherche Environnement, Conception Architecturale et Urbaine* dell'Università di Bordeaux, indaga la dimensione *fisica* dei fattori che costituiscono l'ambiente, ovvero la dimensione sonora, la qualità della luce naturale ed artificiale, le condizioni climatiche, ecc., cercando di definire come queste componenti possano diventare strumenti utili alla progettazione. Tra le diverse tematiche affrontate dal centro di ricerca, risulta di particolare interesse lo studio, coordinato da Catherine Sémidor, Professoressa dell'ENSAP e responsabile scientifico del gruppo, che si concentra sulla comprensione del *paesaggio sonoro*, inteso come l'ambiente sonoro all'interno del quale si muove l'essere umano. Se infatti confrontiamo il recente paesaggio sonoro con quello definito dai primordiali suoni prodotti della natura, notiamo come vi sia stato un incremento esponenziale della complessità dei rumori che caratterizzano gli ambienti urbani nei quali viviamo. Diventa necessario quindi comprenderne l'essenza per poter poi influire sulla qualità ambientale. I primi studi su tale tematica sono stati prodotti da Schafer, in collaborazione con la Simon Fraser University di Vancouver. *The Soundscape* esce nel 1977 e definisce per la prima volta alcune importanti nozioni: la *tonica*, che indica un suono che potrebbe non essere sempre udito coscientemente, ma che «evidenzia il carattere delle persone che vivono in quel luogo» come ad esempio il

suono del vento o del traffico in alcune situazioni (Schafer 1977); il *segnale* che indica un suono in primo piano, udito consciamente, ad esempio una campana; l'*impronta sonora* che definisce invece un suono caratteristico dell'area. Gli studi prodotti dal GRECAU, che partono necessariamente da questi primi concetti, riportano al centro dell'attenzione il ruolo che assume il suono all'interno dell'ambiente e di come esso sia una importante componente di qualità urbana e, più in generale, di qualità ambientale.

Su tematiche simili lavora un altro centro di ricerca francese, il CRESSON dell'Università di Grenoble. Inizialmente focalizzato sull'ambiente sonoro, il laboratorio CRESSON ha esteso, a partire dagli anni Novanta, la propria ricerca alle molteplici dimensioni della percezione, effettuando indagini sugli spazi aperti attraverso sperimentazioni e strumenti atti ad indagare la *ambiente sensibile*. Proseguendo il lavoro sulla dimensione sonora, la ricerca ha esplorato, inoltre, gli aspetti legati alla luce, alla qualità termica, olfattiva, tattile e cinestetica di un ambiente. Le ricerche proposte si basano su un approccio fortemente multidisciplinare, capace di coordinare saperi afferenti a differenti campi disciplinari, che vanno, ad esempio, delle scienze sociali a quelle ingegneristiche. La ricerca mira a produrre conoscenze specifiche e sviluppi teorici che riguardano la sfida attuale di produrre luoghi ed ambienti adatti alla vita dell'uomo. Attraverso la sua opera, il CRESSON mostra come sia necessario adottare approcci di carattere qualitativo, capaci di influenzare le strategie, i riferimenti ed i processi alla base della progettazione architettonica e urbana a tutte le scale di progetto.

Il CERMA, *Centre de recherche méthodologique d'architecture* dell'Università di Nantes, sviluppa anch'esso ricerche connesse al concetto di *ambiente*. In particolare l'investigazione riguarda quattro principali assi: analisi delle componenti dell'ambiente (radiazione solare, qualità dell'illuminazione naturale ed artificiale, qualità dell'aria, effetti igrometrici della vegetazione e dell'acqua, ecc.) attraverso simulazioni numeriche e modellizzazioni che permettono di ricostruire l'effetto sull'ambiente delle stesse componenti; definizione di modelli esemplificativi attraverso l'analisi delle componenti ambientali effettuate con appositi strumenti di rilevazione dati, comprensione della relazione tra componenti ambientali e progetto architettonico ed urbano, teorizzazione e metodi interdisciplinari alla base del concetto di ambiente.

Accanto al lavoro di questi centri di ricerca, risulta essere di grande interesse l'attività svolta da alcuni professionisti, architetti ed artisti, che parallelamente, indagano il concetto di ambiente, ne decodificano le diverse componenti e le controllano in sperimentazioni progettuali.

Tra questi, si deve assolutamente citare l'opera dell'architetto Philippe Rahm, svolta in coppia con Jean-Gilles Décosterd fino al 2002. Il terreno operativo del lavoro proposto è proprio «lo stadio immediatamente precedente alla invisibilità dell'architettura stessa» (Betsky 2002). La ricerca, che prende la forma di elemento di confine tra manufatto architettonico ed installazione artistica, indaga proprio lo spettro del non visibile, facendo scomparire quasi del tutto il costruito per analizzare, nella sua assenza, gli effetti sull'essere umano. E questo è possibile proprio lavorando su quelle componenti, che seppur invisibili, definiscono la qualità di un luogo: l'architettura assume quindi la forma di codici chimici che stimolano i neurotrasmettitori del nostro cervello, definendo sensazioni e stati di benessere (o malessere). L'architetto si allontana da quella figura di demiurgo modernista e si avvicina a quella di uno scienziato che sperimenta la meteorologia, la climatologia, la neurologia, ecc., cercando di controllare quei parametri invisibili che caratterizzano l'ambiente, al fine di valutare possibili innovazioni nel modo di fare architettura.

Tra gli esempi applicativi relativi alle ricerche sviluppate da Philippe Rahm, possiamo considerare due installazioni presentate alla biennale di Venezia.

CRESSON

CERMA

**Philippe
Rahm**

La prima installazione, *Hormonarium*, viene presentata nel 2002. Il progetto prevede la realizzazione un nuovo spazio pubblico, nel quale svaniscono i confini tra spazio ed organismo. L'installazione apre così all'invisibile, all'elettromagnetismo e alla determinazione biologica. L'influenza delle *componenti invisibili* sull'essere umano viene controllata grazie alle recenti conquiste di alcuni saperi quali la biologia e le neuroscienze. È così possibile comprendere, e quindi controllare, come tali componenti influenzino i meccanismi fisiologici che governano l'organismo umano. Nello specifico, l'installazione, composta da alcuni dispositivi che interagiscono con l'intensità delle luce e la percentuale di ossigeno nell'aria all'interno di un ambiente confinato, permette di ricreare una situazione ambientale paragonabile a quella che si ritrova ad una altitudine di 3000 metri circa. In particolare, la luce è emessa da 528 tubi fluorescenti, collocati sotto un pavimento in plexiglas che permette il passaggio dei raggi UV e la diffusione di una luce chiara compresa tra i 5000 ed i 10000 lux. Tale radiazione luminosa va a stimolare la ghiandola pineale, inducendo una conseguente diminuzione del livello di melanina. La riduzione del livello di ossigeno nell'aria, dal 21% al 14.5%, induce invece un aumento di produzione di endorfine. In sintesi, si definisce così un ambiente particolare, neutro, in cui l'architettura scompare e rimane solo un pavimento luminoso e una luce diffusa opalina. Le particolari condizioni luminose, associate alle particolari percentuali di ossigeno controllate dagli impianti, ricreano una particolare condizione di comfort fisico e di stato di euforia, indotto dalla reazione del sistema endocrino al variare dei parametri pocanzi citati.



Fig 03: interno dell'installazione *Hormonarium* (fonte: Philippe Rahm)

Nel 2008, viene presentata l'installazione *Digestible gulf stream*. Il progetto prevede la realizzazione di due piani in metallo collocati a due altezze differenti e a due temperature differenti, 28° C e 12° C. La struttura così realizzata innesca una polarizzazione ed un gradiente di calore che permette di innescare moti convettivi d'aria. La riproduzione di due condizioni climatiche così differenti all'interno del medesimo ambiente ha l'obiettivo di indagare come la condizione di comfort termico si relazionino con un clima dinamico, asimmetrico e non equilibrato, ovvero con un modello opposto rispetto al modello di un comfort definito da una temperatura costante fissata intorno ai 21° C, previsto dalla normativa.



Fig 04: interno dell'installazione *Digestible gulf stream*, (fonte: Philippe Rahm)

Le installazioni, portate come esempio della ricerca sviluppata in questi ultimi anni da Philippe Rahm, evidenziano come la qualità di un luogo sia definita da un complesso sistema di componenti e come tra tutte, assumano sempre maggior importanza quelle legate alla sfera dell'invisibile. Odori, radiazioni luminose, umidità, calore, onde elettromagnetiche, ecc., sono componenti fondamentali di una complessa realtà, la influenzano e devono diventare parte di quel più ampio quadro essenziale che deve guidare il processo progettuale.

Paragonabile alle sperimentazioni di Philippe Rahm, anche l'installazione *Cloudscape*, indaga la relazione essere umano - ambiente attraverso l'alterazione di una componente, in questo caso resa visibile, delle realtà: l'umidità dell'aria. In particolare, l'installazione, presentata alla biennale d'architettura di Venezia del 2010 dal gruppo Transsolar+Tetsuo Kondo, è realizzata da una semplice passerella a spirale che attraversa nuvole artificiali create nello spazio chiuso dell'Arsenale, offrendo così differenti stimoli sensoriali al variare della percentuale di umidità presente e dal punto di osservazione. La presenza di questa nuvola artificiale permette di percepire qualità immateriali dello spazio come la densità, l'umidità, la luce e la temperatura dell'aria.

**Transsolar+
Tetsuo Kondo**

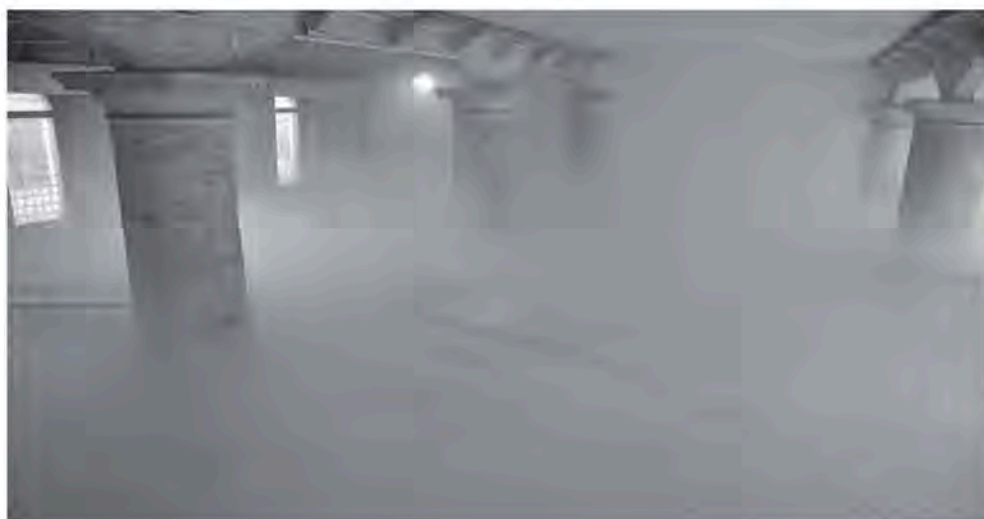


Fig 05: vista della passerella *Cloudscape* (fonte: Giulia Chiummiento)

Diller&Scofidio L'alterazione del valore di umidità relativa presente nell'aria diventa oggetto di ricerca anche per altri artisti ed architetti. Ricordiamo, ad esempio, l'installazione *Mediated Motion* di Olafur Eliasson, presentata alla Kunsthaus nel 2001, *Infalling Cloud* presentata al Rose Center for Earth and Space a NY nel 2000 dall'architetto Ned Kahn, il *Blur Bar* realizzato da Diller&Scofidio per l'Expo di Ginevra nel 2002. In particolare, quest'ultima ha fortemente rappresentato il passaggio dall'architettura materiale ad una immateriale. Il progetto, realizzato per la durata dell'Expo, consiste in una piattaforma sospesa, costruita da una leggera struttura in tubolari di acciaio, che si appoggia, come una palafitta, sul lago Lemano. Caratteristica peculiare della struttura è l'impianto di nebulizzazione dell'acqua, che permette di creare una nuvola artificiale attorno alla piattaforma stessa, fino a farla completamente scomparire. Il progetto esprime la possibilità di nascondere, quasi fino ad eliminare, gli elementi architettonici tradizionali fino alla struttura e «di costruire un'architettura di sensazioni, di elementi impalpabili ma comunque immanenti, eterei seppure presenti» (Barbara 2006).



Fig. 06: vista della nuvola (fonte: Diller&Scofidio)

Peter Zumthor Sempre ad un Expo, quello di Hannover del 2000, è stata presentata un'altra architettura-installazione di estremo interesse, il progetto del padiglione della Svizzera realizzato da Peter Zumthor. La struttura progettata dall'architetto svizzero nasce dalla volontà di ricreare l'atmosfera di un grande deposito di legno, nel quale le assi sono semplicemente accatastate. La struttura, che copre i 3000 metri quadrati previsti per il padiglione, è realizzata da 45000 assi di legno non stagionato assemblate senza collanti: le pareti alte 9 metri suddividono lo spazio secondo una complessa logica labirintica, dove i soffitti in legno di larice si appoggiano su pareti di pino scozzese. L'installazione è stata realizzata senza forare il legno, per non pregiudicarne il successivo utilizzo. Emerge così un luogo potentemente caratterizzato dall'odore del legno, un'atmosfera profumata, che accompagna il visitatore per tutto il percorso della visita. La qualità del luogo, sicuramente definito anche dalla morfologia del complesso sistema spaziale, assume una sfumatura olfattiva inedita, fortemente permanente. Se consideriamo a fondo il valore di questa installazione, verrebbe da condividere il pensiero che esprime Tala Klinck nel libro *Immateriale/Ultramateriale*, ovvero che siamo davvero vicini a quella «svolta epocale» che vede un ridimensionamento del ruolo della vista nel processo di progettazione.



Fig 07: vista dell'interno del padiglione di Hannover (fonte: Thomas Fletcher)

Se l'installazione proposta da Zumthor recupera filologicamente l'odore della materia e dello spazio quasi arrivando ad una museificazione dello stesso, altre installazioni invece utilizzano gli odori come fine anziché come veicolo dell'esperienza: gli odori, infatti, sono capaci di dare una forte identità ad un luogo (Barbara 2006). Esempio di questo approccio è l'installazione Earth Room, di Walter De Maria. L'Earth Room, che si trova oggi in un appartamento nel quartiere di Soho a NY, è il rifacimento di una opera realizzata al Heiner Friedrich Galleries per la prima volta nel 1977. L'installazione, che occupa l'intera superficie dell'appartamento, consiste in una distesa di terra, dissodata e mantenuta ad un costante livello di umidità. L'opera, 197 metri cubi spalmati in uno spessore medio di 56 centimetri, lavora con l'odore della terra umida, ricreando un'esperienza eterna, ancestrale. Il profumo colpisce prima e più intensamente della vista, richiama alla memoria il nostro passato ed il contatto con la natura. Come ricorda Anna Barbara, «intervenie sull'odore, infatti, significa agire sulla sfera emozionale che gestisce gli aspetti motivazionali di una scelta». E per questo i paesaggi olfattivi sono oggi al centro delle ricerche del marketing, sempre più attento a comprendere come l'odore possa stimolare o indirizzare i comportamenti dei possibili acquirenti.

Walter De Maria



Fig 08: Earth Room, installazione di Walter De Maria

Gaetano Pesce

Simile alla precedente installazione per capacità di stimolare l'olfatto, la casa di Bahia di Gaetano Pesce si può definire come un'altra sperimentazione odorosa. Il progetto, che consiste nella realizzazione di sette padiglioni, è realizzato con materiali innovativi. Nella sua casa, l'artista sperimenta tre materie plastiche per i mattoni: l'uretano, la gomma riciclata, la gomma naturale. «Sogno che i muri possano ondeggiare alla brezza del mare. E vorrei che esalassero un'essenza di ginepro, una della bacche più diffuse fra la flora del luogo» (Pesce 2005). Per tale ragione, nella lavorazione delle pareti è stato inserito sciroppo di ginepro. L'effetto ricercato è quello di «suscitare un desiderio. Deve emanare profumo, deve indurre al gesto di toccare, deve soddisfare la sensorialità. Evocare, suggerire pensieri che appartengano alla sfera più incodificabile».

Diverserighe studio

Se il progetto precedente lavora con e nello spazio privato, l'installazione *in/odore*, progettata da Diverserighe studio in occasione della manifestazione *Ecole del Rusco*, tenutasi a Bologna nel 2009, definisce una atmosfera odorosa inedita all'interno di una corte pubblica. I giovani progettisti propongono un'esperienza olfattiva «attraverso la dicotomia naturale/odore-artificiale/inodore», proponendo un giardino *segreto*, nel quale il giardino naturale (utopia), realizzato attraverso una nube di fiori sospesi, viene proiettato in cielo mentre a terra rimane solo il giardino artificiale (realtà), definito da una serie monotona di steli realizzati con materiale di recupero senza odore e da bustine trasparenti in plastica sigillati che contengono pezzi di stoffa imbevuti in essenze di sintesi. Il progetto costruisce così una forte atmosfera inedita, capace, con il suo profumo, di richiamare all'intero dello spazio i visitatori, accompagnandoli in un percorso di scoperta di un luogo poco conosciuto, eppure così centrale come la corte di Palazzo d'Accursio.

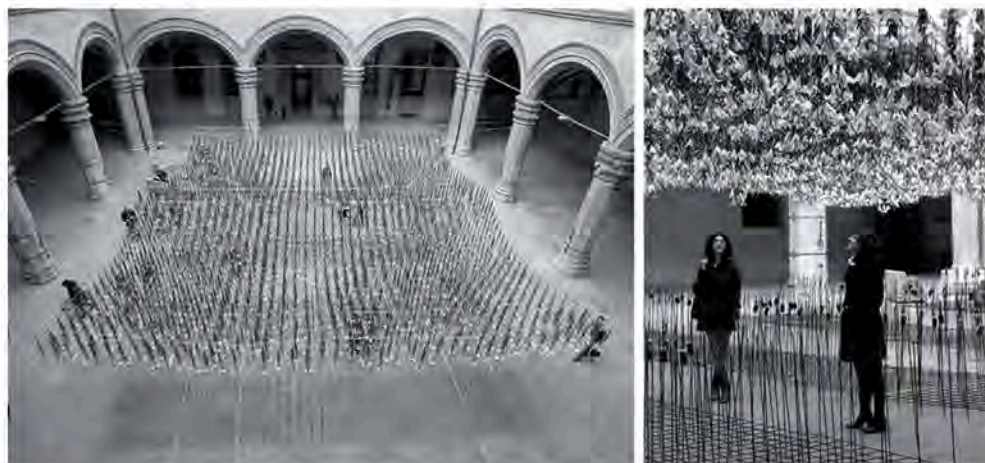


Fig. 09: *in/odore*, installazione progettata da Diverserighe studio (ph. Davide Menis e Vittorio Rimondi)

Tra le installazioni che lavorano sul concetto di ambiente non possono non essere ricordate le opere di due grandi artisti, che hanno fatto della sperimentazione e della creazione di atmosfere il loro ambito di ricerca.

James Turrell

Il primo, James Turrell, nato a Los Angeles nel 1943 e diplomatosi in ingegneria aeronautica, inizia la propria attività di artista nel 1966 in un albergo dismesso, dove comincia a sondare la relazione tra luce e spazio, diventando così oggi l'esponente di punta del movimento *Light and Space*, sorto in California a metà degli anni Sessanta. Le sue installazioni, realizzate per lo più in ambienti neutri, intendono «suggestionare l'occhio dello spettatore, ponendolo di fronte ad un'inedita presenza fisica, quasi architettonica, di un elemento mutevole come la luce, trasformata in una colonna che occupa la fessura tra due pareti, un cubo fluttuante al centro, un parete che inonda

tutta la stanza» (Ferrari 2013). Realizzata al Guggenheim Museum di New York, anche l'ultima grande installazione, *Aten Reign*, è fatta di spazio e luce. In un museo svuotato da tutte le opere d'arte, un insieme di coni concentrici irradia dall'alto una nuova luce, che assume sfumature differenti e variabili. Il tempo svanisce, i visitatori che vi accedono, sdraiati su materassini, perdono i riferimenti spazio temporali, i sessanta minuti che servono a completare un ciclo svanisco in un attimo. Anche quest'ultima opera d'arte, definita dallo stesso autore come «uno spettacolo meditativo», crea un ambiente forte, capace di suggerire atmosfere inedite e percettivamente spiazzanti.

Il secondo artista, il danese Olafur Eliasson, nasce nel 1967 a Copenaghen e fonda nel 1995 a Berlino un proprio laboratorio di sperimentazione, nel quale lavora in collaborazione con architetti, esperti di storia dell'arte e specialisti in materia della luce. Il lavoro di ricerca artistica è caratterizzato da una costante indagine su come alcune componenti ambientali, come luce, acqua, temperatura dell'aria, ecc. incidano sulla percezione spaziale dell'essere umano. La sua opera forse più famosa è l'installazione *The Weather Project*, realizzata alla Tate Modern Gallery di Londra nel 2003. L'opera d'arte ricrea un grande esperimento atmosferico, che trasforma il grande contenitore quadrato dello spazio espositivo, in una dimensione spazio temporale parallela, dominata da un grande sole artificiale. Entrando in questo spazio alterato, l'occhio umano si abita lentamente alla bassa luce arancione e alla foschia mutevole e inodore. Vicino alla fonte luminosa, realizzata da un disco semicircolare retroilluminato da 200 lampade grosse a monofrequenza, si notano banchi più fitti di nebbia, oltre i quali si nota un soffitto completamente ricoperto da specchi. L'installazione crea un ambiente nuovo, un'atmosfera inedita, che distorce la funzione del museo, trasformandola in spazio vissuto e di forte interazione, in cui opera d'arte e osservatore si fondono in un unico sistema. Un effetto simile viene raggiunto da un'altra straordinaria opera dell'artista: *The Mediated Motion*, realizzata nel 2001 all'intero del Kunsthhaus a Bregenz. L'installazione altera completamente il paesaggio e ridefinisce una atmosfera inedita: alla rigorosa struttura in cemento e vetro del museo, l'artista contrappone un paesaggio naturale fatto di profumi, nebbia, acqua, piante e terreno.

Olafur Eliasson





Fig 10: sopra, Aten Reign, installazione di James Turrell (fonte: David Heald); The Weather Project, installazione di Olafur Eliasson (fonte: Olafur Eliasson); sotto, the Mediated Motion di Olafur Eliasson (fonte: Olafur Eliasson)

Senza la pretesa di essere esaustivo, il quadro presentato in queste pagine ha il semplice obiettivo di mostrare come, all'interno della ricerca internazionale, sia essa svolta da Università, da architetti od artisti, sia forte ed in costante aumento la tendenza a porre, al centro del processo di indagine speculativa, l'*ambiente*. L'obiettivo di queste ricerche è quello di comprendere come l'insieme delle componenti che costruiscono la realtà complessa che circonda l'essere umano, appunto l'ambiente, influenzi la percezione di uno spazio, definendo quelle percezioni atmosferiche di cui si è parlato nelle pagine precedenti. Le ricerche descritte sono solo una parte di un più ampio tema di ricerca, fondato appunto sullo studio delle relazioni che si instaurano tra essere umano ed ambiente.

Dalla lettura degli obiettivi e dei risultati raggiunti da tali ricerche, emerge chiaramente come vi sia una tendenza sempre più diffusa ad indagare a fondo la complessità delle componenti che costituiscono l'ambiente e di come queste interagiscano con la percezione *atmosferica* che l'essere umano ha dello stesso ambiente. Come emerge dalle pagine precedenti, solo ampliando l'analisi a tutto lo spettro sensoriale, alla sfera culturale e a quella emotiva, è effettivamente possibile definire un nuovo modello interpretativo capace di decodificare le componenti che influiscono sulla qualità di un luogo, ampliare il quadro esigenziale, gestire la «complessità dei fenomeni qualitativi» (Spadolini 1979) attraverso «metodi di verifica» non semplicemente lineari (come per il sistema esigenza – prestazione - requisito), progettare nuovamente, in sintesi, atmosfere «adatte alle attività dell'uomo» (Maffei 1996).

Applicando il concetto di ambiente allo spazio urbano aperto, appare estremamente interessante e sintetico, anticipare il pensiero di Giovanni Scudo, quando afferma che «lo spazio pubblico è la struttura base generatrice della vitalità urbana, non solo “parterre” dove si cammina o facciate degli edifici che comunicano se simbolici, ma anche aria, luce, suoni, odori, atmosfera, ritmi e scorci. Insomma un insieme di flussi impalpabili, di valori culturali inglobati nelle forme e nei materiali, nei comportamenti ed attività collettive e di individuali di varia natura». Concludendo, «la produzione di sostenibilità – ambientale, sociale, economica – dipende sempre più dalla qualità ambientale della città, cioè dalla vitalità del tessuto urbano, ma la vitalità è percepita dai sensi, quindi sarà sempre più necessario attuare azioni stimolanti a livello multisensoriale e non esclusivamente visivo» (Scudo 2005).

2. IL COMFORT AMBIENTALE

VERSO UN AMBIENTE COMFORTEVOLE

Le pagine precedenti hanno permesso di descrivere come un'asse della ricerca contemporanea abbia posto al centro del processo di indagine il rapporto qualità-ambiente. Dall'analisi di queste ricerche, emerge chiaramente come sia possibile comprendere quali siano i fattori che incidono sulla qualità di uno spazio solo grazie ad un'approfondita conoscenza dell'ambiente e delle componenti (visibili, invisibili, fisiche e culturali) che lo costituiscono. Senza una comprensione del legame che vi è infatti tra *fattori ambientali* e *componenti qualitative*, diventa impossibile definire delle metodologie progettuali idonee a costruire luoghi *confortevoli*, ovvero idonei ad accogliere l'attività dell'essere umano. Le ricerche pocanzi descritte cercano, quindi, in un continuo processo di indagine, di decodificare la complessità dell'ambiente, comprenderne le componenti qualitative ed introdurle in un nuovo ed ampio quadro esigenziale.

L'obiettivo alla base della normativa qualitativa e dell'approccio prestazionale, pocanzi descritto, consiste proprio nella volontà di definire quelle *regole* necessarie per la costruzione di luoghi *confortevoli* ed idonei ad accogliere l'attività dell'uomo. L'introduzione del concetto di *ambiente*, inteso come l'«insieme delle condizioni naturali (fisiche, chimiche, biologiche) e culturali (sociologiche) suscettibili di agire sugli organismi viventi e sulle attività umane» (dizionario Petit Robert 1964), associato al concetto di qualità prestazionale, e quindi di comfort, permette di definire un concetto più ampio e contemporaneo di qualità.

A partire da queste osservazioni è possibile, infatti, ridefinire il concetto di *comfort ambientale* come base per un approccio multidisciplinare che agisce in un ambito ampio e aperto alle innovazioni afferenti a differenti discipline, capace di decodificare la complessità della realtà e di rappresentarne le componenti, sensibile alle questioni socio - culturali in costante mutazione ed adeguato ad accogliere le molteplici istanze esigenziali.

In sintesi, in questa sede, per comfort ambientale, si intende quella condizione di benessere che permette ad un essere umano di svolgere le proprie attività nel migliore dei modi, tenendo conto del complesso sistema di componenti ambientali che lo circondano. «La qualità ambientale non è mai infatti riferibile ad un solo parametro, ma sempre ad un sistema di prestazioni, alcune delle quali saranno risolte nella progettazione ambientale stabilendo opportuni valori per i caratteri tipici dello spazio costruito, altre nella progettazione tecnologica, studiando e scegliendo il funzionamento di dispositivi ed elementi tecnici, altri infine nella combinazione dei comportamenti dello spazio e dei dispositivi tecnici» (Maggi 1994). Se la separazione in discipline scientifiche specializzate di cui parla Maggi è sempre più necessaria, è altrettanto vero che non va perso di vista il punto di vista generale e, soprattutto, le relazioni che si instaurano tra le diverse componenti studiate e gli effetti che da queste relazioni scaturiscono.

Una definizione di comfort ambientale così strutturata, permette di considerare esigenze, e quindi saperi, afferenti a differenti discipline, da quelle sociali (antropologia, economica, psicologia, sociologia, ecc.) a quelle scientifiche (fisiologia, fisica tecnica, neurologia, ecc.) e di definire un concetto di qualità innovativo, aperto ai comportamenti emergenti che caratterizzano la complessità e alle nuove istanze ambientali, sociali, economiche. Una definizione di comfort di questo tipo premette inoltre di analizzare e di controllare quella fitta rete di relazioni emergenti che si instaurano tra le diverse componenti, superando così quel limite dell'approccio esigenziale - prestazionale

Il comfort ambientale

evidenziato da alcuni autori, quando affermano, che per la sua struttura, rimane ancora un modello di definizione qualitativo lineare e non capace di controllare a fondo la complessità del sistema nel quale viviamo.

Una definizione di ambiente di questo tipo, aperta in egual misura sia alle componenti psicologico - culturali sia a quelle fisico - tecniche, permette anche di riequilibrare all'interno del concetto di qualità il peso delle differenti componenti, evitando di cadere in quel disequilibrio che tende a «privilegiare alcune prestazioni come quelle fondate ad esempio sui metodi della scienza delle costruzioni e della fisica tecnica, a scapito di esigenze motivate su altre basi (fattori socioculturali, psicologici, ecc.) ma non per questo meno rilevanti nel prodotto edilizio» (Torricelli 1990).

Evoluzione del comfort ambientale

Una conferma della validità di tale approccio, ovvero della necessità di ragionare in termini di *comfort ambientale* piuttosto che di standard definiti, la troviamo se osserviamo attentamente la evoluzione che, nel corso dei secoli, ha avuto lo stesso concetto di comfort. Appare evidente come esso sia, per sua natura, un concetto dinamico e programmatico, contenitore di obiettivi, piuttosto che rigida scatola applicativa di *ricette progettuali*, i cui contenuti devono essere costantemente aggiornati e rivisti alla luce delle nuove scoperte che definiscono il quadro esigenziale di base (Chelkoff 2011). È sufficiente confrontare, ad esempio, rappresentazioni di ambienti domestici caratteristici delle diverse epoche per riscontrare le diverse sfumature che assume la nozione di comfort e di come esso sia fortemente influenzato dall'evoluzione delle tecnologie applicate all'architettura. Le immagini sottostanti riportano infatti una sintesi esemplificativa di come alcune componenti ambientali, quali illuminazione interna, temperatura, materiali delle forniture e delle superfici, siano variate al variare delle tecnologie applicate all'architettura e di come quindi sia variato fortemente il concetto di comfort.



Fig 01: le immagini riportano la variazione della qualità ambientale domestica in relazione alle diverse tecnologie applicate all'architettura. (Albrecht Durer, St. Geronimo nella sua cella, 1514; Emanuel de Witte, Interno con donna, 1667; Kersting Georg Friedrich, allo specchio, 1827)

Tra le molteplici innovazioni applicate all'architettura, quella che probabilmente ha inciso maggiormente sul comfort degli ambienti domestici è stata l'introduzione dell'energia elettrica. Tale innovazione infatti ha permesso di controllare componenti fondamentali come l'illuminazione ed la temperatura interna con estrema facilità, alzando il livello medio di vivibilità e garantendo quella salubrità dell'abitare che sta alla base della rivoluzione modernista. Grazie alla costante presenza di energia, è stato infatti possibile introdurre tutti quegli elettrodomestici, come frigoriferi, radio, televisioni, ecc. che hanno decretato un radicale cambiamento delle condizioni abitative e che oggi caratterizzano ogni abitazione. Anche l'ultima grande innovazione tecnologica, il

computer e l'informatizzazione dei sistemi domestici (domotica), non potrebbe esistere senza la disponibilità che oggi abbiamo di energia elettrica (Chelkoff 2011).



Fig 02: le immagini descrivono le innovazioni rese possibili dall'introduzione dell'energia elettrica nelle abitazioni, dagli elettrodomestici diffusi in maniera massiva a partire dagli anni '60 alla domotica, nuova frontiera del comfort domestico

In conclusione, appare evidente come il concetto di comfort ambientale così inteso sia in grado di «accogliere quegli ampi margini di adattabilità alle diverse opzioni decisionali che derivano dai processi socioculturali e dalle volontà espresse dalla collettività» (Sinopoli 1981) e premetta così di definire un concetto di qualità dinamico, non più semplicemente legato agli standard quantitativi che hanno caratterizzato il modernismo, aperto a considerare anche quei fattori di carattere sociale e culturale, che fortemente incidono sulla qualità di un luogo e che altrimenti sarebbero esclusi.

Nelle prossime pagine verrà descritto il concetto di comfort come definito dalla normativa UNI EN ISO 8289, cercando, alla luce di quanto detto fino ad ora, di descriverne i limiti e i possibili sviluppi. Il concetto di ambiente presentato nelle pagine precedenti permette infatti un'apertura a nuove discipline e quindi una possibile integrazione del quadro esigenziale di base. Tale ragionamento verrà sviluppato concentrando l'attenzione sul comfort termico, considerando questa scelta come una limitazione di campo necessaria ai fini dello sviluppo della presente tesi. In particolare, dopo una trattazione generale del tema, il tema verrà sviluppato limitando ulteriormente il campo di indagine al solo comfort termico negli ambienti urbani aperti.

IL COMFORT AMBIENTALE E LE SUE DECLINAZIONI

Il concetto di comfort è stato fatto proprio dalla normativa UNI EN ISO 8289, che lo definisce come *benessere* e lo introduce all'interno delle classi di esigenze necessarie per i manufatti architettonici. Il benessere viene considerato infatti come un *requisito* necessario, ovvero come «ciò che di necessità si richiede per il corretto svolgimento di un'attività dell'utente o di una funzione tecnologica» (ISO 8292).

**Comfort come
benessere**

Nello specifico la normativa definisce il concetto di benessere come «quell'insieme di condizioni relative a stati del sistema edilizio adeguati alla vita, alla salute e allo svolgimento delle attività degli utenti». Le condizioni di benessere fanno riferimento alla percezione sensoriale positiva dell'ambiente da parte dell'utente e sono classificate in:

- benessere visivo
- benessere acustico
- benessere respiratorio - olfattivo
- benessere tattile
- benessere antropodinamico
- benessere psicologico
- benessere termo - igrometrico

La stessa normativa fissa quei requisiti specifici per ogni classe di requisiti, ovvero definisce quelle prestazioni richieste ai sistemi tecnologici affinché l'esigenza del benessere interno venga soddisfatta (Zaffagnini 1981). Di seguito una breve descrizione di quelle che sono le definizioni delle diverse classi di benessere individuate dalla normativa.

Benessere visivo Per *benessere visivo* si intende quello stato mentale che permette all'individuo di «svolgere nel migliore dei modi i diversi compiti che è chiamato ad assolvere». Tale stato si raggiunge quando l'ambiente è caratterizzato da un livello adeguato ed uniforme di illuminamento, quanto si ha una buona distribuzione di luminanze, un'assenza di cause di abbagliamento, una corretta direzionalità della luce ed una buona resa cromatica delle sorgenti luminose. La normativa italiana (UNI 10380, UNI 10840) prevede alcuni valori di soglia per l'illuminamento e per l'uniformità di illuminamento nei locali in relazione ai campi visivi. Il massimo benessere visivo si verifica spesso in presenza di luce naturale. La presenza di luce naturale, infatti, ha ripercussioni positive su differenti aspetti della vita umana, migliorando, ad esempio, la regolazione dei ritmi circadiani (ciclo sonno e veglia), riducendo il tasso di malattie depressive (Lindsley), incrementando la velocità di apprendimento scolastico (California Board for Energy Efficiency), ecc.

Benessere acustico Per *benessere acustico* si intende quella «condizione psicofisica in corrispondenza della quale un individuo, in presenza di un campo di pressione sonora (rumore), dichiara di trovarsi in una situazione di benessere, tenuto conto anche della particolare attività che sta svolgendo». In altre parole, si hanno condizioni di comfort acustico quando un soggetto, nello svolgere le proprie attività, non viene disturbato dalla presenza di suoni e non subisce danni all'apparato uditivo provocati da un'esposizione più o meno prolungata a fonti di rumore. Viviamo costantemente immersi in un *paesaggio sonoro*, dove la possibilità di controllare il complesso insieme di fonti sonore significa garantire un buon livello di comfort acustico e quindi di benessere generale. Diventa quindi necessario sviluppare metodologie adeguate alla gestione delle fonti acustiche particolarmente inquinanti e capace di limitare i suoni sgradevoli. Nello specifico il comfort acustico si basa sulle relazioni tra orecchio, essere umano, ambiente sonoro, condizioni microclimatiche e società. Il parametro da controllare è il livello sonoro. Tale livello viene misurato in pressione (dBA), spettro, condizioni temporali, distanza e condizioni psicologiche e sociali. Il controllo del livello avviene tramite la misurazione del tempo di riverbero, ovvero la capacità di decadenza di un suono, e dell'intensità del suono. Le ricerche prese in considerazione dimostrano come, lavorando su questi fattori, il progettista possa contribuire a controllare l'inquinamento acustico negli spazi aperti.

Benessere olfattivo Per *benessere respiratorio - olfattivo* si intende quello «stato di soddisfazione di un individuo nei confronti dell'aria che respira, aria nella quale non sono presenti inquinanti in concentrazioni ritenute nocive per la salute dell'uomo». In particolare, si considera l'aria accettabile quando «in essa non vi siano presenti contaminanti conosciuti in

concentrazioni dannose, secondo quanto stabilito dalle autorità competenti, e rispetto alla quale una notevole quantità di persone, almeno l'80%, non esprime insoddisfazione» (Standard ASHRAE 62/99, *Ventilation for acceptable indoor air quality*).

Il *benessere tattile* indica quella condizione di soddisfazione di un individuo che si ha nei confronti di uno o più oggetti nell'esplicazione delle molteplici attività svolte. I materiali utilizzati per costruire le componenti edilizie dovranno essere progettati e realizzati per ottenere il massimo benessere anche nel rapporto di contatto: soprattutto le superfici calpestabili, le murature, i piani di seduta e di schienale, ecc., dovranno offrire flessibilità, sicurezza nell'uso, ridotta durezza, temperature superficiali e scabrezza accettabile, ecc. Sul comfort tattile incidono fortemente le condizioni al contorno, ad esempio la presenza di un forte irraggiamento, che devono essere considerate all'interno del processo di scelta di un determinato materiale. Si consideri ad esempio il caso di una seduta all'esterno esposta costantemente ad una forte radiazione solare: in questo caso la scelta dei materiali dovrà tener conto di questa condizione particolare e si dovranno quindi escludere quei materiali che, sottoposti a radiazione, si surriscalderebbero, determinando una dissuasione dal contatto e quindi dall'uso.

**Benessere
tattile**

Per *benessere psicologico* si intende quella condizione di soddisfazione dovuta alle particolari condizioni del contesto che favoriscono ad esempio la privacy, il raccoglimento, la riservatezza nei rapporti sociali e viene percepito anche grazie alla presenza di particolari soluzioni o dispositivi che permettono di favorire il controllo dell'introno e capaci di determinare sicurezza, intesa come «insieme di condizioni relative all'incolumità degli utenti, nonché alla difesa e prevenzione di danni in dipendenza da fattori accidentali nell'esercizio del sistema edilizio» (UNI EN ISO 8289).

**Benessere
psicologico**

Per *benessere termo - igrometrico* si intende una condizione mentale (psicofisica) di soddisfazione nei confronti dell'ambiente termico, ovvero quello «stato di neutralità termica, in cui il soggetto non sente né caldo né freddo» (ISO 7730). L'insoddisfazione di un soggetto verso l'ambiente termico nel quale si muove può essere determinato da differenti situazioni, quali ad esempio, disagio per il caldo o per il freddo che prova il corpo nel suo complesso, non desiderato raffreddamento (o riscaldamento) di una particolare parte del corpo (es. da corrente d'aria), differenza verticale di temperatura tra testa e caviglie troppo elevata, pavimento troppo caldo o freddo, asimmetria della temperatura radiante troppo elevata, un'energia metabolica troppo elevata abbigliamento non adeguato, ecc. La normativa, come meglio vedremo nelle pagine a seguire, ha definito alcuni indici per la valutazione dello stress termico e fissato alcuni stati di benessere, ovvero stati di riconosciuta soddisfazione.

**Benessere
termico**

Se la normativa prevede un grado di notevole dettaglio per i requisiti tecnologici, altrettanto non si può affermare per quanto riguarda i requisiti ambientali, la cui definizione rimane alquanto generica. Nonostante questo appare evidente come il tema del comfort ambientale sia estremamente ampio e comprenda molteplici possibili temi di ricerca. Le prossime pagine descriveranno le motivazioni che sono alla base della scelta di concentrare l'attenzione sul benessere termico.

3. IL COMFORT TERMICO

Le precedenti pagine ci hanno permesso di costruire un quadro complessivo di quello che è lo stato dell'arte e lo sviluppo della ricerca sul tema del comfort ambientale. Secondo l'approccio esigenziale – prestazionale presentato all'inizio del capitolo, si ha qualità quando vengono soddisfatte, attraverso le prestazioni dei sistemi tecnologici, le esigenze, espresse o implicite che siano.

Le ricerche descritte pocanzi evidenziano come il concetto di ambiente debba essere intenso in senso ampio, comprendendo sia le condizioni naturali, sia quelle culturali, ampliando così il possibile quadro esigenziale di riferimento.

La normativa, definisce il concetto di comfort ambientale e lo declina in un numero specifico di condizioni di benessere, descrivendone alcuni requisiti *espresi*. Alcuni esempi riportati nello stato dell'arte mostrano però come per alcune categorie di benessere la ricerca abbia fatto notevoli passi avanti, arrivando a comprendere alcune di quelle esigenze *implicite*, non ancora normate esplicitamente.

Appare in questa sede interessante appunto indagare questo limite, ovvero quel ambito compreso tra quello che definisce la normativa e quello che recentemente viene affermato da ricerche e sperimentazioni artistiche.

Quest'indagine, però, non può essere condotta analizzando nel complesso il concetto di comfort ambientale, ma deve necessariamente essere limitata ad uno specifico tema. Come descritto nei capitoli precedenti, la presente tesi limita il proprio campo d'indagine al comfort termico. L'introduzione di tale limitazione di campo permette di studiare in profondità la relazione che esiste tra essere umano e ambiente, analizzandone un particolare aspetto e definendo così una metodologia di indagine esemplificativa, applicabile successivamente ad altri ambiti di ricerca (comfort olfattivo, acustico, ecc.). Tale limitazione permette inoltre di analizzarne con precisione le componenti costitutive dell'ambiente, facendo riferimento a studi di carattere scientifico (fisica tecnica, fisiologia, ecc.) e umanistico (psicologia, sociologia, ecc.). La limitazione di campo permette quindi di sviluppare un approccio interdisciplinare alla ricerca, unico approccio alla ricerca capace di gestire i rapporti emergenti.

Come già emerso più volte nel corso della trattazione, si è scelto di limitare il campo di ricerca al comfort termico, ed in particolare, al comfort termico negli ambienti urbani aperti, ovvero a quello spazio pubblico che costituisce il tessuto connettivo, inteso come lo spazio in *between* (Gehl 1971), ovvero il sistema di strade, piazze, parchi, ecc. che costruiscono lo *spazio aperto* della città.



Fig 01: lo spazio *in between*, due modelli urbani a confronto: da una parte la città densa e compatta rappresentata dalla pianta del Nolli, dall'altra la *ville radiense* di Le Corbusier

Si è scelto di limitare il campo a questo specifico tema perché dall'analisi di alcuni casi studio (Barcellona, Lione, Zurigo, ecc.) e di recenti ricerche (RUROS 2004, Urban Spaces 2012, Horizon 2020, ecc.) emerge come lo spazio pubblico assuma oggi un ruolo fondamentale nei processi di rigenerazione urbana diventando supporto ideale per la risoluzione di molte di quelle problematiche che oggi affliggono le città. Problematiche che sono per lo più conseguenze di uno sviluppo urbano eccessivo e poco attento al progetto dello spazio aperto, costruito più per la automobile che per l'essere umano. Conseguenze di tale modello di sviluppo, il traffico costante, l'inquinamento dell'aria, il calore eccessivo e la mancanza di spazi verdi, sono alcuni dei fattori che hanno inciso negativamente sulla qualità ambientale e sono, in buona parte, causa di quella mancanza di attrattività che oggi caratterizza molti degli spazi pubblici delle nostre città.

Tra le possibili problematiche, la presente ricerca analizza la relazione che s'instaura tra surriscaldamento dell'ambiente urbano ed essere umano, focalizzando l'attenzione sul comfort termico negli ambienti urbani aperti. L'uso diffuso di materiali caldi (es. cemento e l'asfalto) e l'aumento del traffico hanno infatti incrementato il livello del fenomeno dell'isola di calore. Tale fenomeno, riconducibile alla capacità di alcuni materiali di trattenere la radiazione solare, incide negativamente sulla qualità dello spazio pubblico. La necessità di risolvere tali problematiche e di costruire spazi all'aperto climaticamente confortevoli ha spinto la ricerca, a partire dal dopo guerra (Olgyay 1963), a studiare il comfort termico anche negli spazi aperti. Recenti ricerche hanno, inoltre, evidenziato come il comfort termico negli ambienti urbani aperti sia uno dei principali fattori di qualità ambientale: necessario affinché gli spazi pubblici siano attrattivi (Culjat&Erskine 1998), il comfort termico diventa così una delle componenti fondamentali di qualità urbana, soprattutto in un clima come quello mediterraneo (Nikolopoulou et al. 2011).

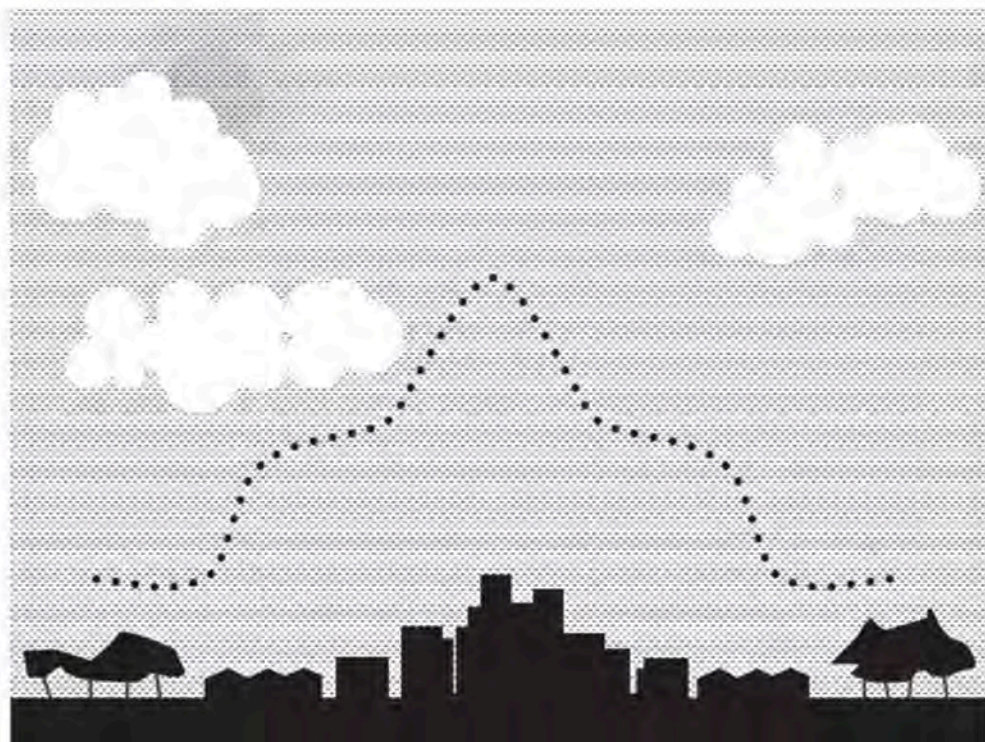


Figura 02: l'isola di calore urbana

La scelta di concentrarsi sul comfort termico negli ambienti urbani aperti risulta, inoltre, estremamente interessante per le possibili ricadute positive che avrebbe una risoluzione di tale problematica sul sistema urbano in generale. Come già descritto nelle pagine precedenti, infatti, incrementare la qualità termica delle città, oltre ad incrementare il comfort termico e ad attenuare l'impatto dell'isola di calore, ha effetti positivi anche sulle altre problematiche urbane generali.

MODELLI DI VALUTAZIONE DEL COMFORT TERMICO

I precedenti paragrafi hanno messo in luce il concetto generale di comfort e alcune delle motivazioni per le quali risulti essere un interessante campo di studio. I prossimi paragrafi definiranno nello specifico il concetto di comfort termico, oggetto precipuo del presente lavoro.

La complessità intrinseca alle tematiche affrontate obbliga ad una premessa esplicativa. La definizione del concetto di comfort termico e la sua interpretazione si basano sull'interazione di differenti saperi scientifici: da una parte materie afferenti alle scienze sociali, come la psicologia, la psicobiologia o la geografia, dall'altra parte afferenti a scienze fisiche, quali la fisiologia, la neurologia, la fisica tecnica o la climatologia. La definizione di tale nozione non può essere quindi ricercata se non attingendo a quei saperi che nello specifico studiano le complesse sfumature della relazione tra l'essere umano e l'ambiente.

ASHRAE

Una prima definizione alla quale si può far riferimento per la comprensione di tale concetto è quella fornita dalla America Society for Heating, Refrigerating and Airconditioning Engineers: per comfort termico, l'ASHRAE intende «quello stato mentale di soddisfazione verso il contesto termico circostante». Questa prima

definizione risulta essere abbastanza vaga nel suo non specificare quale stato mentale, se da intendere in termini di percezione, di sensazione, ecc. e le modalità con le quali si possa essere misurato (Heijs 1994). Possiamo considerare altre fonti, quali l'European Passive Solar Handbook che definisce il comfort come «quella sensazione di benessere fisico e mentale», o B. Givoni che lo definisce come «l'insieme di condizioni che regolano il meccanismo di autoregolazione del corpo umano». Tutte queste definizioni, non dissimili da quella fornita dall'ASHRAE, fanno riferimento, in sintesi, ad una «sensazione di benessere fisico e mentale che un individuo prova in un certo ambiente». La ricerca degli ultimi cinquant'anni ha cercato di definire in maniera più precisa questa *sensazione*, da una parte cercando di individuare i fattori che la influenzano, dall'altra cercando di costruire un indice valutativo, base per la definizione di quegli standard quantitativi che hanno poi portato alla definizione di un quadro normativo (ISO 7730).

Le prossime pagine contengono una breve sintesi di quelli che sono i due principali approcci, quello *fisiologico* e quello *adattivo*. La descrizione di questi modelli porterà, alla fine del capitolo, alla definizione di un quadro sinottico capace di indicare le componenti che incidono sul comfort termico negli ambienti urbani aperti.

L'APPROCCIO FISILOGICO

Una prima risposta all'indeterminatezza delle definizioni pocanzi citate è data dall'*approccio fisiologico*. Tale modello si basa sul presupposto che la temperatura corporea debba rimanere costante (attorno ai 37 °C), considerando perdite e/o acquisizione di calore date dall'ambiente all'interno del quale si trova l'essere umano. Il metodo, che si basa sull'*equazione del bilancio termico corporeo*, descrive il fenomeno fisiologico di scambio termico che intercorre tra corpo ed ambiente circostante. L'equazione è composta da *variabili oggettive*, quali temperatura media radiante, velocità e temperatura dell'aria, umidità relativa, alle quali si aggiunge la radiazione solare per gli ambienti esterni, e *variabili soggettive*, legate a parametri fisiologici (età, sesso, ecc.), comportamentali (abbigliamento, attività svolta), che sono considerati come parametri ulteriori che influenzano la percezione termica. Tali variabili incidono sulla relazione corpo-ambiente termico e, di conseguenza, sul comfort termico percepito negli spazi aperti. Basandosi su tale equazione, e facendo sperimentazioni su soggetti perlopiù appartenenti alle aree nord americane o nord europee, sono stati definiti gli standard previsti dalla norma ISO7730 o gli standard ASHRAE.

In questa sede verrà fornito un breve sunto di quelle che sono state le principali esperienze di ricerca che hanno portato alla definizione dell'equazione di bilancio termico.

Uno dei primi indici fu realizzato da P. Siple e C. Passel attorno agli anni '50. Tale indice valuta l'incidenza della velocità del vento sulla temperatura dell'aria. Partendo da una serie di interviste i ricercatori hanno definito un indice di comfort per valutare l'effetto del vento sulla percezione del comfort negli spazi aperti.

Pochi anni dopo fu definito un secondo indice, conosciuto come il *discomfort index* (DI) o *temperature-humidity index* (THI), introdotto da EC Thom per i climi umidi.

THI

A seguito di queste prime sperimentazioni, segue la ricerca di Victor Olgyay che ha introdotto, agli inizi degli anni Sessanta, uno tra gli indici ancora oggi maggiormente utilizzati. Partendo da una serie di analisi ed interviste, Olgyay definisce un modello

la carta bioclimatica

grafico di valutazione del comfort termico: la *carta bioclimatica*. Tale carta definisce graficamente la zona di comfort, combinando gli effetti delle diverse variabili climatiche, compresa la radiazione solare, e considerando costanti le variabili soggettive legate all'abbigliamento e all'attività fisica svolta. La carta, che disegna una zona di comfort climatico, è utilizzabile sia come strumento di analisi sia come strumento di progetto. È sufficiente, infatti inserire le principali variabili termiche, quali temperatura dell'aria ed umidità, per comprendere se ci si trova all'interno di un ambiente considerato confortevole. Simulando, ad esempio, una condizione estiva generica, con una temperatura di 27 °C ed un'umidità del 60%, e inserendo tali dati all'interno della carta, si ricadrebbe in uno stato di discomfort. La carta mostra alcune possibili soluzioni per ripristinare la condizione di comfort: un abbassamento della temperatura di 3°C o l'incremento della ventilazione di 1,5 m/s sarebbero sufficienti a rendere l'ambiente confortevole. Consideriamo un secondo esempio: con una temperatura di 21°C e un'umidità del 40% si ricade in una situazione di comfort. Tale condizione di comfort viene a mancare nel caso in cui la persona non sia più all'ombra ma sottoposta ad una radiazione solare diretta. Tale variazione di condizione infatti comporta un aumento della temperatura percepita in una misura approssimativamente pari a 1°C per ogni 70W/m² di radiazione solare.

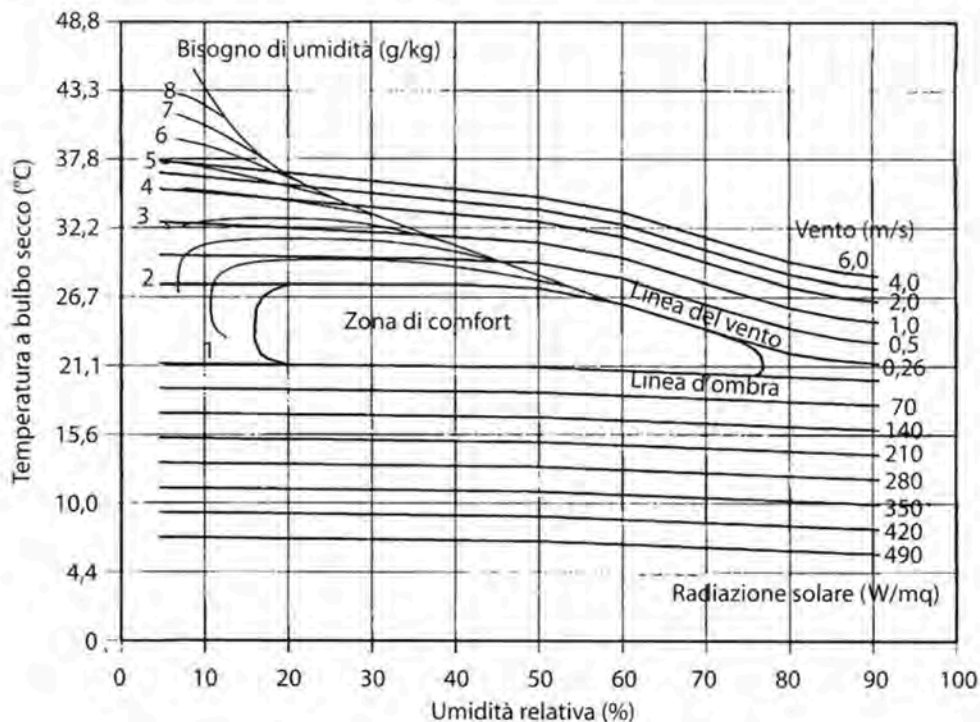


Fig 03: carta bioclimatica di Olgay

ITS

Un altro indice che viene utilizzato oggi per definire il comfort termico è l'ITS, *index of thermal stress*. Sviluppato da Givoni nel 1963 ed implementato da Pearlmutter *et al.* (2007), l'indice si basa sull'equazione del bilancio termico ed analizza lo scambio di energia tra il corpo umano e il suo ambiente circostante. Le variabili che influenzano tale indice sono, da una parte, le variabili fisiologiche legate al metabolismo (M) e all'attività svolta (W), dall'altra, tutte le variabili ambientali legate alla radiazione solare (R_p) definite dallo scambio convettivo (C):

$$ITS = [R_n + C + (M - W)]/f$$

In tale equazione, R_n rappresenta la sommatoria delle differenti radiazioni che definiscono lo scambio termico:

$$R_n = (K_{dir} + K_{dif} + K_h + K_v)(1 - a_s) + L_d + L_h + L_v - L_s,$$

dove le singole voci rappresentano rispettivamente

K_{dir} – radiazione diretta a onde corte incidente sul corpo

K_{dif} – radiazione diffuse a onde corte incidente sul corpo emesse dal cielo

K_h – radiazione indiretta a onde corte incidente sul corpo, riflessa dalle superfici orizzontali

K_v – radiazione indiretta a onde corte incidente sul corpo, riflessa dalle superfici verticali

a_s – albedo del corpo e/o degli abiti

L_d – radiazione a onde lunghe incidente sul corpo, emesse dal cielo

L_h – radiazione a onde lunghe incidente sul corpo, emesse dalle superfici orizzontali

L_v – radiazione a onde lunghe incidente sul corpo, emesse dalle superfici verticali

L_s – radiazione a onde lunghe incidente sul corpo, emesse dal corpo umano verso l'ambiente

L'equazione definisce un indice di carico termico. Al fine di associare a tale risultato numerico espresso in Watt una sensazione di comfort, il modello è stato confrontato con un indice soggettivo definito dalla sensazione di comfort percepita (dal «confortabile» a «molto caldo»).

A partire da tali studi è stato definito un limite di 160 W come condizione massima di carico termico ammissibile per assicurare una condizione di comfort, al di sopra della quale si entra in zona di stress termico.

Indice di stress termico (W)	Sensazione termica
< 160	Confortabile
160 - 280	Leggermente caldo
280 - 400	Caldo
> 400	Molto caldo

Tab. 01: Correlazione tra ITS e livello di sensazione termica (Pearlmutter *et al.*)

Altri indici utilizzati per valutare il comfort termico esterno sono COMFA e OUT-SET. Il primo indice è stato realizzato per valutare il grado di incidenza della radiazione solare e della vegetazione nei progetti di Landscape. Il secondo indice, *Outdoor Standard Effective Temperature*, sviluppato a partire dal modello SET per il comfort di interni di Gagge, si basa sulla temperatura radiante esterna.

Uno degli indici più diffusi è la PET, *Physiological Equivalent Temperature*. Tale indice, che utilizza come unità il °C, si basa su un modello di bilancio energetico della fisiologia umana. Applicato largamente dai professionisti, è utilizzato come indice universale per valutare il comfort termico e gli effetti delle soluzioni progettuali sul comfort interno ed esterno. Oggi, tale indice è integrato in due software di simulazione per la valutazione delle condizioni di comfort negli ambienti aperti: RayMan e Envi-met

PET

L'indice maggiormente utilizzato oggi è il PMV, *Predicted Mean Vote*. L'indice, sviluppato

inizialmente per gli ambienti indoor da Fanger, si basa su una sperimentazione effettuata su un campione di 1296 studenti danesi: i soggetti, all'interno di una stanza climaticamente controllata, vestiti con abiti standardizzati e simulando le stesse attività, venivano esposti a diverse condizioni climatiche. Ad alcuni di questi era concessa la possibilità di modificare personalmente le condizioni climatiche. Sulla base delle loro sensazioni al variare delle condizioni ambientali, ai soggetti veniva richiesto di compilare un questionario usando la scala di comfort termico del ASHRAE, che considera il -3 come troppo freddo, il +3 come troppo caldo e lo 0 come condizione di stress termico neutro.

PMV

Partendo dai risultati delle sperimentazioni effettuate, Fanger costruisce un modello di indicizzazione del comfort climatico. L'equazione che descrive il comfort termico, come il bilanciamento tra la differenza dell'effettivo flusso di calore presente in un ambiente e il flusso di calore richiesto per raggiungere una condizione di comfort ottimale (neutralità termica), viene messa in relazione con la scala di valori dell'ASHRAE sulla sensazione termica. Tale comparazione permette di confrontare l'equazione di bilancio termico da una parte e dall'altra la sensazione di comfort termico percepito, valutato secondo gli indici dell'ASHREA. Da questo rapporto nasce il PMV, *predicted mean vote*: attraverso tale relazione risulta infatti possibile istituire un nesso tra condizioni termiche e sensazione di comfort. In sintesi, il *voto medio previsto* indica una condizione termica nella quale una maggioranza di persone sarà in accordo con la scala di sensazione termica individuata dal ASHREA. Tale metodologia permette così di definire una condizione ottimale o di neutralità termica, lo 0 dell'indice pocanzi citato, che corrisponde ad una temperatura pari a 26°C con un'umidità relativa del 50%.

Gli studi effettuati da Fanger sottolineano anche un altro importante fattore: la presenza di una percentuale di insoddisfatti. Anche in condizioni climatiche ottimali, vi è sempre una percentuale, seppur minima di insoddisfatti. Nasce così un secondo indice, il PPD, *predicted percentage of dissatisfied*, che mette in relazione la percentuale di insoddisfatti con il PVM. Dagli studi effettuati Fanger dimostra come vi sia sempre una percentuale minima pari al 5% di insoddisfatti. Si riportano di seguito alcuni grafici che sintetizzano la relazione tra PPD e PVM.

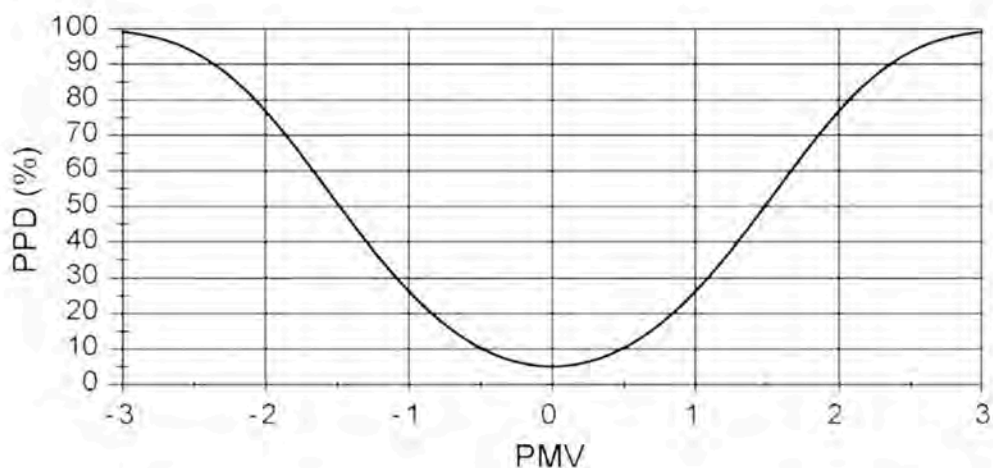


Fig. 04: rapporto tra PPD e PMV

PMV	PPD	Percentuale di persone che si prevede esprima un voto pari a:		
		0	- 1, 0, + 1	- 2, - 1, 0, + 1, + 2
+ 2	75	5	25	70
+ 1	25	30	75	95
+ 0,5	10	55	90	98
0	5	60	95	100
- 0,5	10	55	90	98
- 1	25	30	75	95
- 2	75	5	25	70

Tab.02 - Distribuzione dei voti che esprimono la sensazione termica individuale in funzione del voto medio

La tabella nella pagina seguente riporta i valori PMV calcolati per una $M = 58 \text{ W/m}^2$ e per un'umidità relativa del 50%.

Abbigliamento		Temperatura operativa °C	Velocità relativa m/s								
clo	$\text{m}^2\text{C/W}$		< 0.10	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	1.00	
0	0	26	-1.62	-1.62	-1.96	-2.34					
		27	-1.00	-1.00	-1.36	-1.69					
		28	-0.39	-0.42	-0.76	-1.05					
		29	0.21	0.13	-0.15	-0.39					
		30	0.80	0.68	0.45	0.26					
		31	1.39	1.25	1.08	0.94					
		32	1.96	1.83	1.71	1.61					
0.25	0.039	33	2.50	2.41	2.34	2.29					
		24	-1.52	-1.52	-1.80	-2.06	-2.47				
		25	-1.05	-1.05	-1.33	-1.57	-1.94	-2.24	-2.48		
		26	-0.58	-0.61	-0.87	-1.08	-1.41	-1.67	-1.89	-2.66	
		27	-0.12	-0.17	-0.40	-0.58	-0.87	-1.10	-1.29	-1.97	
		28	0.34	0.27	0.07	-0.09	-0.34	-0.53	-0.70	-1.28	
		29	0.80	0.71	0.54	0.41	0.20	0.04	-0.10	-0.58	
0.50	0.078	30	1.25	1.15	1.02	0.91	0.74	0.61	0.50	0.11	
		31	1.71	1.61	1.51	1.43	1.30	1.20	1.12	0.83	
		23	-1.10	-1.10	-1.33	-1.51	-1.78	-1.99	-2.16		
		24	-0.72	-0.74	-0.95	-1.11	-1.36	-1.55	-1.70	-2.22	
		25	-0.34	-0.38	-0.56	-0.71	-0.94	-1.11	-1.25	-1.71	
		26	0.04	-0.01	-0.18	-0.31	-0.51	-0.66	-0.79	-1.19	
		27	0.42	0.35	0.20	0.09	-0.08	-0.22	-0.33	-0.68	
0.75	0.116	28	0.80	0.72	0.59	0.49	0.34	0.23	0.14	-0.17	
		29	1.17	1.08	0.98	0.90	0.77	0.68	0.60	0.34	
		30	1.54	1.45	1.37	1.30	1.20	1.13	1.06	0.86	
		21	-1.11	-1.11	-1.30	-1.44	-1.66	-1.82	-1.95	-2.56	
		22	-0.79	-0.81	-0.98	-1.11	-1.31	-1.46	-1.58	-1.95	
		23	-0.47	-0.50	-0.66	-0.78	-0.96	-1.09	-1.20	-1.55	
		24	-0.15	-0.19	-0.33	-0.44	-0.61	-0.73	-0.83	-1.14	
1.00	0.155	25	0.17	0.12	-0.01	-0.11	-0.26	-0.37	-0.46	-0.74	
		26	0.49	0.43	0.31	0.23	0.09	0.00	-0.08	-0.33	
		27	0.81	0.74	0.64	0.56	0.45	0.36	0.29	0.08	
		28	1.12	1.05	0.96	0.90	0.80	0.73	0.67	0.48	
		20	-0.85	-0.87	-1.02	-1.13	-1.29	-1.41	-1.51	-1.81	
		21	-0.57	-0.60	-0.74	-0.84	-0.99	-1.11	-1.19	-1.47	
		22	-0.30	-0.33	-0.46	-0.55	-0.69	-0.80	-0.88	-1.13	
1.25	0.194	23	-0.02	-0.07	-0.18	-0.27	-0.39	-0.49	-0.56	-0.79	
		24	0.26	0.20	0.10	0.02	-0.09	-0.18	-0.25	-0.46	
		25	0.53	0.48	0.38	0.31	0.21	0.13	0.07	-0.12	
		26	0.81	0.75	0.66	0.60	0.51	0.44	0.39	0.22	
		27	1.08	1.02	0.95	0.89	0.81	0.75	0.71	0.56	
		16	-1.37	-1.37	-1.51	-1.62	-1.78	-1.89	-1.98	-2.26	
		18	-0.89	-0.91	-1.04	-1.14	-1.28	-1.38	-1.46	-1.70	
1.50	0.233	20	-0.42	-0.46	-0.57	-0.65	-0.77	-0.86	-0.93	-1.14	
		22	0.07	0.02	-0.07	-0.14	-0.25	-0.32	-0.38	-0.56	
		24	0.56	0.50	0.43	0.37	0.28	0.22	0.17	0.02	
		26	1.04	0.99	0.93	0.88	0.81	0.76	0.72	0.61	
		28	1.53	1.48	1.43	1.40	1.34	1.31	1.28	1.19	
		30	2.01	1.97	1.93	1.91	1.88	1.85	1.83	1.77	
		14	-1.36	-1.36	-1.49	-1.58	-1.72	-1.82	-1.89	-2.12	
1.75	0.271	16	-0.94	-0.95	-1.07	-1.15	-1.27	-1.36	-1.43	-1.63	
		18	-0.52	-0.54	-0.64	-0.72	-0.82	-0.90	-0.96	-1.14	
		20	-0.09	-0.13	-0.22	-0.28	-0.37	-0.44	-0.49	-0.65	
		22	0.35	0.30	0.23	0.18	0.10	0.04	0.00	-0.14	
		24	0.79	0.74	0.68	0.63	0.57	0.52	0.49	0.37	
		26	1.23	1.18	1.13	1.09	1.04	1.01	0.98	0.89	
		28	1.67	1.62	1.58	1.56	1.52	1.49	1.47	1.40	

Tab.03: valori di PMV calcolati per $M=58 \text{ W/m}^2$ e per $RH = 50\%$

L'indice di Fanger, che nasce in ambienti indoor, è stato adattato per valutare il benessere in ambienti outdoor attraverso complesse parametrizzazioni del flusso di calore.

L'EQUAZIONE DI BILANCIO TERMICO

Le ricerche presentate permettono di definire ora un quadro sintetico delle variabili che influenzano il comfort termico e che sono alla base dell'equazione del bilancio termico. Si ricorda, ancora, che la maggior parte delle esperienze pocanzi citate è riferita ad ambienti indoor e solo in una seconda fase è stata adattata ad ambienti outdoor attraverso algoritmi matematici o attraverso l'introduzione di altre variabili.

Il corpo umano genera calore attraverso la conversione di alimenti in energia e l'impiego di tale energia sotto forma di lavoro. La produzione di calore dell'uomo è quindi fortemente influenzata dalla tipologia di attività svolta. Tale calore viene disperso in differente maniera in relazione alle condizioni dell'ambiente nel quale l'uomo si trova ad agire. Se il calore generato dal metabolismo e quello complessivamente scambiato non sono in equilibrio, la temperatura corporea è soggetta a variazioni. Se la temperatura periferica può subire variazioni notevoli, la temperatura corporea profonda deve essere il più costante possibile. Le variazioni della temperatura interna sono contrastate dai meccanismi di termoregolazione del corpo umano al fine di mantenere il corpo in una condizione di *omeotermia*.

Omeotermia

Al fine di comprendere le componenti che definiscono l'equazione di bilancio termico è necessario comprendere a fondo il funzionamento metabolico dell'essere umano. La temperatura del corpo umano è definita dalla *temperatura del nucleo o viscerale* (36,7°C), dalla *temperatura cutanea media*, che non è altro che la temperatura media ponderata rispetto alle superfici dei singoli distretti cutanei costituenti la superficie corporea complessiva, e dalla *temperatura corporea media*, ovvero la media tra la temperatura del nucleo e quella cutanea.

Il corpo umano tende a mantenere la condizione di *omeotermia* attraverso alcuni meccanismi di termoregolazione che agiscono sul *flusso sanguigno* e sulle *ghiandole sudoripare*. Il primo è capace di regolare il bilancio termico fino a temperature ambientali di 29°C circa, oltre i quali subentra la sudorazione per favorire la dissipazione del calore interno.

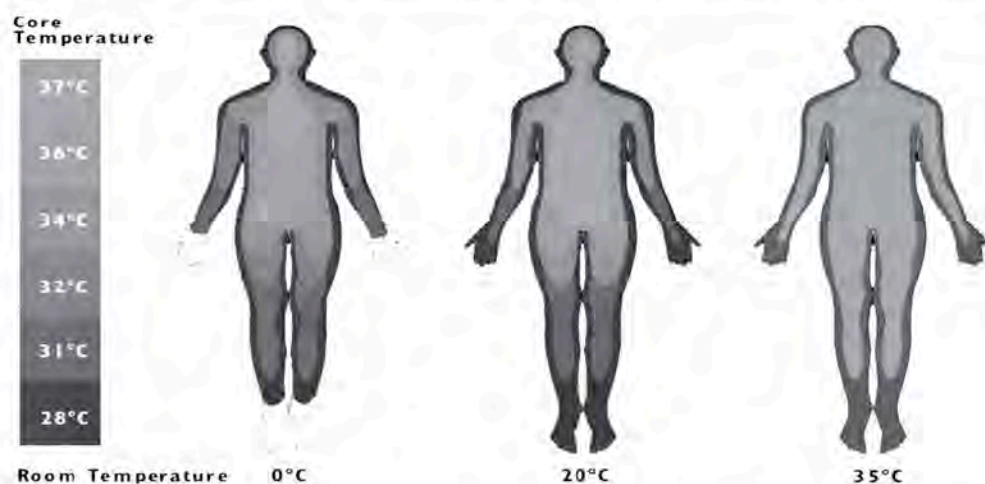


Fig. 05 - Variazione temperatura interna in seguito alla termoregolazione (fonte Transsolar Energietechnik GmbH, Stuttgart)

Tale ragionamento permette di schematizzare l'equazione di bilancio termico come:

Equazione di bilancio termico

$$BT = M \pm C \pm R - E$$

dove,

M= calore metabolico prodotto dall'organismo, che si suddivide in metabolismo di base e metabolismo associato alla specifica attività svolta.

C= quantità di calore scambiata per convezione

R= quantità di calore scambiata per irraggiamento

E= quantità di calore dissipata attraverso la respirazione (E_{resp}) e al sudorazione (E_{evap})

La quantità di calore scambiata per conduzione è trascurabile.

La condizione di omeotermia si ha quando il bilancio termico è uguale a zero, ovvero:

$$M - E_{evap} - E_{resp} = R + C$$

Come si ricordava in precedenza, il comfort termico è la condizione di piena soddisfazione psicofisica del soggetto nei confronti dell'ambiente esterno, ovvero quella condizione di *neutralità termica* (o bilancio nullo) che si ha solo se tale equazione è mantenuta in equilibrio con un minimo sforzo da parte del sistema di termoregolazione.

Tale stato è influenzato da componenti *soggettive*, o parametri organici ed esterni, e da componenti *oggettive*, o parametri fisico-ambientali, che definiscono il microclima all'interno del quale l'essere umano agisce. Tra le componenti oggettive si considerano:

Irraggiamento solare diretto (W/m^2)

Si considera per irraggiamento diretto la parte della radiazione solare che incide direttamente sul corpo e sulle superfici che costituiscono l'ambiente urbano. Tale variabile viene presa in considerazione solo nel caso in cui si intenda valutare il comfort negli spazi esterni.

Temperatura media radiante ($^{\circ}C$)

Il corpo umano cede calore verso le superfici più fredde e riceve calore da quelle più calde proporzionalmente alla differenza di temperatura delle superfici esterne e quella del corpo umano. Per temperatura media radiante si indica la temperatura media delle superfici che racchiudono l'ambiente aperto considerato. Tale variabile ambientale è strettamente legata all'irraggiamento diretto e alle proprietà fisiche dei materiali.

Temperatura dell'aria ($^{\circ}C$) e Umidità relativa (%)

L'aria è una miscela di gas e vapor acqueo. La concentrazione del vapor acqueo nella miscela può variare da 0 (aria secca) ad un valore massimo che è in funzione della temperatura dell'aria. L'umidità relativa dell'aria, o titolo dell'aria umida, è definito come la massa di vapore acqueo contenuto in una massa unitaria di aria secca. Per indicare il valore di tale miscela si fa riferimento all'umidità relativa RH espressa dal rapporto percentuale tra la tensione di vapore p_a esistente nelle condizioni in esame e la tensione di vapore di saturazione p_{as} corrispondente alla temperatura a bulbo secco.

Per il calcolo della temperatura dell'aria, per una persona seduta, si prende a riferimento il valore medio tra il pavimento e 1,1 metri di altezza, ovvero la temperatura media a 0,6 metri da terra.

Velocità dell'aria (m/s)

Gli scambi termici tra corpo ed ambiente sono favoriti in presenza di correnti di aria: all'aumentare della velocità dell'aria, infatti, aumentano le perdite convettive ed aumenta il raffreddamento corporeo per evaporazione, purché la corrente d'aria non sia satura.

Tra le variabili soggettive si considerano:

Resistenza termica dell'abbigliamento (Clo)

Si intende l'isolamento termico dell'abbigliamento, ossia il reciproco della conduttanza convettiva unitaria abito - aria. Si considera che 1 Clo corrisponde a $0,155 \text{ m}^2 \text{ K/W}$

Livello di attività fisica o metabolismo (W/m^2 , Met)

L'energia termica prodotta dal corpo è definita dal *metabolismo di base*, ovvero il dispendio energetico di un corpo coricato a riposo e a digiuno in un ambiente confortevole dal punto di vista termico, e dal *carico di lavoro*, ovvero il dispendio energetico associato alla specifica attività svolta. Il dispendio energetico varia in relazione alla quantità di lavoro e alla superficie del corpo umana disperdente (la superficie di un corpo maschile è di circa $1,8 \text{ m}^2$, quella femminile di $1,6 \text{ m}^2$). L'energia metabolica può essere espressa in W/m^2 oppure in Met, dove si considera 1 Met come il consumo energetico di una persona in attività sedentaria. La tabella sottostante indica il dispendio energetico medio stabilito dalla normativa UNI EN ISO 7730

Attività	Energia metabolica	
	W/m^2	Met
Disteso	46	0,8
Seduto rilassato	58	1,0
Attività sedentaria (ufficio, casa, scuola, laboratorio)	70	1,2
Attività leggera in piedi (comprare, laboratorio)	93	1,6
Attività media in piedi (commesso, lavori domestici)	116	2,0
Camminare:		
2 km/h	100	1,9
3 km/h	140	2,4
4 km/h	165	2,8
5 km/h	200	3,4

LA NORMATIVA

I risultati delle ricerche, descritte nelle precedenti pagine, sono alla base delle normative che disciplinano il comfort termico indoor. In particolare le normative di interesse sono:

UNI EN ISO 7726 (2002), «Ergonomia degli ambienti termici - Strumenti per la misurazione delle grandezze fisiche». La norma specifica i metodi di misura delle grandezze fisiche, ovvero delle componenti microclimatiche: la temperatura dell'aria ($^{\circ}\text{C} / \text{K}$), la temperatura media radiante ($^{\circ}\text{C} / \text{K}$), la temperatura piana radiante ($^{\circ}\text{C} / \text{K}$), la radiazione diretta (W/m^2), l'umidità assoluta dell'aria espressa dalla pressione parziale di vapore (kPa), la velocità dell'aria (m/s) e la temperatura superficiale ($^{\circ}\text{C} / \text{K}$).

UNI EN ISO 7730 (2006), «Ambienti termici moderati. Determinazione degli indici

PMV e PPD e specifica delle condizioni di benessere termico», specifica i metodi di previsione della sensazione termica percepita da un essere umano all'interno degli ambienti confinati di tipo moderato. In particolare la normativa ISO adotta, come modello di valutazione del comfort termico indoor, il modello proposto da Fanger, ovvero il *Predicted Mean Vote* (PMV/PPD). La normativa, oltre ad indicare le modalità di calcolo del comfort termico, fissa anche i valori limite da non superare perché non insorga il discomfort locale per i parametri di differenza verticale di temperatura, temperatura superficiale del pavimento, velocità dell'aria, asimmetria delle temperatura radiante. La norma, che è la versione ufficiale della norma europea EN ISO 7730 (edizione novembre 2006), è applicabile a uomini e donne in buona salute esposti ad ambienti chiusi. Elaborata specificatamente per gli ambienti di lavoro, è applicabile a qualunque altro tipo di ambiente. Se si considerano persone con particolari requisiti, quali disabilità fisiche, viene utilizzata facendo riferimento all'ISO/TS 14415(2005).

ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2010, «Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality». La normativa definisce lo standard di riferimento per la qualità dell'aria negli edifici commerciali.

UNI EN 13779 (2005), «Ventilazione degli edifici non residenziali - Requisiti di prestazione per i sistemi di ventilazione e di condizionamento». Il testo definisce i parametri per gli impianti di ventilazione meccanizzata.

Le normative citate valgono solo per gli ambienti interni di edifici ad uso commerciale, lavorativo e sono applicabili agli ambienti residenziali. Ad oggi non esiste infatti una normativa carattere internazionale o nazionale che tratti il comfort termico per gli ambienti outdoor.

Esistono però, come descritto nelle pagine precedenti, esempi di amministrazioni locali che stanno ponendo sempre maggiore attenzione a tale tematica. La sperimentazione di tali amministrazioni, in collaborazione con università e centri di ricerca, porta alla revisione degli strumenti normativi alla base del disegno pubblico e all'integrazione degli stessi con linee guida, indirizzi, esempi di buone pratiche per il progetto del comfort termico negli spazi urbani aperti.

DAL MODELLO FIOLOGICO AL MODELLO ADATTIVO

Gli indici pocanzi citati si basano su un modello di bilancio energetico che considera il corpo umano in stato stazionario. La consapevolezza che la condizione stazionaria rappresenta solo una particolare situazione ha spinto la ricerca ad approfondire tale limite. Gli studi di McIntyre et al. (1978) hanno messo in relazione i risultati delle ricerche di Fanger con altri studi effettuati parallelamente. Queste ricerche hanno mostrato come gli studi effettuati nella camera climatica controllata tralasciassero la componente dinamica e partecipativa all'uso dello spazio che caratterizza la reale relazione tra essere umano ed ambiente. In risposta a tali osservazioni, a partire dal 2009, all'interno del azione COST 730, è stato sviluppato un indice differente, l'*Universal Thermal Comfort Index* (UTCI) che si basa sul modello dinamico di Fiala, composto da 340 nodi che permette di calcolare lo stato termico di differenti parti del corpo umano, cercando di rispondere con una maggiore precisione alle problematiche legate al tema del comfort termico. Tuttavia anche questo indice, per quanto più preciso e legato al reale del precedente, separa ancora l'essere umano dal suo contesto reale, limitando la lettura ai soli parametri fisici e trascurando le componenti psicologiche-percettive.

UTCI

Limiti del modello fisiologico

A partire da queste considerazioni e con l'obiettivo di integrare il modello fisiologico, è stata proposta una differente chiave di lettura. Senza diminuire l'importanza del processo termoregolatore nella percezione del comfort termico, si è cercato di affiancare una lettura più complessa che tenesse conto anche di altri fattori, quali le componenti comportamentali e cognitive, o più in generale quelle componenti soggettive, che permettono di valutare in maniera olistica la percezione dell'ambiente esterno. Psicologi e fisiologi hanno presentato i risultati delle ricerche in un importante volume, *Environmental Physiology for the handbook of Physiology*, dimostrando come il comportamento possa modificare la percezione di comfort termico.

I primi studi su tali tematiche, effettuati a partire dagli anni Ottanta a Berkeley (Bosselmann et al. 1988), hanno introdotto la componente soggettiva nella valutazione della sensazione del comfort termico. Il procedimento di indagine consisteva nell'effettuare interviste ad un campione di volontari sulle condizioni percepite di comfort o discomfort dello spazio aperto mentre una stazione mobile raccoglieva i dati relativi al microclima locale. La stessa metodologia di indagine è stata poi applicata dalla ricercatrice M. Nikolopoulou al Martin Centre for Architectural and Urban Studies in Cambridge, interrogando 1453 utenti.

I risultati di entrambi le ricerche hanno sottolineato la relazione tra parametri ambientali e livelli di comfort percepito, dimostrando come effettivamente il comfort termico sia fortemente legato alle condizioni climatiche. Accanto a questo risultato che conferma la validità del modello fisiologico è emerso un altro dato estremamente interessante: la percentuale di insoddisfatti prevista (PPD, *Predicted percentage of Dissatisfied*) basata sul modello PMV non corrispondeva al dato reale di insoddisfatti.

RUROS

Questi dati sono stati confermati dieci anni dopo dalla ricerca RUROS, *Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces*, conclusasi nel 2002. Il progetto di ricerca, che si colloca all'interno del quinto programma quadro finanziato dalla comunità europea e coordinato dal CRES, aveva come obiettivo l'elaborazione di una serie di modelli di valutazione del comfort per gli spazi aperti. Accanto a modelli per la valutazione del comfort visivo, acustico, ecc., è stato individuato un modello di valutazione per il comfort termico outdoor da applicare a un campione di città europee. Il progetto ha seguito la metodologia delle ricerche pocanzi citate: sono stati monitorati alcuni spazi all'aperto, registrando le variabili microclimatiche (temperatura e velocità dell'aria, ecc.) e sono state effettuate delle interviste con questionari standard che riguardavano la valutazione dell'ambiente termico in relazione all'uso, alla frequenza, alle modalità, ecc. con le quali lo spazio aperto veniva vissuto.

Anche in questa ricerca, come nelle ricerche di Barkley e di Cambridge, i risultati hanno messo in luce una discrepanza tra la percentuale prevista di insoddisfatti (PPD), basata sul modello PMV, ed il dato reale di insoddisfatti, ottenuto attraverso l'*Actual Sensation Vote* (ASV). Utilizzando tale modello di valutazione (ASV), che prevede un voto che va da -2, per il troppo freddo, al +2 per il troppo caldo, con un intervallo di soddisfazione tra il -1 e il +1, è emerso come mediamente il 93% degli intervistati si dichiarasse soddisfatto ($-1 \leq ASV \leq +1$) delle condizioni climatiche, dato in contrasto con il risultato descritto dal modello teorico PMV che avrebbe suggerito in base ai rilevamenti termici un dato pari al 59%.

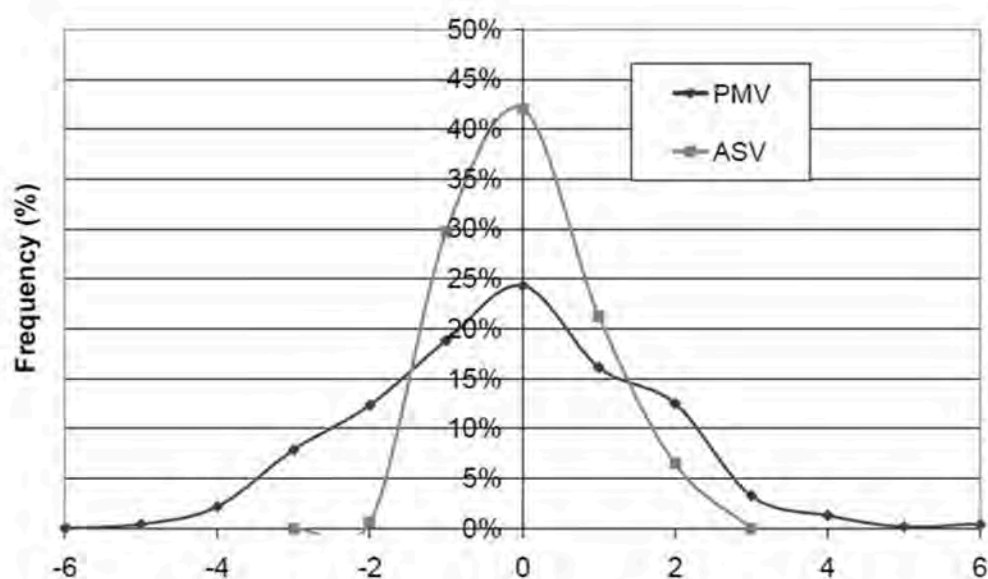


Fig 06: confronto dell'Actual Sensation Vote (ASV) con il Voto Medio Previsto (PMV) (Fonte: RUROS)

La discrepanza dei risultati riscontrati sottolinea come un approccio puramente fisiologico non sia sufficiente a descrivere il fenomeno del comfort nello spazio aperto, ma sia necessario integrare tale modello facendo riferimento alle componenti soggettive e comportamentali (Nikolopoulou 2004).

I risultati pocanzi citati hanno spinto la ricerca ad integrare il modello fisiologico, affiancandogli una lettura capace di tener conto delle reazioni cognitive e soggettive e di inserire all'interno dei criteri di valutazione del comfort termico la capacità *adattiva* dell'essere umano.

Con il termine *adattivo* si intende la «diminuzione graduale della risposta dell'organismo all'esposizione ripetuta agli stimoli, con il coinvolgimento di tutte le azioni che concorrono ad una migliore capacità di sopravvivenza in tale ambiente. Con riferimento al comfort termico, questo coinvolge tutti i processi attraverso i quali le persone passano per migliorare il rapporto tra l'ambiente e le loro necessità» (Nikolopoulou 2005). Nello specifico, la capacità di adattamento coinvolge tre sfere dell'essere umano: la sfera fisiologica, la sfera fisica o comportamentale, la sfera psicologica (Brager et al. 2003).

Attraverso il modello adattivo si introducono così dei nuovi parametri critici che affiancano il bilancio termico, previsto dall'approccio fisiologico, all'interno dei criteri di valutazione del comfort termico per gli spazi aperti. Questi nuovi parametri, di carattere fisiologico, fisico e psicologico, definiscono una serie di possibilità di azione per l'essere umano e allo stesso tempo un insieme di esigenze, la cui soddisfazione contribuisce alla definizione della sensazione di comfort termico.

In particolare, l'adattamento fisiologico o acclimatazione, è stato notevolmente studiato in fisiologia (Tromp 1980, Clark 1985). Tale fenomeno può essere definito come l'insieme dei «cambiamenti nelle risposte fisiologiche che derivano da un'esposizione ripetuta ad uno stimolo e conducono ad una graduale diminuzione della tensione derivante da tale esposizione. Nel contesto dell'adattamento termico ciò si chiama acclimatazione fisiologica, meccanismo cruciale negli ambienti estremi» (Tromp 1980, Clark 1985).

Seconda sfera considerata del modello adattivo è quella fisica. Come ricorda Satinoff,

**Capacità
adattiva**

**Adattamento
fisiologico**

Adattamento fisico

buona parte dell'adattamento termico è legato ad un comportamento dell'utente. In questa sede intendiamo per adattamento fisico, o comportamentale, quindi, «tutti i cambiamenti che una persona fa per adattarsi all'ambiente e per adattare l'ambiente alle sue necessità» (Satinoff 2011). Esistono due tipologie di reazioni possibili: adattamenti *reattivi* e adattamenti *interattivi*. I primi comprendono quell'insieme di comportamenti personali quali modificare l'abbigliamento, cambiare postura o posizione, alterare il metabolismo ingerendo bevande fresche o calde; i secondi invece comprendono quelle modifiche apportate all'ambiente esterno, quali l'apertura di una finestra o di un frangisole, l'accensione o lo spegnimento del termostato, ecc.

L'ambiente outdoor per definizione è meno condizionabile dall'azione dell'uomo rispetto a quello interno. Questo implica che, a differenza degli ambienti interni, nello spazio aperto esista un numero limitato di possibili interazioni con l'ambiente. Al contrario invece esistono numerose possibilità di adattamento reattivo. La ricerca RUROS ha sottolineato come il movimento sia sicuramente una delle soluzioni per evitare gli spazi non confortevoli: in estate è facile infatti osservare come le sedute all'ombra siano preferite a quelle esposte al sole. Una seconda possibilità di adattamento reattivo è la modifica dell'abbigliamento. Altra possibilità legata all'adattamento reattivo è l'alterazione del metabolismo. La ricerca ha confermato statisticamente come in presenza di alte temperature diminuisca il grado di intensità delle attività fisiche degli intervistati e aumenti il consumo di bevande liquide fresche.

Adattamento psicologico

L'ultimo insieme di parametri, introdotti dal modello adattivo, riguarda la sfera psicologica. Come ricordano Barger and de Dear, l'adattamento psicologico svolge un ruolo determinante nella spiegazione del divario tra la percentuale di insoddisfatti prevista (PPD) basata sul modello PMV e il dato reale di insoddisfatti (ASV) riscontrato nelle statistiche delle ricerche precedentemente citate. La componente psicologica infatti, come dimostrato da recenti ricerche, influenza fortemente la percezione di un ambiente. In questa sede risulta interessante citare il lavoro svolto da Nikolopoulou e Steemers su tali tematiche. In particolare, i due ricercatori analizzano i risultati di differenti ricerche in ambito psicologico ed individuano una serie di fattori che aiutano a comprendere meglio e a spiegare in maniera concreta e schematica quel fenomeno che viene definito come *adattamento psicologico*.

Uno dei primi fattori che influenza la percezione di uno spazio è la *stimolazione ambientale*, ovvero la relazione che si instaura tra ambiente percepito e cultura/consuetudini degli utenti, in altre parole il *rapporto con il contesto*. È stato infatti dimostrato (Nikolopoulou et al. 2003) come la percezione della *temperatura neutrale* vari a seconda delle popolazioni e delle culture prese in considerazione: le popolazioni che vivono in climi caldi trovano confortevole una temperatura inferiore alla temperatura neutrale, a differenza di quelle che vivono in climi freddi per le quali vale il principio opposto. Altre ricerche hanno dimostrato come le persone che vivono e lavorano in edifici fortemente climatizzati siano disposte a sopportare temperature maggiori, che corrisponderebbero a condizioni di discomfort. Altro esempio è l'accettazione di condizioni non confortevoli negli ambienti aperti perché parte di fenomeni naturali. In sintesi per stimolazione ambientale si intende quell'insieme di situazioni, quali differenze di temperature, variazioni climatiche, forti sensazioni, ecc. che rendono un ambiente variabile e quindi maggiormente gradevole. Come è stato dimostrato da recenti ricerche, un ambiente dinamico risulta essere psicologicamente più stimolante rispetto ad un ambiente statico e quindi maggiormente confortevole (Humphreys 2007).

Aspettativa e memoria sono gli altri parametri presi in considerazione nelle ricerche di Nikolopoulou e Steemers come fattori capaci di incidere sulla percezione del comfort.

Aspettativa ed esperienza possono essere sintetizzati in quelle espressioni quali “oggi dovrebbe essere più caldo”, “in Svizzera siamo abituati a questo freddo”, ecc., che indicano l'accettazione di un fenomeno o di una particolare condizione climatica sfavorevole, se parte di una esperienza pregressa o in linea con le aspettative. In quest'ottica anche la memoria a breve termine svolge un ruolo fondamentale permettendo il confronto tra le condizioni climatiche di due giorni consecutivi, o tra due stagioni consecutive. In sintesi la capacità adattiva legata alla memoria o all'aspettativa rappresenta la componente personale, culturale e sociale che caratterizza le diverse popolazioni.

Possibilità di scelta e percezione di controllo sono altri fattori critici che influenzano la sensazione di comfort termico in uno spazio aperto.

La possibilità di scegliere di mettere fine ad una particolare condizione di disagio termico influisce sulla generale percezione del comfort termico, favorendo l'adattamento a condizioni anche non confortevoli. Si consideri a parità di condizioni climatiche la differenza tra l'attesa ad una fermata dell'autobus «che non passa, no non passa» (Silvestri 2011) e la volontaria passeggiata urbana: nel primo caso è stato dimostrato come il livello di tolleranza verso le condizioni climatiche non confortevoli sia inferiore a quello della seconda situazione (Nikolopoulou et Steemers 2003).

Sfumatura diversa ha invece la percezione di controllo. Suggesta da alcuni studi di Paciuk (1990), la percezione di controllo indica la possibilità di interagire con il contesto climatico: la sola possibilità, per esempio, di aprire una finestra e modificare le condizioni climatiche contribuisce ad aumentare il livello di tolleranza verso condizioni non confortevoli.

Il *tempo di esposizione* influenza fortemente la percezione dello stress termico. La consapevolezza della breve durata di uno stress termico infatti porta ad affrontare condizioni che altrimenti non verrebbero affrontate. Il passaggio per esempio in estate da un ambiente climatizzato ad un altro, o in inverno da un ambiente riscaldato ad un altro, non comporta stress termico, in quanto la durata dello stesso passaggio è estremamente breve.

La presenza di *condizioni climatiche eterogenee (o eterogeneità termica)* è una delle principali condizioni di comfort climatico. Sempre gli studi effettuati da Nikolopoulou e Steemers hanno dimostrato come un ambiente urbano che presenta condizioni climatiche differenti, ad esempio zone di sole e zone di ombra, sia utilizzato maggiormente rispetto ad ambienti urbani che presentino una sola condizione climatica, garantendo ai cittadini la possibilità di scegliere la condizione che maggiormente si addice alle loro esigenze.

La *naturalezza* è, infine, un altro fattore che influenza la sensazione di comfort termico. Tale termine, usato da Griffiths et al. in un articolo pubblicato nel 1987, indica l'assenza di un controllo umano sugli spazi, il loro carattere naturale, non artificiale, indipendente dall'attività umana. In particolare la ricerca ha dimostrato come l'adattamento climatico sia più forte in quegli ambiente in cui i cambiamenti climatici siano percepiti come naturali e quindi come necessari. Tale termine però indica anche un'altra caratteristica degli spazi che incide fortemente sulla percezione di benessere. Per naturalzza si indica anche la presenza di elementi naturali all'interno di un ambiente. Differenti ricerche hanno infatti dimostrato come la visione di elementi naturali incida positivamente sullo stato di benessere dell'essere umano (Ulrich 1984, Field 1998). Concludendo, tale parametro diventa essenziale per incrementare il processo psicologico di adattamento, aumentando la tolleranza rispetto a condizioni di stress termico che altrimenti sarebbero più difficilmente sopportabili.

LE COMPONENTI DEL COMFORT TERMICO

Il breve quadro descritto in queste pagine presenta le recenti ricerche che hanno indagato il tema del comfort termico. L'evoluzione descritta è strettamente influenzata dalla sempre maggior interdisciplinarietà dell'argomento trattato: aspetti e ricerche dei diversi ambiti disciplinari della fisica tecnica, della psicologia, della fisiologia, della neurologia, della meteorologia, della geografia, ecc. hanno contribuito alla definizione del concetto di comfort ed in particolare alla sua valutazione.

Se l'approccio puramente fisiologico risulta alla base della valutazione del comfort termico negli spazi aperti, i recenti studi hanno dimostrato come da solo non sia sufficiente a descrivere il comportamento umano. L'approccio adattivo integra il modello precedente, focalizzando l'attenzione anche su quei parametri soggettivi fisici, fisiologici e psicologici, legati alla capacità dell'essere umano di adattarsi e sopportare entro certi limiti condizioni poco confortevoli (Nikolopoulou 2011), ovvero permette di tener conto di quei parametri che descrivono null'altro che la componente socioculturale intrinseca all'essere umano (Hégron 2002).

La combinazione dei due sistemi di analisi permette di costruire un quadro completo ed esaustivo fino ad oggi sulle tematiche legate al comfort ambientale negli spazi aperti. È possibile così tracciare un quadro sinottico delle componenti del comfort termico negli spazi aperti, integrando il modello fisiologico con quello adattivo.

Modello fisiologico		Modello adattivo	
Componenti oggettive, o microclimatiche	Radiazione solare	Componente fisiologica	acclimatamento
	Temperatura dell'aria	Componente fisica	reattivi
	Velocità dell'aria		
	Temperatura media radiante		
	Umidità relativa		interattivi
Componenti soggettive	Abbigliamento	Componente psicologica	Stimolazione ambientale
			Aspettativa
			Esperienza
	Attività fisica		Percezione di controllo
			Possibilità di scelta
			Tempo di esposizione
			Eterogeneità termica
	Naturalità		

Tab. 04: quadro delle componenti qualitative del comfort termico

Il quadro sinottico mette a confronto quelle che vengono definite come *componenti del comfort termico*, ovvero quelle variabili ambientali che determinano la sensazione di benessere termico. Come ricordato nelle pagine precedenti, esiste per l'approccio fisiologico un modello capace di quantificare l'apporto specifico di ogni singola componente. Si ricorda, infatti, che il comfort termico, secondo tale modello, si ha quando l'equazione del bilancio termico del corpo risulti essere in equilibrio. I diversi indici, tra i quali si ricordano il PMV / PPD o il PET, permettono di valutare la condizione di benessere termico, in base alle infinite combinazioni delle diverse condizioni ambientali (quali temperatura dell'aria, irraggiamento, ecc.).

Se per il modello fisiologico è possibile stabilire in modo certo le relazioni e i pesi tra le differenti componenti e il comfort termico, altrettanto non si può affermare

rispetto al modello adattivo. Ad oggi non è stato possibile quantificare infatti gli effetti delle componenti del modello adattivo sulla sensazione di comfort termico. È però possibile cercare di individuare un peso per ogni componente presa in considerazione (naturalness, percezione di controllo, ecc.) al fine di valutarne l'impatto relativo sulla sensazione complessiva di comfort termico. Partendo da questo presupposto, i ricercatori Nikolopoulou e Steemers hanno ipotizzato un peso relativo delle diverse componenti del comfort termico del modello adattivo al fine di definire delle linee guida per il progetto del comfort termico negli spazi aperti (Nikolopoulou Steemers 2003). In primo luogo hanno definito le relazioni che s'instaurano tra le diverse componenti individuate e, a partire da questo schema, hanno poi definito il grado di interazione tra le componenti in gioco. Ad esempio la naturalness influenza 4 parametri, ma non viene influenzata da nessuno.

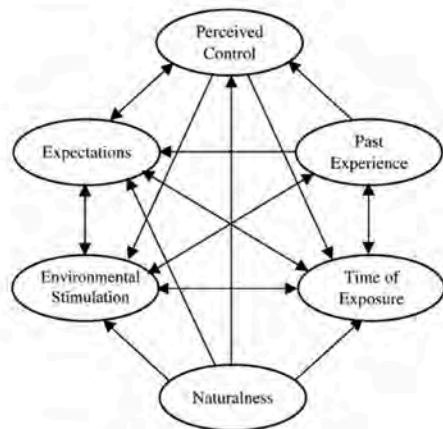


Table 1
Speculative interaction of different parameters of psychological adaptation

Parameter	Influencing parameter	Being influenced by parameter
Perceived control	3	3
Expectations	3	5
Environmental stimulation	3	5
Experience	4	2
Time of exposure	3	5
Naturalness	4	0

Fig. 07: relazione tra le diverse componenti del modello adattivo (fonte: Nikolopoulou)

A partire dallo schema riportato sopra, i ricercatori hanno ridefinito un schema che dimostra come le relazioni tra le parti definiscano un sistema *complesso*.

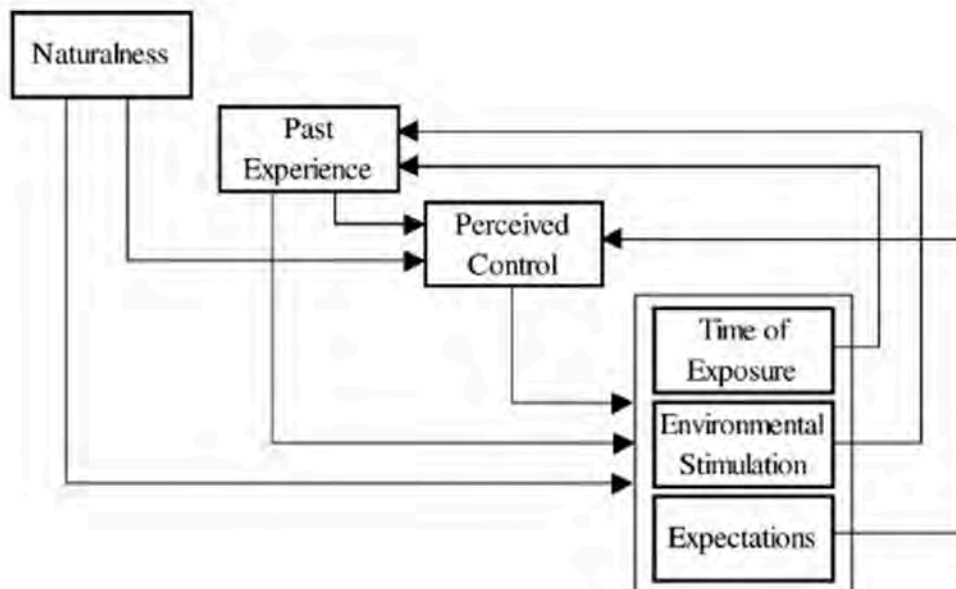


Fig. 08: pesi tra le diverse componenti (fonte: Nikolopoulou)

Con la consapevolezza che non sia ancora possibile definire relazioni quantitative tra le differenti componenti del modello adattivo (naturalezza, aspettativa, ecc) ed il comfort termico, i due ricercatori definiscono ugualmente una relazione qualitativa tra le soluzioni progettuali a disposizione dei progettisti e il comfort termico, al fine di comprendere su quali componenti si possa agire per incrementare il comfort termico negli spazi aperti.

La prima componente che prendono in considerazione è la *naturalezza*. Un incremento della presenza di vegetazione o la possibilità di osservare paesaggi naturali, soprattutto nei centri urbani densi, può incrementare il comfort termico, agendo non solo a livello fisiologico, ma anche a livello psicologico. La presenza di spazi verdi in contesti urbani interagisce inevitabilmente anche con la percezione di controllo, il tempo di esposizione, la stimolazione ambientale e l'aspettativa. Più in generale tali componenti sono influenzate dalla presenza di *condizioni termiche eterogenee*. L'ambiente urbano che presenta infatti una maggior varietà termica risulta essere sicuramente maggiormente utilizzato rispetto ad un ambiente che presenta una sola condizione termica. L'eterogeneità termica infatti garantisce la possibilità di spostarsi per cercare la condizione termica adatta ad ogni singolo individuo, ovvero di mettere in atto quelle azioni definite dal modello adattivo come risposte fisiche alle condizioni di stress termico.

VERSO UN NUOVO MODELLO

Il quadro fin qui descritto evidenzia come in letteratura si possano individuare due approcci complementari per la definizione e valutazione del comfort termico negli spazi aperti: da una parte, il *modello fisiologico* descritto da componenti di carattere microclimatico (temperatura dell'aria, irraggiamento, ecc.), definite e misurabili, che ha portato alla definizione di numerosi indici e base delle normative UNI EN ISO, dall'altra, il *modello adattivo*, definito da componenti legate al sistema percettivo (naturalezza, possibilità di controllo, ecc). Questo dualismo contiene tutte quelle componenti qualitative e quantitative descritte all'inizio del presente capitolo ed evidenzia come, solo attraverso un approccio che faccia riferimento al concetto di *ambiente*, sia possibile trovare una sintesi che definisca utili output progettuali.

ASV

Un primo tentativo di coordinare i due modelli è stato effettuato dalla ricerca RUROS del 2004, conclusasi con la definizione del Actual Sensation Vote (ASV), un nuovo indice di valutazione del comfort termico per gli spazi aperti. Tale indice permette di valutare contemporaneamente alcune componenti relative al *modello adattivo* ed altre relative al *modello fisiologico*, attraverso una nuova equazione di bilancio termico composta da *componenti microclimatiche* (irraggiamento, temperatura e velocità dell'aria, umidità relativa) filtrate da *coefficienti di adattamento* relativi alle componenti adattive. Lo strumento proposto permette di prevedere le condizioni di comfort termico negli spazi aperti, inserendo nell'equazione dati climatici facilmente reperibili. Il modello è stato infatti costruito utilizzando i dati meteorologici disponibili pubblicamente e rilevati dalle stazioni meteorologiche pubbliche.

L'indice così definito permette di costruire differenti equazioni valide ed adattabili alle diverse condizioni climatiche e culturali dei diversi contesti europei, semplicemente modificando i coefficienti di adattamento. Allo stesso tempo la ricerca fornisce anche un *indice combinato* per l'Europa, dove l'Actual Sensation Vote è calcolato dalla seguente equazione di bilancio termico:

$$ASV = 0.049 T_{air_met} + 0.001 Sol_met - 0.051 V_met + 0.014RH_met - 2.079$$

($r = 0.78$)

Dove i termini T_{air_met} , Sol_met , V_met e RH_met indicano le componenti microclimatiche (temperatura dell'aria, radiazione solare, velocità del vento e umidità relativa) e i coefficienti numerici indicano le costanti relative al modello adattivo. Il modello proposto diventa uno strumento di progettazione utile alla comprensione ed all'analisi delle condizioni di stress termico di una particolare area climatica. La capacità di coordinare modello adattivo e modello fisiologico e la facilità di utilizzo fanno di questo modello un utile strumento di supporto al progetto degli spazi aperti. Se questi sono gli aspetti positivi, il modello ASV ha un grosso limite: permette di dare valutazioni di carattere urbano e non di carattere locale, non potendo considerare nello specifico come i materiali, le tecnologie e la morfologia urbana incidano sulle componenti di comfort termico.

Limiti del ASV

La presente ricerca intende integrare proprio questo limite, al fine di definire un modello di valutazione sensibile alle variazioni termiche locali e capace di tener conto dei due modelli valutativi descritti precedentemente. Per raggiungere tale obiettivo diventa necessario integrare l'indice ASV, proposto dalla ricerca RUROS, e superare gli attuali limiti che lo caratterizzano, ovvero l'assenza di un quadro sinottico completo capace di descrivere il concetto di comfort termico nella sua complessità e l'incapacità del modello di descrivere puntualmente le condizioni termiche e di conseguenza lo stato del comfort termico.

Il capitolo che segue definirà la metodologia adottata per il superamento di tali limiti, ovvero come sono state integrate le componenti del comfort termico nel modello valutativo e come è stata definita l'incidenza dei sistemi tecnologici e delle configurazioni morfologiche sulle stesse componenti del comfort termico.

I-COOL

1. VERSO UN MODELLO VALUTATIVO COMPLESSO
2. LA STRUTTURA DEL MODELLO: LE TRE SEZIONI
3. LA VERIFICA DEL MODELLO FISILOGICO
4. LA VERIFICA DEL MODELLO ADATTIVO: IL CASO STUDIO DI LIONE
5. LE IMPLEMENTAZIONI DEL MODELLO
6. IL MODELLO I-COOL COME STRUMENTO DI CONTROLLO PROGETTUALE



La *literature review* ha permesso di definire un quadro sinottico delle componenti che influiscono sul benessere termico negli spazi aperti urbani. A partire da questo quadro è stato possibile definire un nuovo strumento di valutazione che mette a sistema i due modelli più diffusi: il modello fisiologico (Fanger 1970) e quello adattivo (Nikolopoulou 2011). Il modello proposto, denominato I-COOL, vuole essere uno strumento di supporto alla progettazione di facile apprendimento e capace di dare una rapida valutazione del comfort termico per gli spazi aperti. Il presente capitolo descrive le differenti sezioni che compongono il modello e la verifica al quale è stato sottoposto. Nella prima parte vengono descritte la matrice delle componenti microclimatiche per la valutazione del ASV-L (SEZ 1.0), la matrice dei sistemi tecnologici per la valutazione del ASV-ML ed il foglio di calcolo (SEZ 2.0). Queste prime sezioni hanno l'obiettivo di mettere in relazione le componenti del comfort termico (irraggiamento, temperatura dell'aria, ecc.) con i sistemi tecnologici (pavimentazioni permeabili, superfici umide, ecc.), permettendo così di valutare l'incidenza di quest'ultimi sul benessere termico di uno ambiente aperto. La parte centrale del capitolo descrive come sono stati costruiti gli output valutativi del modello. In particolare, vengono descritti gli indici di valutazione del comfort termico adottati (SEZ 3.0) e la valutazione economica indicativa del progetto (SEZ 4.0). La parte finale del capitolo descrive la verifica alla quale è stato sottoposto il modello I-COOL che consiste in: verifica del modello fisiologico, effettuata attraverso una campagna sperimentale di raccolta dati ed il successivo confronto con i dati stimati dal modello; verifica del modello adattivo attraverso l'applicazione del modello ad alcuni casi studio selezionati nella città di Lione.

1. VERSO UN MODELLO VALUTATIVO COMPLESSO

Il quadro dello stato dell'arte presentato nelle precedenti pagine evidenzia come esistano in letteratura due principali modelli di valutazione del comfort termico: il modello *fisiologico*, sul quale si basa la normativa, ed il modello *adattivo*. Una recente ricerca internazionale (RUROS 2004) ha evidenziato come una valutazione effettuata utilizzando solo il modello fisiologico sia incapace di descrivere con esattezza la complessità del fenomeno studiato (Nikolopoulou et al. 2011).

La presente ricerca si inserisce in questo quadro aperto e propone un modello di valutazione del comfort termico per gli ambienti urbani aperti, capace di combinare i due modelli pocanzi citati. Le ragioni che giustificano la proposta di tale modello sono principalmente due. Da una parte, il modello valutativo proposto, denominato *I-COOL*, permette di dare una valutazione locale del comfort termico negli spazi aperti, mettendo a sistema le componenti fisiologiche e adattive in un unico modello sintetico, superando i limiti dei modelli (es. ASV) e dei software oggi disponibili (che effettuano valutazioni solo secondo il modello fisiologico, utilizzando l'indice PMV). Dall'altra, il modello, come vedremo nelle prossime pagine, è costruito come un semplice foglio di calcolo, di facile e rapido utilizzo. La sua interfaccia, snella ed intuitiva, permette di superare le difficoltà (tempo di apprendimento e tempo di calcolo), legate proprio a quei software di simulazione oggi utilizzati.

Nelle prossime pagine verrà analizzato il modello valutativo proposto, le diverse sezioni che lo compongono, le modalità di verifica, le possibili implementazioni per un futuro sviluppo.

2. LA STRUTTURA DEL MODELLO: LE TRE SEZIONI

Il modello I-COOL è costituito da differenti sezioni: la prima sezione riguarda la parte meramente descrittiva del progetto architettonico preso in considerazione (input climatici, morfologici, tecnologici); la seconda sezione definisce il metodo di valutazione del comfort termico, unendo il modello fisiologico al modello adattivo (foglio di calcolo e indici di valutazione); la terza sezione mostra l'esito, ovvero la valutazione finale del comfort termico del progetto preso in considerazione (output). A queste tre sezioni principali, si aggiunge una quarta sezione, che permette di dare una valutazione economica semplificata del progetto. Il presente paragrafo è strutturato seguendo la struttura del modello pocanzi descritta.

LE COMPONENTI DEL COMFORT TERMICO: INPUT MICROCLIMATICI E DESCRIZIONE MORFO-TECNOLOGICA

La prima sezione del modello definisce, in modo sintetico, le *componenti* rilevanti ai fini della valutazione del comfort termico negli ambienti urbani aperti, ovvero quei fattori che, secondo la letteratura di settore, influenzano la sensazione stessa del comfort termico. In altre parole, la prima sezione è la parte descrittiva del modello, all'interno della quale vengono inseriti gli input ed i dati progettuali, che altro non sono che le componenti sulle quali si basano gli indici di valutazione definiti dal modello I-COOL.

Il presente modello integra l'*Actual Sensation Vote* (ASV), indice semplificato di valutazione del comfort termico negli spazi aperti proposto dal progetto di ricerca RUROS. Come già descritto in precedenza, tale ricerca propone un sistema di valutazione che, attraverso un'equazione composta da alcune componenti microclimatiche ed una serie di coefficienti di aggiustamento, definisce una valutazione della sensazione di comfort termico negli ambienti urbani aperti. Si ricorda che, se da una parte tale indice è estremamente semplice e veloce, dall'altra parte, definisce un ASV di carattere urbano (che noi in questa sede definiremo ASV-U), non influenzato quindi dalle specificità delle differenti situazioni locali. La prima sezione del modello I-COOL parte proprio dal punto di arrivo della ricerca RUROS. Al fine di passare da un modello di valutazione di carattere *urbano* (ASV-U) ad un modello di carattere *locale* (ASV-L), capace di tenere conto delle singole situazioni urbane, vengono introdotte nel modello di calcolo le componenti *morfologiche* e le componenti *tecnologiche* che caratterizzano il progetto preso in considerazione. Questa implementazione permette di effettuare, quindi, una descrizione complessa del progetto, considerando le componenti microclimatiche (temperatura dell'aria, irraggiamento, ecc.), le componenti di carattere morfologico (sky view factor, apertura verso il paesaggio, naturalezza, ecc.) e quelle di carattere tecnologico (pavimentazioni fredde, superfici umide, ecc.).

Limiti del ASV

SEZIONE 1.1 – LE COMPONENTI MICROCLIMATICHE E L'ASV-URBANO

La sezione 1.1 riprende l'indice ASV-U, proposto della ricerca RUROS. Tale modello di valutazione è definito da un'equazione composta dalle componenti microclimatiche associate ad una serie di coefficienti di adattamento che derivano da uno studio statistico effettuato ai fini della ricerca stessa. Il risultato numerico dell'equazione permette di identificare un valore all'interno di una scala (-2, 0, 2) che indica la condizione di stress termico. I coefficienti permettono di adattare i valori delle componenti ambientali

ai singoli contesti culturali. In particolare l'equazione presa in considerazione ha la seguente forma:

$$ASV-U = a T_{air_met} + b Sol_met + c V_met + d H_met + e \quad (r = x)$$

ASV-U

L'equazione comprende, quindi, le componenti microclimatiche (variabili nel corso della giornata) che sono strettamente legate alle condizioni meteorologiche. In altre parole, per *componenti microclimatiche* si considerano, come indicato nella letteratura di settore, quei parametri di natura climatica che influenzano la sensazione di comfort termico: temperatura dell'aria (T_{air}), umidità relativa (H), velocità del vento (V), irraggiamento globale (Sol). Senza volersi dilungare in questa sede e rimandando la descrizione precisa del modello RUROS all'apposita sezione della presente trattazione, si ricorda solo come rispetto al modello fisiologico manchi, tra le componenti microclimatiche, la temperatura media radiante (T_{mr}). L'approssimazione proposta dal modello RUROS nasce dall'esigenza di definire un sistema semplificato di valutazione di carattere urbano e non locale. La T_{mr} è infatti la componente che varia maggiormente al variare delle condizioni al contorno, ovvero al variare degli aspetti morfologici o tecnologici. Inoltre, il modello ASV-U trascurava la T_{mr} perché, tra le componenti microclimatiche, è quella che presenta maggiori difficoltà di rilevamento, essendo perlopiù legata alle caratteristiche morfologiche (condizioni di irraggiamento) e tecnologiche (proprietà fisiche dei materiali) di un preciso luogo. Si è scelto di utilizzare tale modello di valutazione, tra quelli analizzati in letteratura, per l'estrema facilità di acquisizione dei dati necessari in ingresso per il suo funzionamento: temperatura dell'aria, umidità relativa, irraggiamento e velocità del vento sono dati di dominio pubblico, costantemente rilevati dalle stazioni meteo distribuite nel territorio e, quindi, facilmente reperibili.

La sezione 1.1 del modello I-COOL prevede, nella prima fase, l'inserimento dei dati delle componenti microclimatiche (Tab. 01) e la selezione dei coefficienti di adattamento (Tab. 02). Per la selezione dei coefficienti ci si rifà ancora una volta alla ricerca RUROS, che ha definito una matrice di coefficienti per differenti città europee. La selezione delle città, e quindi il campo dei coefficienti, può considerarsi come sufficiente per coprire i diversi contesti culturali e climatici presenti sul territorio europeo.

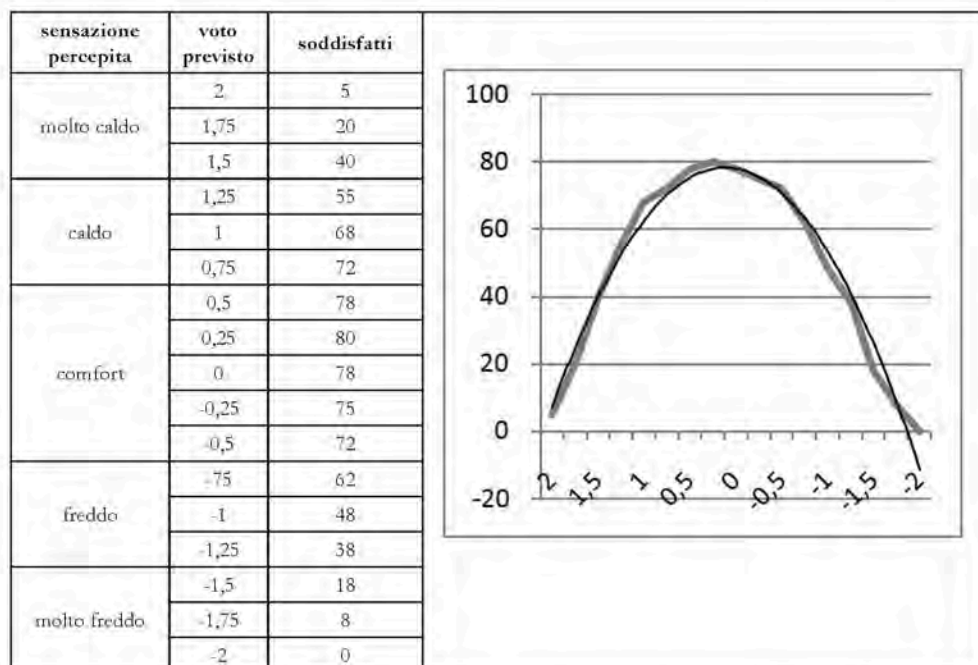
Dati / ora	Irraggiamento solare	Temperatura dell'aria	Umidità relativa	Velocità del vento	ASV - U
	ir [W/m ²]	t _{ma} [°C]	rh [%]	vvd [m/s]	
5 agosto 2012	800	35	50	1.1	1.5
...

Tab. 01: componenti microclimatiche, interfaccia semplificata del modello I-COOL

Città	Temperatura dell'aria	Irraggiamento solare	Velocità del vento	Umidità relativa	Costante	r
Atene	+0,034	+0,0001	-0,086	-0,001	-0,412	0,27
Salonicco	+0,036	+0,0013	-0,038	+0,011	-2,197	0,51
Milano	+0,049	-0,0002	+0,006	+0,002	-0,920	0,44
Friburgo	+0,068	+0,0006	-0,107	-0,002	-0,69	0,68
Kassel	+0,043	+0,0005	-0,077	0,001	-0,876	0,48
Cambridge	+0,113	+0,0001	-0,05	-0,003	-1,74	0,57
Sheffield	+0,07	+0,0012	-0,057	-0,003	-0,855	0,58

Tab. 02: coefficiente delle componenti microclimatiche per città, (fonte: RUROS)

L'equazione definisce un numero primo che indica la valutazione della sensazione di comfort termico, come mostrato nella tabella sottostante (Tab. 03). Il modello così strutturato permette di definire una valutazione a livello urbano della sensazione di comfort termico.



Tab. 03: rapporto voto previsto - percentuale di soddisfatti, valido per la città di Milano, (fonte: RUROS)

SEZIONE 1.2 – LE COMPONENTI MORFO - TECNOLOGICHE E L'ASV-LOCALE

La sezione 1.2 del modello I-COOL è la parte più innovativa ed è costruita per raggiungere due obiettivi specifici. Il primo è quello di passare da un sistema di valutazione del comfort termico di carattere urbano (ASV-U) ad un sistema di valutazione locale, ovvero un ASV-L, integrando così quella parte del modello fisiologico assente nell'indice proposta da RUROS. Il secondo obiettivo, come vedremo meglio più avanti, quando verranno descritti gli indici di valutazione, è quello di introdurre nel modello anche le altre componenti adattive del comfort termico: naturalezza, eterogeneità termica.

Per raggiungere tali obiettivi sono stati individuati, e classificati in componenti *morfologiche* e *tecnologiche*, i fattori che incidono sulla sensazione di comfort termico. La presente sezione, valutando come le caratteristiche morfologiche e materiche influenzano le componenti microclimatiche, permette di adattare l'ASV-U alla situazione locale e di effettuare, come vedremo meglio in seguito, una valutazione locale del modello fisiologico. Allo stesso tempo, le componenti *morfologiche* e *tecnologiche* permettono di descrivere anche l'aspetto più percettivo di un ambiente urbano aperto e quindi di costruire un indice di valutazione del modello adattivo (che, come vedremo, è definito dalle componenti di *naturalezza* ed *eterogeneità termica*), integrando così il modello di valutazione fisiologico e con quello adattivo.

In sintesi, questa sezione premette di introdurre nel modello I-COOL tutte le componenti che influenzano la percezione termica in un ambiente urbano aperto e di costruire così i tre indici (ASV-L, Naturalezza, eterogeneità termica) sui quali il modello effettua la valutazione finale della sensazione di benessere termico in un ambiente urbano aperto.

Dal ASV-U
al ASV-L

Di seguito verranno definite le componenti morfologiche e le componenti tecnologiche che caratterizzano la sezione 1.2 del modello I-COOL.

Componenti morfologiche

Per *componenti morfologiche* si intendono le caratteristiche formali del contesto dell'area di riferimento, ovvero la struttura fisica dello spazio preso in analisi. Tali caratteristiche incidono sulla qualità termica di ogni singolo ambiente aperto: se infatti le componenti microclimatiche sono date a livello urbano, è la conformazione del sito di progetto che definisce una variazione delle stesse e quindi una variazione della qualità termica del luogo esaminato. Ricordando che il presente strumento è utilizzato solo ai fini della valutazione del comfort termico, nella sezione 1.2 vengono prese in considerazione solamente quelle componenti morfologiche capaci di incidere sulla sensazione di benessere termico. Tali aspetti, che derivano dal quadro sinottico definito in letteratura, vengono classificati come *apertura verso il paesaggio*, *condizione di irraggiamento* delle superfici orizzontali, *presenza di superfici verticali irraggiate*.

Apertura verso il paesaggio

La componente *apertura verso il paesaggio* rientra all'interno della macrocategoria della naturalezza che, come ricordato in precedenza, è uno dei parametri che vengono presi in considerazione nel modello adattivo. Per naturalezza si intende sinteticamente il carattere naturale degli spazi, ovvero l'assenza di artificialità. Se da una parte, quindi, rientra all'interno di tale concetto la presenza di natura e di vegetazione (che ritroveremo tra le componenti tecnologiche), dall'altra l'apertura verso il paesaggio stesso contribuisce fortemente a quel processo di adattamento psicologico alla base della percezione del comfort termico, aumentando la tolleranza rispetto a condizioni di stress termico che altrimenti sarebbero più difficilmente sopportabili. L'apertura verso il paesaggio è definita da due fattori: da un parte il *belvedere*, dall'altra l'*immersione nel paesaggio*.

Per belvedere si considera il rapporto che s'instaura tra il perimetro che delimita l'area e, prendendo impropriamente in prestito un termine che afferisce all'involucro edilizio, le *bucature* verso il paesaggio. In sintesi, quale percentuale dell'area, sia essa una piazza o un parco, si apre verso il paesaggio, definendo un bel vedere, uno scorcio o semplicemente una apertura che da maggiore profondità all'area.

Il secondo fattore, l'immersione nel paesaggio, definisce la percentuale delle cortine murarie che delimitano la piazza schermata da masse alberate. È evidente come questo secondo fattore permetta di dare un'ulteriore descrizione qualitativa del luogo, permettendo di declinare la percezione di naturalezza al variare delle differenti possibili configurazioni progettuali.

Il valore valutato come apertura verso il paesaggio (IAP) viene definito come indice percentuale di apertura sul paesaggio e corrisponde a:

$$\text{IAP: totale perimetro relativo [m]} / (\text{totale belvedere[m]} + \text{totale immersione nel paesaggio[m]}) = \dots \%$$

Se si considera per esempio una piazza avente quattro lati della stessa lunghezza, costruita su tre lati da una cortina edilizia continua ed avente il quarto lato aperto verso il paesaggio, con un belvedere, il risultato del IAP sarà pari al 25. Tale valore, come si vedrà in seguito, verrà preso in considerazione nella sezione 3 del modello I-COOL ai fini della valutazione finale del comfort termico del progetto preso in considerazione.

Irraggiamento delle superfici orizzontali

La condizione di *irraggiamento delle superfici orizzontali* è la seconda, e forse più importante, tra le componenti morfologiche prese in considerazione nella sezione 1.2. L'introduzione di tale componente permette infatti di valutare come al variare delle condizioni di irraggiamento, varino le componenti microclimatiche, in particolare la temperatura

media radiante e l'irraggiamento stesso e, quindi, la condizione di stress termico. L'assetto morfologico del tessuto urbano definisce, infatti, due importanti indici: l'*aspect ratio* e lo *sky view factor*. Il primo indica il rapporto che si instaura tra altezza degli edifici e profondità dello spazio aperto, il secondo indica una media del cielo visibile. Tali indici vengono utilizzati per valutare l'incidenza della radiazione solare sulla qualità termica di un luogo. Se infatti, da una parte, è la qualità dei materiali a determinare la qualità termica dello spazio, dall'altra non si può dimenticare l'aspetto morfologico e la relazione con l'irraggiamento solare (Oke 1976). Alcune città del mediterraneo, infatti, sono esempi chiari di come l'assetto morfologico, fatto di vie strette e poco irraggiate, possa essere un efficace strumento per il controllo della radiazione solare (Olgay 1963, Rudofsky 1964). Partendo da tali considerazioni, la sezione 1.2 introduce tre gradi d'irraggiamento delle superfici: *irraggiata*, *ombreggiata ma precedentemente irraggiata*, *ombreggiata*. La soluzione adottata permette quindi di variare il valore di alcune componenti ambientali, quali irraggiamento e temperatura media radiante.

Come vedremo in seguito, tale sistema viene applicato alla *matrice dei sistemi tecnologici*, che costruisce il vero cuore del modello I-COOL. Questa matrice, definendo una relazione tra condizioni di irraggiamento e caratteristiche termiche dei materiali, permette di dare una precisa descrizione termica dello stato di fatto o del progetto che si vuole verificare. In altre parole ogni superficie presente nel progetto viene filtrata da questo triplice grado di irraggiamento, permettendo così di ricostruire le effettive condizioni termiche locali.

La terza componente morfologica indica la presenza di *superfici verticali irraggiate*. Come per la componente pocanzi descritta, infatti, la presenza di muri irraggiati incide sulle condizioni di stress termico, modificando la temperatura media radiante (UNI EN ISO 7726). Se si considerano, ad esempio, chiusure verticali in cemento o laterizio si nota come esse siano in grado di assorbire la radiazione solare con un conseguente accumulo di calore. Se è vero che tale fenomeno incide sulla sensazione di comfort termico è altresì vero che l'effetto riguarda solo lo spazio più prossimo alle pareti verticali stesse. Tale caratteristica morfologica rientra nella sezione 1.2 sotto forma di incremento o decremento di alcune componenti microclimatiche in prossimità delle superfici verticali irraggiate.

La sezione 1.2 ha per principale obiettivo la definizione di un Actual Sensation Vote di carattere locale (ASV-L). Per tale ragione il modello I-COOL considera le componenti morfologiche e le componenti tecnologiche come *operatori* per modificare i valori assoluti delle componenti microclimatiche. Tale processo permette di definire valori locali delle componenti microclimatiche sui quali effettuare la valutazione finale. Se l'apertura verso il paesaggio è una componente morfologica indipendente, ovvero definisce un valore assoluto che verrà preso in considerazione nel corso della valutazione finale della sezione 3, la condizione di irraggiamento delle superfici orizzontali e la presenza di superfici verticali irraggiate sono componenti morfologiche relazionate alle tipologie di materiali che sono utilizzati nel progetto. La comprensione quindi del significato di queste ultime componenti morfologiche non può prescindere dalla definizione della parte più importante della sezione 1.2, ovvero della descrizione dell'aspetto materico, e quindi tecnologico, che caratterizza ogni progetto.

Per *componenti tecnologiche* si intende l'insieme dei sistemi tecnologici di superficie che vengono applicati al progetto. Senza dilungarsi in specifiche questioni teoriche, già affrontate in altra sede all'interno della ricerca, l'introduzione nel modello I-COOL di tale sezione permette di valutare come le componenti microclimatiche (temperatura

**Superfici
verticali
irraggiate**

**Componenti
tecnologiche**

dell'aria, irraggiamento, umidità relativa e velocità del vento) variano al variare delle caratteristiche fisiche dei materiali: albedo, emissività, capacità termica, calore latente ecc. sono infatti le proprietà fisiche dei materiali che regolano la trasmissione del calore e quindi incidono sul comfort termico.

L'insieme dei sistemi tecnologici individuati è stato classificato secondo il sistema di appartenenza (Dierna Orlandi 2005): *sistema naturale abiotico*, *sistema naturale biotico*, *sistema antropico*. La sezione 1.2 definisce una matrice aperta, capace di descrivere il progetto nella sua globalità. L'apertura di tale matrice permette di aggiornarne la struttura, nel caso in cui vengano individuati nuovi sistemi tecnologici applicabili allo spazio pubblico.

Il progetto analizzato viene descritto come somma delle superfici corrispondenti ai diversi sistemi tecnologici che lo compongono. Consideriamo un esempio semplice: un'ipotetica piazza, metà alberata e metà in asfalto chiaro. Nella parete descrittiva della sezione 1.2, il 50% della superficie sarà legato alla componente tecnologica "SA.asfalto chiaro" e l'altro 50% alla componente "SNB.superficie alberata".

In conclusione, la sezione 1.2 del modello I-COOL permette di effettuare la descrizione del progetto oggetto di valutazione: l'individuazione delle sue componenti morfologiche e tecnologiche permette di ottenere una valutazione locale delle componenti microclimatiche e quindi una valutazione locale del ASV.



Di seguito viene riportata una tabella (Tab. 04) che riassume le componenti considerate nella sezione 1.2.

Categoria	Tipologia	
Componenti morfologiche	apertura verso il paesaggio	
	condizione di irraggiamento delle superfici orizzontali	
	presenza di superfici verticali irraggiate	
Componenti tecnologiche	Sistema naturale abiotico (SNA)	Film sottile
		Film spesso
		Erogatore puntuale
		Nebulizzatore
		...
	Sistema naturale biotico (SNB)	Superficie verde orizzontale
		Terreno stabilizzato
		Massa verde arbustiva
		Sistemi umidi
		Massa verde alberata
		Schermature orizzontali vegetali
	...	
	Sistema antropico (SA)	Asfalto chiaro
		Asfalto scuro
		Cemento chiaro
		Cemento scuro
		Laterizio chiaro
		Laterizio scuro
		Legno
		Pietra chiara
		Pietra scura
Conglomerato sintetico chiaro		
Conglomerato sintetico scuro		
Superfici drenanti		
Schermature orizzontali opache		
Schermature orizzontali semiopache		
...		

Tab. 04: la struttura della sezione 1.2 evidenzia i differenti sistemi tecnologici

Definite le componenti che costruiscono il sistema descrittivo del progetto, è necessario individuare le relazioni che si instaurano tra esse, ovvero i livelli di dipendenza ed indipendenza. Alcune di queste infatti possono essere considerate come indipendenti, ovvero valori assoluti che verranno presi in considerazione nella valutazione finale (Sezione 3). Fa parte di questa categoria la componente apertura verso il paesaggio, che, come vedremo in seguito, contribuisce a definire l'indice di *naturalità*. Le componenti tecnologiche invece, che permettono di descrivere la superficie di progetto, sono relazionate alle componenti morfologiche *condizione di irraggiamento delle superfici orizzontali* e *presenza di superfici verticali irraggiate*. Tale legame, come anticipato, permette di declinare la ASV-U a livello locale e di comprendere come ogni diverso materiale, o componente tecnologica, reagisca alle differenti condizioni termiche date dalle diverse condizioni di irraggiamento, o componenti morfologiche.

Di seguito si mostra un esempio (Tab.5) di quella che è l'interfaccia del sistema I-COOL.

L'esempio riporta una parte significativa della matrice per la descrizione dell'ipotetico progetto di spazio aperto preso in considerazione. La simulazione è effettuata alle ore 13.00. La tabella riporta, nelle colonne di sinistra, parte della struttura della matrice delle componenti tecnologiche e le diverse condizioni di irraggiamento delle superfici. Nelle quattro colonne campite a destra, invece, si trovano le superfici di progetto corrispondenti. Le prime di colonne riportano le superficie di progetto, assolute e relative, in assenza di pareti verticali irraggiate. Le ultime due colonne riportano invece le superfici, assolute e relative, in presenza di pareti verticali irraggiate. Si anticipa, come si vedrà in seguito, come l'utente dovrà semplicemente compilare la parte campita relativa alla definizione delle superfici relative di progetto. In questo esempio si nota come un 40% della superficie corrisponde ad una "superficie verde orizzontale precedentemente irraggiata", un 20% ad una "superficie verde orizzontale irraggiata", un 10% ad una "massa verde ombreggiata" e un 10% ad una "superficie verde orizzontale irraggiata in presenza di pareti verticali esterne". Il restante 20% è stato volutamente tralasciato perché appartenente ad una sezione della matrice non visualizzata nello stralcio della tabella sottostante.

Descrizione morfologica			Orario della simulazione: 13.00			
Superfici orizzontali			Sup. verticali non irraggiate		Sup. verticali irraggiate	
codice	Soluzione	Condizioni di irraggiamento	Sup. ass. [mq]	% Sup. rel. [0-1]	Sup. ass. [mq]	% Sup. rel. [0-1]
...
SNB	superficie verde orizzontale	Irraggiata	40	0,2	20	0,10
		Ombreggiata pre irraggiata	80	0,4	0	0
		ombreggiata	0	0	0	0
	massa verde arbustiva	Irraggiata	0	0	0	0
		Ombreggiata pre irraggiata	0	0	0	0
		ombreggiata	0	0	0	0
	massa verde alberata	Irraggiata	0	0	0	0
		Ombreggiata pre irraggiata	0	0	0	0
		ombreggiata	20	0,10	0	0
...	

Tab. 05: struttura esemplificativa della sezione descrittiva

L'INTEGRAZIONE DEI DUE MODELLI VALUTATIVI: I NUOVI INDICI

La sezione 2.0 del modello I-COOL è la parte più complessa dell'intero strumento. Se la sezione 1.0 permette di introdurre gli input alla base della valutazione, ovvero le condizioni climatiche (1.1, componenti microclimatiche) e la descrizione del progetto (1.2, componenti morfologiche e tecnologiche), la sezione 2.0 permette di trasformare tali input in dati di calcolo, applicando i due modelli oggi presenti in letteratura per la valutazione del comfort termico negli spazi aperti: il modello fisiologico ed il modello adattivo. Nelle successive pagine si descriverà il percorso che ha portato alla sintesi dei due modelli.

La tabella sottostante presenta il quadro esplicativo dei due modelli valutativi definiti in

letteratura ed evidenzia le diverse componenti che contribuiscono alla valutazione dei due indici. Il modello fisiologico (Fanger et al. 1970) considera come componenti oggettive la radiazione solare, la temperatura dell'aria, la temperatura media radiante, la velocità dell'aria e l'umidità relativa e come componenti soggettive abbigliamento e attività fisica. Il modello adattivo (Nikolopoulou et al. 2011) considera invece componenti fisiologiche (acclimatamento), componenti fisiche (di natura reattiva e/o interattiva) e componenti di natura psicologica (stimolazione ambientale, aspettativa, esperienza, percezione di controllo, possibilità di scelta, tempo di esposizione, eterogeneità termica e naturalezza).

Modello fisiologico		Modello adattivo	
Componenti oggettive – meteorologiche	Radiazione solare	Componente fisiologica	acclimatamento
	Temperatura dell'aria	Componente fisica	reattivi
	Velocità dell'aria		
	Temperatura media radiante		interattivi
	Umidità relativa		
Componenti soggettive	Abbigliamento	Componente psicologica	Stimolazione ambientale
			Aspettativa
	Esperienza		
	Percezione di controllo		
	Possibilità di scelta		
	Tempo di esposizione		
	Eterogeneità termica		
	Naturalezza		
Attività fisica			

Tab. 06: componenti per la valutazione del comfort termico, due modelli a confronto

Il modello proposto dalla ricerca RUROS definisce un primo sistema di valutazione che, partendo dal modello di valutazione fisiologico, introduce alcune componenti del modello adattivo di natura prettamente culturali, quali l'aspettativa, l'esperienza e più in generale l'acclimatamento. Tale variazione è resa possibile dai coefficienti di adattamento di cui abbiamo già parlato e che permettono di declinare il modello fisiologico in base alla latitudine e alla cultura locale. Definito questo modello come punto di partenza, il modello I-COOL, grazie all'introduzione della descrizione delle componenti morfologiche e tecnologiche (sezione 1.2) permette di valutare il comfort termico sia secondo il modello fisiologico tenendo conto del carattere locale, sia secondo il modello adattivo, introducendo altri due indici, la naturalezza e l'eterogeneità climatica, assenti nel modello RUROS.

Concludendo, la sezione 2.0 contiene il foglio di calcolo di tutto il sistema I-COOL e permette di ottenere tre indici di valutazione, definiti da un numero primo compreso tra 1 e 100, del comfort termico negli ambienti urbani aperti: l'indice di ASV-MEDIO LOCALE, che definisce la valutazione secondo il modello fisiologico, l'indice di Naturalezza e l'indice di Eterogeneità climatica, che rispondono invece al modello adattivo.

Si definisce così uno strumento che è in grado di valutare il comfort termico secondo i due modelli oggi presenti in letteratura. Se la sezione 2.0 definisce tre valori per tre indici, la sezione 3.0, come vedremo in seguito attraverso una media pesata, permette di definire un giudizio univoco (VCT) all'interno del quale confluiscono i valori dei tre indici pocanzi citati. Tale valore definisce una valutazione del comfort termico di uno

VCT

specifico progetto, modello fisiologico e modello adattivo fusi in unico giudizio come sintesi finale del modello I-COOL.

Nelle prossime pagine verranno descritti i tre indici, l'indice fisiologico (ASV-ML), l'indice di naturalezza (NAT), l'indice di eterogeneità climatica (ET), e come essi sono stati costruiti.

SEZIONE 2.1 – LA TEMPERATURA OPERATIVA

La sezione 2.1 del modello è costituita da una matrice che definisce l'incidenza dei sistemi tecnologici sulle componenti microclimatiche. Al fine di definire uno strumento capace di descrivere effettivamente le singole variazioni termiche negli spazi aperti è stato necessario integrare l'equazione alla base del modello Actual Sensation Vote, introducendo un'altra componente microclimatica, la temperatura media radiante, esclusa dal modello proposto dalla ricerca RUROS, ma che tanto incide sul comfort termico. Nello specifico, la componente corrispondente alla temperatura dell'aria (T_{air_met}) è stata sostituita con la componente della temperatura operativa (T_{o_met}):

$$ASV-U = a T_{air_met} + b Sol_met + c V_met + d H_met + e$$

$$ASV-L = a T_{o_met} + b Sol_met + c V_met + d H_met + e$$

La normativa UNI EN ISO 7726 definisce, infatti, la temperatura operativa T_o , come «quella temperatura uniforme dell'aria e delle pareti dell'ambiente che provocherebbe per il soggetto lo stesso scambio termico per convezione e radiazione che si ha nell'ambiente reale», ovvero:

$$T_o = (h_r t_{mr} + h_c t_a) / (h_r + h_c)$$

o nella forma semplificata,

$$T_o = (t_{mr} + t_a) / 2$$

Tale nozione permette di definire una nuova componente microclimatica capace di tenere conto contemporaneamente della temperatura dell'aria e della temperatura media radiante. La normativa presa in considerazione definisce nello specifico differenti modalità di calcolo della temperatura operativa. In questa sede è stata scelta la definizione descritta dall'equazione:

$$t_o = A \cdot t_a + (1-A) t_{mr},$$

valore vento	coef A
$\geq 0,2$	0,1
0,2 - 0,6	0,3
0,6 - 1,5	0,5
$< 1,5$	0,6

Tab. 07: coefficiente A

ovvero, la t_o è la somma, filtrata da un coefficiente A (Tab.8), della temperatura dell'aria e della temperatura superficiale, dove t_a corrisponde alla temperatura dell'aria, t_{mr} alla temperatura mediaradiante e A ad un coefficiente legato al valore della velocità dell'aria. La scelta di utilizzare tale equazione, tra le possibili definizioni presenti in normativa (UNI EN ISO 7730), è da ricondurre a due principali motivazioni. In primo luogo, tale equazione risulta quella di più facile integrabilità rispetto al modello proposto, avendo il coefficiente A una relazione diretta con la velocità dell'aria, voce già descritta nel sistema I-COOL. In secondo luogo, tale equazione, da una parte permette una semplificazione di calcolo rispetto all'equazione completa che comprende i coefficienti di scambio termico radiante e convettivo (h_r , h_c), dall'altra garantisce una maggiore precisione rispetto alla versione semplificata, che esclude completamente dal calcolo l'apporto dello scambio conduttivo e radiante.

L'equazione così modificata permette di integrare la temperatura media radiante nel modello di calcolo del ASV. La normativa prevede tre metodi di misura della t_{mr} (globotermometro, radiometro a due sfere e sensore a temperatura dell'aria costante) e due metodi di calcolo (fattori di vista e temperature piane radianti). In questa sede si è deciso di utilizzare il metodo di calcolo che si basa sulle temperature superficiali e sui fattori di vista. La scelta è ricaduta su questo approccio per alcune principali ragioni. In primo luogo in letteratura si evidenzia come tale metodo sia capace di descrivere meglio, rispetto ad altri, l'asimmetria termica. La seconda fa riferimento alla struttura specifica del modello I-COOL. La matrice che definisce l'incidenza delle soluzioni tecnologiche sulle componenti microclimatiche ragiona, infatti, per superfici e ragiona per superfici anche le ricerche che sono state prese in considerazione per la costruzione della stessa matrice. Tali ricerche, come meglio verrà descritto nelle prossime pagine, indagano come vari la temperatura superficiale, e quindi la t_{mr} , al variare delle condizioni di irraggiamento e delle proprietà fisiche dei materiali adottati. Il metodo preso in considerazione permette di valutare quindi la temperatura superficiale di un particolare materiale e di conseguenza, valutando i fattori di vista, ottenere la t_{mr} , che assieme alla temperatura dell'aria, definisce la temperatura operativa.

Il metodo di calcolo della temperatura radiante adottato, valido per gli ambienti interni, viene descritto nella normativa dall'equazione:

$$t_{mr}^4 = \sum_k T_{s_k}^4 * F_{p-k}$$

dove, t_{mr} indica la temperatura media radiante, t_s la temperatura superficiale e F il fattore di vista corrispondente alla superficie analizzata. Tale equazione permette di descrivere quindi la geometria dell'ambiente e di definire quindi il peso delle diverse superfici, valutando eventuali asimmetrie verticali e/o orizzontali. L'applicazione di tale formula agli spazi aperti impone un ulteriore ragionamento. Se in ambienti chiusi si possono considerare usualmente sei superfici, quattro verticali (partizioni interne e chiusure verticali) e due orizzontali (chiusure orizzontali), negli ambienti esterni le superfici che incidono sulla temperatura media radiante sono principalmente due: la superficie orizzontale, ovvero il suolo pubblico, ed una superficie verticale, tendenzialmente appartenente agli edifici che circoscrivono lo spazio pubblico in questione. Il modello proposto tiene conto di tale ragionamento e definisce due modalità di valutazione della temperatura media radiante: la prima applicabile a spazi aperti nei quali il contributo delle pareti verticali può essere trascurato perché ininfluente, la seconda applicabile a quegli spazi pubblici di margine adiacenti ai vicini edifici. È così possibile definire due equazioni alla base del calcolo della temperatura media radiante:

$$t_{mr}^1 = T_{so}^1 * F_0,$$

per le superfici non marginali, con t_{so} che indica la temperatura superficiale orizzontale e F_0 il fattore di vista per la superficie orizzontale, e

$$t_{mr}^1 = T_{so}^1 * F_0 + T_{sv}^1 * F_v$$

per le superfici marginali, con t_{so} che indica la temperatura superficiale orizzontale, t_{sv} la temperatura superficiale verticale e F_0 e F_v i rispettivi fattori di vista.

Definita così la temperatura radiante è possibile calcolare la temperatura operativa con l'equazione descritta nelle pagine precedenti.

SEZIONE 2.1 – LA MATRICE DI RELAZIONE SISTEMI TECNOLOGICI - COMPONENTI MICROCLIMATICHE

La seconda operazione compiuta è la definizione di una matrice che stabilisce il grado d'incidenza dei sistemi tecnologici sulle componenti microclimatiche. In altre parole, la matrice associa ad ogni sistema tecnologico una capacità specifica di modificare le componenti microclimatiche considerate come input della sezione 1.1. Se si considera, ad esempio, uno spazio verde alberato si nota come tale soluzione incida sulle componenti microclimatiche, diminuendo la radiazione solare e di conseguenza la temperatura media radiante o aumentando il grado di umidità relativa presente nell'aria. Partendo da tale ragionamento è stato costruito un sistema complesso che, per ogni sistema tecnologico, in base alle condizioni di irraggiamento, predispone dei coefficienti di adattamento delle componenti microclimatiche.

La matrice proposta è il sunto di alcune delle principali ricerche internazionali, che dagli anni Settanta, studiano le problematiche ambientali delle città contemporanee. In particolare sono state considerate quelle ricerche che analizzano le relazioni tra morfologia urbana, calore antropogenico e proprietà fisiche dei materiali utilizzati nella costruzione della città e surriscaldamento urbano.

Tali ricerche mostrano come un sapiente progetto di tali fattori permetta di gestire l'impatto della radiazione solare, con una conseguente diminuzione della temperatura urbana media ed un incremento del comfort termico negli spazi aperti (Akbari et al. 2001). Si sono considerate ricerche che hanno definito la relazione tra temperatura media radiante e superfici orizzontali in base alle proprietà fisiche dei materiali stessi (albedo, emissività, capacità termica, ecc.), ricerche che hanno valutato la capacità evapotraspirativa dei sistemi biotici, ricerche che hanno valutato la capacità di schermature orizzontali naturali o antropiche di assorbire la radiazione solare, ecc. Tali ricerche hanno permesso di definire la matrice che caratterizza la sezione 2.1 e che permette di rendere sensibile il valore ASV-URBANO alle variazioni morfologiche e tecnologiche. Si definisce così l'ASV-LOCALE, base per la valutazione del comfort termico secondo il modello fisiologico.

Alcune ricerche Di seguito si riporta il sunto delle ricerche analizzate, definendone le metodologie d'indagine (sperimentale, numerica, mista) ed i risultati considerati interessanti, ai fini della presente ricerca, per la comprensione della relazione tra tecnologie analizzate e componenti microclimatiche.

Le prime ricerche prese in considerazione hanno cercato di definire l'incidenza dei *sistemi biotici* sul comfort termico. In particolare, una delle metodologie maggiormente utilizzate, per la valutazione dell'incidenza dei sistemi biotici (alberature e vegetazione in generale) sulle componenti microclimatiche, consiste nel confrontare le temperature medie dell'aria rilevate nei parchi e con quelle relative a piazze o nelle strade. Il metodo sviluppato da Spronken-Smith et al. (1998) e applicato alla città di Vancouver dimostra come la temperatura dell'aria relativa ai parchi sia mediamente inferiore di 1°C rispetto alla temperatura delle aree urbane circostanti. Risultati simili sono stati verificati sulla città di Manchester (Smith et al. 2011). Se tali ricerche sottolineano l'effetto generalmente positivo della vegetazione sull'isola di calore, i risultati raggiunti sembrano mostrare in realtà un beneficio limitato. Alcune ricerche successive hanno criticato la metodologia di indagine, sottolineando come i valori ottenuti potrebbero essere stati fortemente influenzati dalla distribuzione dell'aria dovuta all'intensità e alla direzione del vento, capace di spostare masse di aria fresca dai parchi in città e, viceversa, masse calde dalla città verso il parco (Jansson et Gustafsson 2008).

Con l'obiettivo di incrementare la precisione di tali risultati, una seconda metodologia diffusa in letteratura ha spostato l'attenzione dalla temperatura dell'aria alla temperatura delle superfici. Alcuni studi effettuati in Svizzera (Leuzinger 2007) hanno indagato, attraverso fotografie aeree, la differenza tra la temperatura di superfici urbane e la temperatura dell'aria. Da tali ricerche, si evince come la temperatura di superfici *dure* esposte al sole possa essere più calda di 12-35°C rispetto alla temperatura dell'aria, al contrario la differenza tra la temperatura di superfici alberate, varia tra 1-4°C. I risultati ottenuti da queste ricerche non prendevano in considerazione un importante fattore: l'effetto dell'ombra delle chiome. L'ombra proiettata, infatti, influisce fortemente sulla percezione di comfort termico, da una parte, diminuendo l'irraggiamento diretto sulla superficie e di conseguenza la temperatura media radiante, dall'altra, diminuendo la quantità di radiazione diretta assorbita dal corpo umano.

Partendo da tali presupposti Matzarakis et al. propongono una metodologia che si basa sull'analisi della temperatura dell'aria e della temperatura media radiante, rilevate con un globo-termometro, capace di rilevare sia i moti convettivi sia gli effetti dell'irraggiamento, esattamente come l'essere umano (Matzarakis 2007). Tale metodologia è stata applicata per la valutazione dell'incidenza di masse arboree e superfici verdi al caso studio di Manchester (Armson 2012). La città presenta, infatti, una pronunciata isola di calore di 3-5 °C (Smith et al. 2011). La sperimentazione, che ha avuto luogo nei mesi estivi del biennio 2009-2010, ha coinvolto due siti di differenti dimensioni, un parco (8 ettari circa) e un parcheggio (0.1 ettari), nei quali sono state adottate differenti combinazioni di sistemi tecnologici: superficie verde soleggiata, superficie verde ombreggiata, superficie di cemento soleggiata, superficie di cemento ombreggiata. I dati osservati sono la temperatura superficiale, la temperatura esterna e globale dell'aria. Partendo da una temperatura massima dell'aria compresa tra 23.5 e 25 °C, l'esperimento, ripetuto tre volte, ha dimostrato come le superfici verdi e le masse arboree contribuiscano a controllare il fenomeno dell'isola di calore urbano e a migliorare il comfort urbano negli spazi aperti, confermando i risultati di altre ricerche. In particolare tale ricerca ha quantificato alcuni importanti fattori. I dati ottenuti dalle rilevazioni del parcheggio mostrano come negli ambienti urbani le superfici verdi raggiungono una temperatura media superficiale di 0-3°C in meno rispetto alla temperatura dell'aria, mentre le superfici di cemento ed asfalto arrivano ad una temperatura superficiale di 19-23°C in più rispetto alla temperatura dell'aria. I dati ottenuti nel parco, secondo campo di misurazione, mostrano invece come il cemento e l'erba avessero una temperatura, rispettivamente di 18 °C e 3°C, in più rispetto a quella dell'aria. Se i dati registrati nel parcheggio confermano quelli trovati da Gill et al. (2005), le misurazioni del parco mostrano

come l'erba fosse più calda rispetto all'aria circostante. Tale fenomeno è dovuto alla conversione di energia solare in calore sensibile (Monteith et Unsworth, 1990, Allen et al. 1998). A questi dati si sommano quelli rilevati in condizione di ombreggiamento. La temperatura della superficie di cemento risulta di 12 °C in più rispetto a quella dell'aria, la temperatura delle superfici erbose invece di 4-7 °C in meno rispetto alla temperatura dell'aria. Tale risultati confermano i dati sintetizzati da Bowler et al. (2010) e mostrano come la miglior soluzione sia una superficie verde ombreggiata.

Per quanto riguarda la temperatura globale, misurata ad 1.1 m di altezza, si nota un aumento, rispetto alla temperatura dell'aria, della temperatura rilevata in condizione di esposizione alle radiazioni solari dirette di circa 9°C, sia in presenza delle superfici in cemento sia in presenza delle superfici verdi. Nel caso invece di superfici ombreggiate, si rileva un aumento della temperatura globale di soli 2 °C. In generale lo studio mostra come la temperatura dell'aria in condizioni di ombreggiamento e superfici verdi venga ridotta di circa 1 – 2°C.

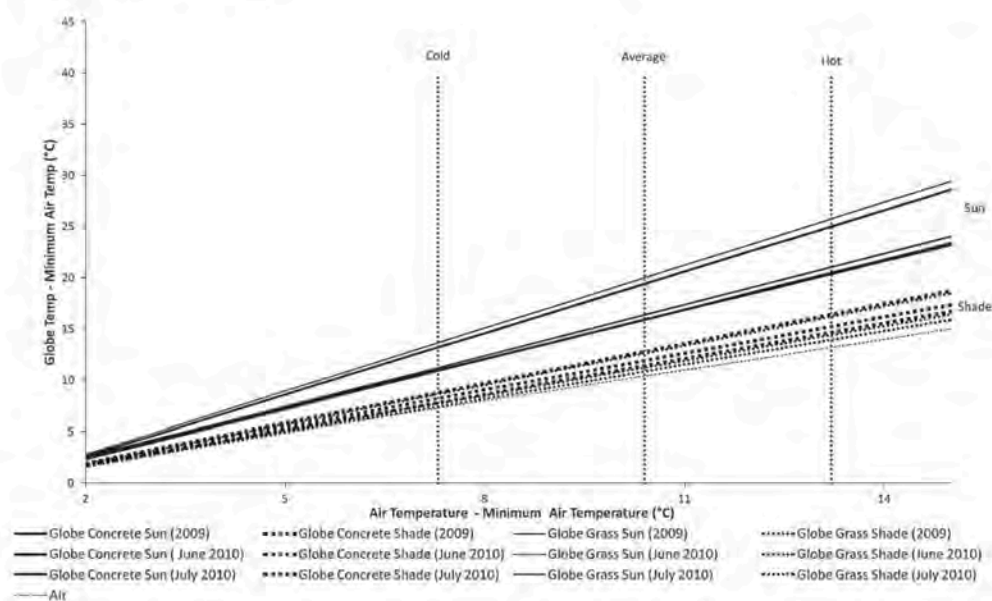


Fig. 01: sintesi dei dati rilevati dalla ricerca di Armson et al. 2012 (fonte: Armson)

Combinazioni soluzioni tecnologhe testate: parcheggio	Variazione rispetto alla Temperatura dell'aria	
	Temperatura superficie	Temperatura globale
Cemento soleggiato	+ 19-23	+ 9
Erba soleggiata	- 0-3	+ 9
Cemento ombreggiato	+ 12	+ 2
Erba ombreggiata	- 4-7	+ 2
Combinazioni soluzioni tecnologhe testate: parco	Variazione rispetto alla Temperatura dell'aria	
	Temperatura superficie	Temperatura globale
Cemento soleggiato	+ 18	+ 7
Erba soleggiata	+ 3	+ 7
Cemento ombreggiato	+ 12	+ 2
Erba ombreggiata	- 4-7	+ 2

Tab. 08: la tabella mostra il quadro sintetico dei risultati della ricerca di Armson et al. 2012

Un'altra interessante ricerca è quella sviluppata da un gruppo di ricercatori della Ben – Gurion University of the Negev, in Israele (Shahua-Bar 2011). La presente ricerca è di estremo interesse perché si confronta con dati meteorologici simili (temperatura dell'aria di circa 33°C, umidità relativa attorno al 40%) a quelli del contesto ferrarese, ambito di applicazione della presente ricerca. Lo studio, condotto nel campus dell'Università, riproduce all'interno del medesimo spazio diverse configurazioni di sistemi tecnologici al fine di verificare l'incidenza di tali sistemi sulle componenti del comfort termico. Lo spazio preso in analisi è una corte che si sviluppa lungo l'asse nord – sud con un rapporto di sezione approssimativo $H/W = 0.5$ attrezzato con due differenti pavimentazioni, manto erboso e pavimentazione in ceramica chiara, e differenti soluzioni di schermatura, alberature o schermature di tela. Il sistema d'irrigazione degli alberi è stato inserito nel sottosuolo, quello per manto erboso è costituito da un sistema di irrigatori a spruzzo attivati alle ore 6:00 di ogni mattina. Lo studio monitora le variabili micro – meteorologiche ed il consumo di acqua per oltre 45 giorni durante i mesi di luglio ed agosto.

Utilizzando l'indice di stress termico (ITS) sviluppato da Givoni la ricerca ha confermato la capacità dei sistemi biotici presi in considerazione, superfici verdi e masse alberate, di incrementare il livello del comfort termico. In particolare i dati rilevati mostrano come la soluzione con alberi e superficie verde, «Trees Grass», abbia una temperatura dell'aria di 2.5 °C in meno rispetto alla soluzione senza schermature, «Open space», confermando i risultati della ricerca precedentemente citata.

Configuration	Hour [LST]														
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Open space	4	4	5	6	6	6	7	7	7	7	6	5	4	4	4
Exposed Bare	4	4	4	5	6	6	7	7	7	7	5	4	4	4	4
Exposed Grass	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4
Mesh Bare	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4
Trees Bare	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4
Mesh Grass	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Trees Grass	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Tab. 09: la tabella mostra la valutazione del ITS a seconda delle differenti combinazioni di soluzioni tecnologiche adottate (fonte: Shashua-Bar)

Un altro dato interessante che emerge da tale ricerca è la relazione tra comfort termico e uso dell'acqua. L'installazione dei differenti sistemi idrici, gestita in maniera indipendente tra alberi ed erba, è stata realizzata per minimizzare le perdite di acqua per evaporazione e quindi per meglio comprendere la relazione tra calore assorbito ed evapotraspirazione vegetale. I ricercatori hanno messo in relazione i dati relativi al consumo di acqua e al calore assorbito per evapotraspirazione definendo un coefficiente di efficienza delle soluzioni tecnologiche. Tale coefficiente, inteso come il rapporto tra la variazione del ITS ed il calore latente equivalente assorbito, ha fatto emergere come la soluzione alberata sia la più efficiente. Ad un consumo di acqua pari a circa 200 litri al giorno, corrisponde un coefficiente di 2.72 più del doppio rispetto a quello delle altre soluzioni analizzate.

Altri autori hanno individuato nell'*albedo* e nell'*emissività* i due parametri fondamentali da analizzare per comprendere la relazione comfort termico - soluzione tecnologica. In particolare, Berg e Quinn (1978), osservando il comportamento di strade pigmentate in differente maniera, hanno notato come le strade colorate di bianco, con un valore di albedo di 0.55, raggiungano una temperatura simile alla temperatura dell'ambiente circostante, riflettendo buona parte delle radiazioni ricevute, a differenza di quelle scure, con un albedo pari a 0.15, che raggiungono una temperatura di 11°C in più rispetto alla temperatura dell'aria.

Asaeda et al. (1996) hanno individuato sperimentalmente l'impatto sulla emissione di radiazione termica di differenti pavimentazioni utilizzate comunemente nella progettazione degli spazi aperti durante il periodo estivo. Dalle loro ricerche si desume come nelle condizioni termiche peggiori e quindi con il massimo irraggiamento solare, l'asfalto emetta 150 W/m² di radiazioni infrarosse e 200 W/m² di calore sensibile rispetto ad una superficie di terreno naturale.

Taha et al. (1992) hanno misurato l'albedo di differenti superfici. Dalle loro ricerche si desume come ad un alto valore di albedo corrisponda una bassa temperatura superficiale (0.72 - 45°C). Al contrario materiali con un basso valore di albedo possono raggiungere temperature superficiali pari a 60°C.

Santamouris et al. (2001) hanno osservato come materiali quali asfalto e cemento arrivino ad avere una temperatura superficiale che tocca i 60-70°C contro i 38°C di superfici verdi. Tali risultati dimostrano come materiali freddi si discostino di poco dalla temperatura dell'aria (+1-2°C), mentre i materiali caldi possono arrivare a variazioni anche superiori ai 25°C.

Una ricerca di Doulos et al. (2004) affronta sistematicamente il problema, mettendo a confronto differenti pavimentazioni di materiali, colori, rugosità e dimensioni differenti. Sottoposti a monitoraggio costante nell'estate del 2001, i ricercatori hanno confermato i risultati pocanzi citati: se rugosità e colore sono i principali fattori che incidono sull'albedo, e quindi sulla capacità di riflettere la radiazione solare, la dimensione del taglio delle pavimentazioni non incide minimamente sulla capacità di accumulare calore. Per quanto riguarda la rugosità, dalle analisi effettuate, è emerso come i materiali lisci abbiano temperature inferiori rispetto ai materiali rugosi, capaci di imprigionare meglio la radiazione solare. Per quanto riguarda invece il colore, dalle loro analisi si deduce chiaramente come i materiali scuri, quali cemento e asfalto, raggiungano temperature superficiali di circa 60°C, a differenza delle pavimentazioni con alti valori di albedo, come il marmo bianco, che si discostano al contrario di pochi gradi dalla temperatura dell'aria.

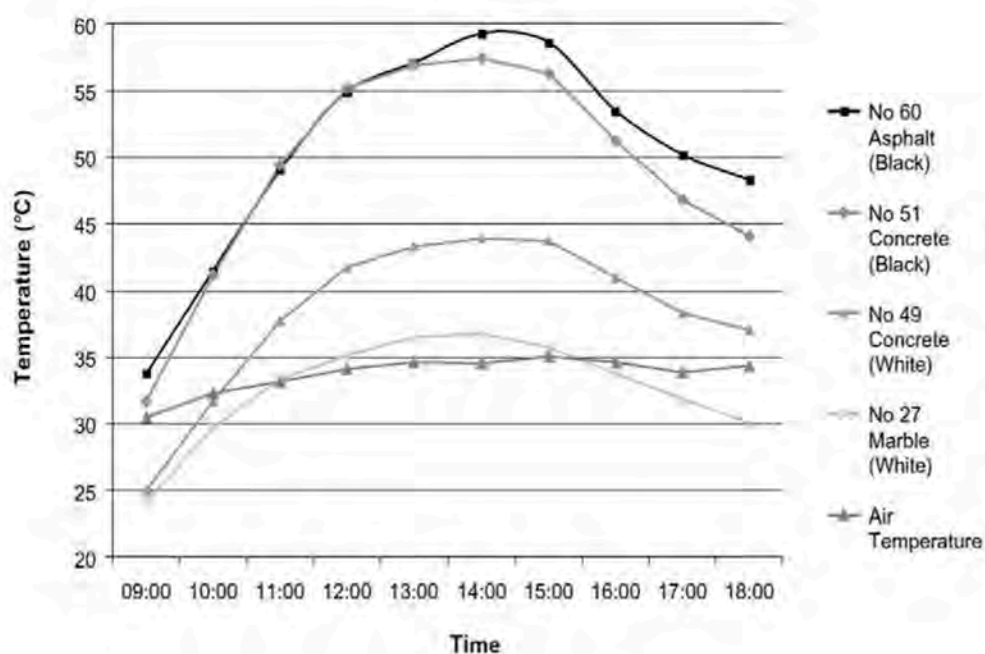


Fig. 02: sintesi delle temperature superficiali (fonte: Doulos et al. 2004)

Paragonabile per approccio alla pretendente ricerca, lo studio, sviluppato presso il California Pavement Research Center nel 2011 da un gruppo di ricercatori americani, definisce una relazione matematica tra albedo e effetto termico su alcuni materiali tipici del suolo pubblico americano: cemento, asfalto, terreno, erba, ghiaia. La sperimentazione, che è stata effettuata monitorando alcuni campioni di materiali diversi esposti alla radiazione solare per un periodo di un anno, mostra come l'albedo influisca fortemente sulle temperature superficiali registrate: materiali, come l'asfalto, caratterizzati da bassi valori di albedo (asfalto = 0.08) possono raggiungere temperature di 65°C, mentre materiali, come il cemento chiaro, caratterizzati da un valore alto di albedo (cemento = 0.28) hanno registrato temperature pari a 50°C. La ricerca ha individuato una relazione tra albedo e temperatura superficiale: ad un incremento di +0.1 di albedo corrisponde un decremento della temperatura superficiale di 6°C circa.

Altro studio analizzato è stato quello effettuato presso il Tokyo Institute of Technology (Kodaka 2005). Tale ricerca ha affrontato il fenomeno dell'isola di calore nel contesto giapponese, indagando, in particolare, la capacità di incidenza delle superfici umide, nel caso specifico di risaie, sulle componenti microclimatiche. La ricerca, effettuata utilizzando uno scanner multispettrale (MSS), ha messo a confronto dati relativi alle componenti microclimatiche misurate nei pressi di risaie e di aree urbane limitrofe. Il confronto tra i dati ottenuti, ha evidenziato come le superfici umide incidano positivamente sui contesti urbani, favorendo una diminuzione della temperatura dell'aria di circa 1°C per le superfici urbanizzate che sono comprese in un raggio di circa 350 metri dal margine delle risaie.

Le prime ricerche descritte sono caratterizzate da un approccio puramente sperimentale. Altre ricerche affiancano a tale approccio una fase di simulazione numerica, sviluppata attraverso specifici software. Basati principalmente su algoritmi di fluido e termo dinamica (CFD), tali software permettono di valutare come al variare delle condizioni al contorno (proprietà fisiche dei materiali, differente morfologie, ecc.) varino le

componenti microclimatiche. Accanto a questi modelli generali, esistono alcuni software specifici per le simulazioni del comfort termico negli spazi aperti, sviluppati recentemente da diversi centri di ricerca europei. Tali modelli si basano su algoritmi di CFD e premettono di effettuare valutazioni locali del comfort termico secondo i principali indici di previsti dalla normativa (PMV, PET, ecc.). Tra questi vi sono Rayman, Ecotect, SOLENE e ENI-met.

Tra questi, quello maggiormente utilizzato oggi è sicuramente ENVI-met, modello di fluido-termo dinamica, sviluppato presso l'Università di Mainz (Bruse 2008). Capace di simulare il flusso d'aria tra gli edifici, lo scambio termico convettivo, i processi definiti dall'evapotraspirazione vegetale, ecc., tale software è sempre più utilizzato come strumento di supporto alla progettazione per la sua capacità di valutare l'incidenza quantitativa delle diverse soluzioni tecnologiche sul comfort termico. Il modello è stato sottoposto a validazione da diverse ricerche che hanno confrontato i risultati stimati dal software con dati sperimentali. Tali ricerche hanno validato il modello, sottolineando come la versione più recente del software (4.2) abbia risolto alcune problematiche specifiche delle versioni precedenti (Kurzer et al. 2011, Wong et al. 2007, Bourbia 2008, Fahmy et al. 2010, Xiaoshan et al. 2013). Ai fini del presente lavoro risulta di estremo interesse l'analisi di tutte quelle ricerche che hanno visto l'applicazione del modello ENVI-met, affiancata da una campagna sperimentale di rilevamento dati.

Tra tutte, ricordiamo alcune delle ricerche più recenti. La prima, sviluppata dal Department of Landscape Architecture dell'Università di Putra Malaysia – UPM (Shahidan et al. 2012), ha indagato gli effetti della vegetazione e delle pavimentazioni fredde sulla temperatura dell'aria e sulla temperatura superficiale. Il software ENVI-met, dopo essere stato calibrato in base ad una campagna di rilevamento dati, è stato applicato ad uno specifico caso studio, il parco del nuovo distretto amministrativo nella città di Putrajaya, in Malesia. La simulazione è stata effettuata mettendo a confronto con lo stato attuale differenti configurazioni progettuali, caratterizzate da maggiori alberature e da pavimentazioni con un indice medio di albedo maggiore. I risultati ottenuti mostrano come, a parità di input iniziali, la configurazione basata su un incremento delle alberature ha portato ad una diminuzione massima della temperatura dell'aria di circa 2.7°C, con una riduzione del carico termico pari al 29%. Il grafico sottostante evidenzia come la combinazione di alberature a chioma densa e pavimentazioni fredde garantisca il miglior risultato e, allo stesso tempo, evidenzia come, in percentuale, il contributo delle alberature sia dominante.

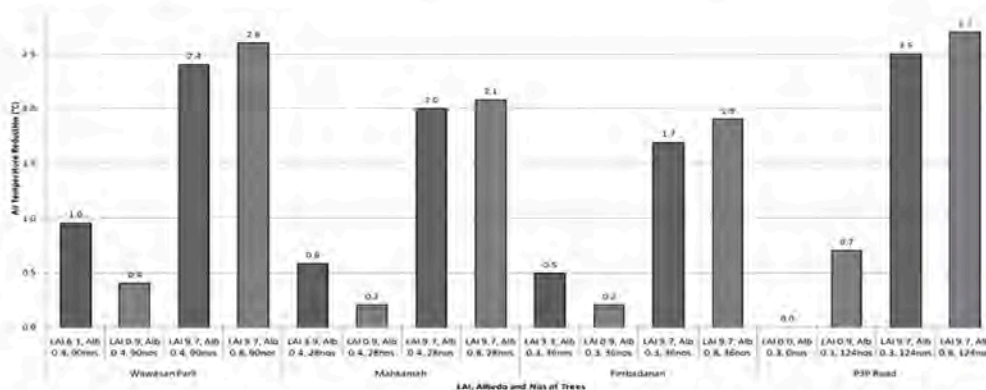


Fig. 03: il grafico mostra la riduzione della temperatura dell'aria al variare delle combinazioni tecnologiche (fonte: Shahidan et al. 2012)

Un'altra recente ricerca, sviluppata in Cina, ha visto la collaborazione del BEEL, Building Environment and Energy Laboratory della University of Technology di GuangZhou in China, e l'EMG, Environmental Modeling Group della Johannes Gutenberg – Universitat di Mainz in Germania (Yang 2013). La ricerca analizza il comportamento termico di differenti soluzioni tecnologiche di superficie: cemento, asfalto, ceramica ed erba. La sperimentazione è stata condotta in una regione del sud della Cina, caratterizzata da temperature medie giornaliere comprese tra i 27-29°C con punte massime di 34-35 °C ed un'umidità relativa di circa 80%. Tali dati sono paragonabili alle condizioni climatiche del contesto ferrarese. Durante la campagna di rilevamento sono stati osservate le temperature superficiali, la radiazione solare, le radiazioni ad onde corte e lunghe, la temperatura dell'aria, l'umidità relativa e la velocità del vento. Il confronto tra i dati, se da una parte ha sottolineato come tale modello possa essere considerato valido, dall'altra ha confermato il delta di variazione tra le temperature superficiali registrate tra i diversi materiali analizzati.

Un'altra interessante ricerca, sviluppata utilizzando una metodologia mista (sperimentazione + simulazione) presso l'Università di Guangxi in Cina, si pone come obiettivo la quantificazione dell'effetto evaporativo sul bilancio termico urbano di alcune tecnologie, in particolare le pavimentazioni porose, capaci di assorbire acqua, e un sistema di nebulizzatore a parete (Wei et al. 2013). La prima parte della ricerca è stata sviluppata affiancando un modello sperimentale di una pavimentazione ad un modello numerico per la valutazione dell'effetto evaporativo. Lo scarto tra i dati della simulazione numerica e della campagna sperimentale hanno permesso di validare il modello di calcolo. La seconda parte della ricerca è stata condotta utilizzando il modello numerico per effettuare una simulazione su un brano di città di Tokio. I dati ottenuti mostrano come le superfici porose umide abbiano una temperatura di 5°C inferiore a quella registrata per le simili superfici irraggiate, mentre si registra una diminuzione della temperatura media radiante di circa 2-6°C. I dati evidenziano come tali soluzioni contribuiscano al controllo climatico della città, incrementando quindi il comfort termico negli spazi aperti.

SEZIONE 3.0 - LA VALUTAZIONE DEL COMFORT TERMICO: TRE INDICI A CONFRONTO

Il modello I-COOL integra i modelli valutativi del comfort termico esistenti introducendo altri due indici di valutazione: la *naturalezza* e l'*eterogeneità climatica*. I due indici proposti premettono di considerare nella valutazione anche le componenti del modello adattivo del comfort termico. Di seguito verranno descritti i tre indici di valutazione sui quali si basa il modello I-COOL. Il giudizio finale stimato non è altro che una media ponderata tra i valori definiti dagli indici.

IL MODELLO FIOLOGICO: L'INDICE ASV-ML

La sezione 2.1 del modello I-COOL permette di valutare negli spazi aperti urbani il comfort termico secondo il modello fisiologico, considerando le variazioni locali definite dalle diverse conformazioni morfologiche e dai sistemi tecnologici applicati. Il modello permette di definire due indici di valutazione: l'ASV-L e l'ASV-ML.

L'ASV-L descrive la sensazione di benessere legata ad ogni specifica situazione urbana: la definizione delle componenti morfologiche e tecnologiche, presenti nel progetto, permette di declinare l'ASV-Urbano in ASV-Locale e di ottenere così una valutazione puntuale valida per ogni differente punto preso in considerazione.

ASV-ML

L'ASV-ML è la media dei singoli valori del ASV-L, ovvero la somma ponderata rispetto alle superfici dei valori di comfort termico corrispondenti alle diverse componenti tecnologiche nel progetto. Definisce, in altre parole, una valutazione dello stress termico medio della piazza: ad ogni situazione urbana differente, per componenti tecnologiche o condizioni morfologiche, corrisponde un valore ASV-L diverso e l'ASV medio locale (ASV-ML) non è altro che la media ponderata dei singoli valori presenti nella piazza analizzata, valori tra di loro proporzionati in base alla quantità di superficie presente:

$$ASV-ML = \sum \text{iesima ASV-LCT} * \text{Sup.Rel}$$

dove ASV-LCT indica il valore di comfort locale corrispondente ad ogni situazione caratterizzata per una componente tecnologica e sup.rel. indica invece la quantità di superficie presente nel progetto.

Il risultato ottenuto, come per il modello RUROS, è compreso tra -2 e 2, con 0 che indica la condizione di benessere termico massima. A tale valutazione, attraverso una funzione matematica parabolica, viene associato un punteggio in una scala da 1 a 100. Tale operazione permette di avere un valore comparabile con quello dei due altri indici, l'indice di *naturalrezza* e l'indice di *eterogeneità climatica* (Tab. 10).

indice		votazione		indice		votazione		indice		votazione	
2	1,8	0	0,6	0,4	90	-0,8	-1	75			
1,8	1,6	20	0,4	0,2	95	-1	-1,2	65			
1,6	1,4	37	0,2	0	100	-1,2	-1,4	52			
1,4	1,2	52	0	-0,2	100	-1,4	-1,6	37			
1,2	1	65	-0,2	-0,4	95	-1,6	-1,8	20			
1	0,8	75	-0,4	-0,6	90	1,8	-2	0			
0,8	0,6	85	-0,6	-0,8	83						

Tab. 10: Indice di ASV_Medio Locale

IL MODELLO ADATTIVO: L'INDICE DI NATURALREZZA E L'INDICE DI ETEROGENEITÀ TERMICA

NAT

L'indice di *Naturalrezza* indica il *carattere naturale* degli spazi, ovvero l'assenza di artificialità. Tale concetto, già descritto nelle pagine precedenti, abbraccia un ampio spettro di significati. In questa particolare sede, viene inteso come la presenza di elementi naturali, biotici o abiotici. Tale indice diventa infatti essenziale per descrivere il processo psicologico di adattamento, con il conseguente aumentando la tolleranza rispetto a condizioni di stress termico altrimenti non tollerabili, dovuto alla presenza di elementi naturali (Ulrich 1984, Field 1998). In particolare il modello prende in considerazione tre fattori che confluiscono a definire l'indice di *naturalrezza*: l'*apertura sul paesaggio (PAE)*, la *densità arborea (ALB)* e la presenza di *sistemi tecnologici appartenenti al sistema naturale*.

Il fattore *apertura sul paesaggio (PAE)* è definito da due variabili: il grado di apertura della cortina muraria rispetto a visuali naturali, o *bel vedere* e la presenza di vegetazione lungo i margini dell'area, o *immersione nel paesaggio*. La prima variabile quantifica la presenza di belvedere e scorci sul paesaggio e più in generale la possibilità di percepire elementi naturali anche distanti fisicamente dallo spazio preso in considerazione. L'*immersione nel paesaggio* permette invece di dare una valutazione qualitativa della presenza di vegetazione,

indicando la percentuale di alberature disposte lungo i margini del progetto capaci di schermare, in parte o totalmente, la visuale sui vicini edifici. In sintesi, l'apertura sul paesaggio viene quantificata dal modello come il rapporto tra perimetro totale dell'area rispetto al perimetro aperta (belvedere) e al perimetro che presenta piantumazioni. L'indice viene espresso in un valore percentuale: al valore numerico massimo (200) corrisponde la totale apertura verso il paesaggio o la saturazione dei margini con alberature, a quello minimo (0) invece corrisponde uno stato di totale urbanità.

Il secondo fattore che concorre a definire la *naturalità* è la *densità arborea (ALB)* e indica la quantità di superfici coperte da alberature presenti nel progetto. Tale fattore, misurato considerando l'impronta a terra della chioma dell'albero, esprime una percentuale rispetto al totale della superficie di progetto percepita come alberata. Il valore ottenuto viene poi declinato, attribuendo un peso specifico a seconda della categoria a cui appartiene l'alberatura considerate. Tale variazione permette di dare un peso qualitativo alle differenti alberature. Così, il valore percentuale relativo ad alberature di I grandezza viene moltiplicato per un coefficiente di 1.5, quello di piccola grandezza per le quali il coefficiente è di 0.5, mentre per le alberature appartenenti al II ordine è stato considerato un fattore pari a 1, ovvero nullo.

Il terzo fattore, *percentuale di sistemi tecnologici naturali (SN)*, indica la percentuale di superficie realizzata con sistemi tecnologici appartenenti al sistema naturale, biotico o abiotico, quali superfici umide, superfici verdi, ecc. Tale fattore definisce viene calcolato semplicemente prendendo in considerazione la percentuale di superficie realizzata con sistemi tecnologici naturali rispetto al totale (0-100).

Definiti i fattori che influiscono sull'indice di *Naturalità* è ora possibile descriverne la modalità di calcolo. L'indice non è altro che la somma dei fattori pocanzi citati, filtrata da alcuni coefficienti di adattamento, introdotti per attribuire un peso specifico ad ogni fattore. L'attribuzione del peso è stata definita attraverso una matrice di confronto a coppie, ovvero valutando, rispetto alla componente della naturalità, l'incidenza di un fattore rispetto all'altro in una scala che va da 1-3, dove 1 corrisponde ad indifferente, 2 ad incidenza notevole, 3 ad incidenza massima. Definite così le relazioni reciproche tra i differenti fattori, è stato possibile poi attribuire un peso specifico.

Fattori	SN	ALB	PAE	Tot per fattori	Peso
SN	1	0,3	2	3,3	0,3
ALB	3	1	2	6	0,5
PAE	0,5	0,5	1	2	0,2
Tot punti				11,3	

Tab. 11: La tabella indica la matrice utilizzata per l'attribuzione dei pesi ai fattori

Il secondo indice introdotto, l'*Eterogeneità Climatica*, permette di descrivere la varietà termica di uno spazio aperto. Un ambiente urbano che presenta una ampia casistica di condizioni termiche garantisce agli utenti la possibilità di scegliere la condizione che maggiormente si addice alle proprie esigenze fisiche: la possibilità di scelta, o anche solo la percezione di poter scegliere, incidano infatti fortemente sull'adattamento climatico dell'essere umano (Nikolopoulou et al 2011). Tale indice viene calcolato nel modello I-COOL attraverso una valutazione, anche essa espressa in centesimi, che indica il numero di condizioni termiche preseti nel progetto analizzato, ovvero la ricchezza di possibilità termiche. I fattori che contribuiscono sono due: il *numero effettivo di situazioni*

ET

termiche presenti e la presenza di *eterogeneità paesaggistica*. Il primo fattore definisce un numero primo che corrisponde alla percentuale di condizione termiche presenti rispetto all'intera scala prevista per l'ASV-L. La scala, che va da -2 a 2 dove 0 corrisponde alla neutralità termica, è stata suddivisa in intervalli regolari di condizioni termiche con cadenza decimale (0-0.1, 0.1-0.2, ecc.). Il modello permette di calcolare su questo spettro il numero di variazioni di condizioni termiche presenti nel progetto. Il secondo fattore, l'*eterogeneità paesaggistica*, descrive invece la ricchezza di tecnologie di superficie utilizzate. La presenza di materiali diversi, con diverse temperature superficiali, incide infatti anche essa sull'aspetto percettivo del comfort termico. I due fattori contribuiscono a definire una valutazione finale di *Eterogeneità Climatica*.

UN QUADRO CONCLUSIVO

Il modello presentato definisce quindi una valutazione del comfort termico rispetto a quei due modelli oggi presenti in letteratura, il modello fisiologico descritto dall'indice ASV-ML ed il modello adattivo descritto dagli indici di Naturalità e di Eterogeneità Climatica. La volontà di dare un'unica valutazione ha portato alla definizione di un indice sintetico, *Votazione del comfort termico* (VCT), definito come una somma filtrata da alcuni coefficienti di pesatura, dei tre indici presentati. La pesatura, come nel caso precedente è stata attribuita attraverso una matrice di confronto a coppie.

VCT	ASVL	NAT	ET	Tot	PESO
ASVL	1	2	2	5	0,50
NAT	0,5	1	1	2,5	0,25
ET	0,5	1	1	2,5	0,25
			tot	10	

Tab. 12: La tabella indica la matrice utilizzata per l'attribuzione dei pesi ai tre indici

VTC

La scelta dei coefficienti di pesatura, è confermata inoltre da parte della letteratura che stima il peso dei due modelli come equivalente (Nikolopoulou et al 2011). Da qui il coefficiente di 0.5 per l'ASV-ML, espressione del modello fisiologico, e i coefficienti di 0.25 rispettivamente per NAT e ET, espressioni del modello adattivo. Dalla pesatura è poi stata costruita l'equazione, ovvero:

$$\text{Votazione del comfort termico} = (\text{ASV-ML} \cdot 0.5) + (\text{NAT} \cdot 0.25) + (\text{ET} \cdot 0.25)$$

La valutazione, espressa in centesimi, si definisce quindi come una media pesata dei tre indici di comfort termico.

Il modello I-COOL si definisce come uno strumento di valutazione del comfort termico per gli ambienti urbani aperti ed è il risultato di una sistematizzazione di informazioni e dati che sono stati ritrovati nella letteratura scientifica di settore. Le prossime pagine descriveranno le operazioni di verifica alle quali è stato sottoposto il modello al fine di averne una prima validazione.

3. LA VERIFICA DEL MODELLO FISILOGICO

UN QUADRO DI SINTESI

La prima fase della presente ricerca è stata dedicata allo sviluppo di un modello di valutazione del comfort termico. Da un'attenta sistematizzazione di dati sperimentali, estrapolati da molteplici ricerche internazionali che hanno analizzato l'incidenza dei sistemi tecnologici sulle componenti microclimatiche (temperatura dell'aria, umidità relativa, irraggiamento, temperatura superficiale e velocità del vento), si è costruito il nuovo strumento valutativo I-COOL. Tale modello permette di valutare come varino le componenti microclimatiche, e quindi il comfort termico, al variare delle soluzioni tecnologiche applicate. Si consideri ad esempio la temperatura media radiante di una superficie. Il suo valore è legato alle condizioni di irraggiamento, alla temperatura dell'aria e alle proprietà fisiche del materiale. Il modello, sistematizzando dati sperimentali, permette di stimare il valore specifico della temperatura media radiante di quella superficie, tenendo conto delle particolari condizioni al contorno pocanzi citate. A questa prima stima, che riguarda solo le componenti microclimatiche del comfort termico (*modello fisiologico*), il modello aggiunge una stima delle componenti psicologiche - percettive (*modello adattivo*) del comfort termico. Si ottiene così un valore sintetico (in scala 1-100) capace di descrivere il comfort termico del progetto preso in analisi.

La volontà di definire uno strumento valido, applicabile e coerente ha portato ad una complessa verifica del modello, che si è sviluppata principalmente nelle seguenti fasi:

Fase 1: Verifica della coerenza dei valori stimati dal modello delle componenti microclimatiche associate alle diverse soluzioni tecnologiche, ovvero dell'indice ASV-L. Tale verifica è stata effettuata mettendo a confronto i dati stimati dal modello con i dati ottenuti da una campagna sperimentale di raccolta dati.

Fase 2: Verifica del modello adattivo. La verifica è stata effettuata applicando lo strumento ad alcuni progetti di spazi aperti realizzati nella città di Lione e considerati in letteratura come esempi di buone pratiche. È stato così possibile verificare l'attendibilità degli altri due indici alla base del modello, la *naturalità* e l'*eterogeneità climatica*.

VERIFICA DELL'INDICE ASV-L: IL CASO STUDIO DI FERRARA

La prima verifica è stata effettuata testando il modello I-COOL sul caso studio di Ferrara. La scelta è ricaduta su questa città per diverse ragioni:

- Condizioni termiche ideali. Il territorio ferrarese presenta condizioni critiche per quasi tutto il periodo estivo. L'alta umidità e le temperature mediamente alte fanno di Ferrara una città calda. Il perdurare di queste condizioni per un lungo periodo estivo, assicura la possibilità di svolgere la campagna di rilevamento dati in totale tranquillità.
- Eterogeneità di spazi pubblici. La città di Ferrara presenta una grande ricchezza di spazi pubblici, alternando piazze più materiche a piazze più naturali a poca distanza le une dalle altre. Questa condizione di facile accessibilità ha velocizzato tutte le operazioni di rilevamento dati.

- Facile reperibilità dei dati micro - meteorologici. I valori delle componenti microclimatiche sono stati rilevati dalle stazioni ARPA presenti sul territorio ferrarese e ottenuti grazie al software Dexter che permette di accedere alle serie storiche e renderle di dominio pubblico.

I valori stimati dal modello I-COOL delle componenti microclimatiche (temperatura dell'aria, irraggiamento, ecc.) associate alle diverse soluzioni tecnologiche, come meglio vedremo nelle prossime pagine, sono stati confrontati con quelli rilevati sulle piazze monitorate.

LA CAMPAGNA DI RILEVAMENTO DATI

I siti

Per la campagna di rilevamento dati, sono stati selezionati differenti spazi aperti della città di Ferrara. In particolare sono state prese in considerazione le seguenti piazze: Piazza Ariosteia, Piazzetta Sant'Anna, Piazza Municipale, Piazza di Cortevicchia.

La scelta dei siti è stata effettuata secondo due criteri specifici. Il primo criterio di carattere architettonico - morfologico ha portato all'individuazione di siti tra di loro confrontabili per dimensione, contesto architettonico di riferimento, caratterizzazioni delle superfici verticali di margine. Sono state così selezionate piazze appartenenti al centro storico della città, sulle quali si affacciano edifici perlopiù in cotto ferrarese, con altezze ai margini comprese tra i due e quattro piani, con rapporti di sezione (larghezza su altezza) simili.



Fig 01: la tabella mostra un quadro sintetico delle piazze oggetto della campagna di raccolta dati

Il secondo criterio adottato ha portato alla selezione di piazze caratterizzate da diverse soluzioni tecnologiche. La casistica selezionata permette così di coprire, e verificare direttamente, uno spettro significativo dei sistemi tecnologici presenti nel modello I-COOL. Quelle soluzioni tecnologiche, non sottoposte a verifica diretta perché assenti nel contesto di analisi, sono state sottoposte ad una verifica indiretta relativa. Tale

operazione è stata effettuata confrontando i valori calibrati delle soluzioni tecnologiche verificate direttamente con i valori delle stesse soluzioni verificate sperimentalmente. Da tale confronto è stato possibile determinare un coefficiente di aggiustamento, derivante dallo scarto tra valore rilevato e valore previsto dal modello. Tale coefficiente è stato poi applicato alle soluzioni non verificate direttamente, permettendo così una calibrazione complessiva del sistema delle componenti tecnologiche.

Componenti tecnologiche		V. d	V. i
Sistema naturale abiotico (SNA)	Film sottile	X	
	Film spesso	X	
	Erogatore puntuale	X	
	Nebulizzatore		X
	...		
Sistema naturale biotico (SNB)	Superficie verde orizzontale	X	
	Terreno stabilizzato	X	
	Massa verde arbustiva	X	
	Sistemi umidi		X
	Massa verde alberata	X	
	Schermature orizzontali vegetali		X
Sistema antropico (SA)	Asfalto chiaro	X	
	Asfalto scuro	X	
	Cemento chiaro		X
	Cemento scuro		X
	Laterizio chiaro		X
	Laterizio scuro	X	
	Legno		X
	Pietra chiara	X	
	Pietra scura	X	
	Conglomerato sintetico chiaro		X
	Conglomerato sintetico scuro		X
	Superfici drenanti	X	
	Schermature opache	X	
	Schermature semiopache		X
	...		

Tab. 01: la tabella mostra le soluzioni tecnologiche presenti nello strumento I-COOL che sono state sottoposte a verifica diretta (Vd) e quelle sottoposte a verifica indiretta (Vi)

In ogni piazza sono stati poi individuati dai punti notevoli, rappresentativi delle varie condizioni di irraggiamento possibili previste nel modello I-COOL: superficie irraggiata, superficie in ombra, superficie ombreggiata ma precedentemente irraggiata.



Fig. 02: l'immagine mostra le piazze prese in considerazione e i punti considerati significativi; Piazzetta Sant'Anna è stata oggetto di diverse rilevazioni perché di interesse per differenti sistemi tecnologici

La strumentazione

La campagna di raccolta dati è stata realizzata per definire in via sperimentale i valori delle componenti microclimatiche (irraggiamento solare, temperatura ed umidità dell'aria, velocità del vento, temperatura delle superfici orizzontali) associate alle differenti sistemi tecnologici che caratterizzano le piazze prese in considerazione.

In particolare tale operazione è stata effettuata costruendo una personale stazione meteo portatile capace di rilevare tali componenti. Gli strumenti utilizzati sono:

Prodotto	Componenti micro - meteorologiche	Accuratezza
Velleman DVM1307	Irraggiamento globale	$\pm 10 \text{ W/m}^2$
Kestrel 3000	Temperatura dell'aria	$\pm 1.0 \text{ }^\circ\text{C}$
	Umidità relativa	$\pm 3 \text{ \% ur}$
	Velocità del vento	$\pm 3 \text{ \% di lettura}$
Mini termometro Testo	Temperatura dell'aria	$\pm 1.0 \text{ }^\circ\text{C}$
	Temperatura superficiale	$\pm 1.0 \text{ }^\circ\text{C}$

Tab. 02: strumentazione ed accuratezza dello strumento



Fig 03: strumentazione utilizzata per le rilevazioni dei dati micro - meteorologici

Il periodo generale e gli intervalli giornalieri

La campagna di acquisizione dei valori microclimatici è stata eseguita nel periodo compreso tra 1 - 31 agosto 2013. L'analisi dei valori della temperatura dell'aria e della radiazione solare, registrati nel 2012 dalle stazioni meteorologiche dell'Arpa del territorio ferrarese, hanno mostrato come tale arco temporale possa essere considerato come rappresentativo delle condizioni microclimatiche medie peggiori per il comfort termico negli spazi aperti. I rilevamenti mostrano come, esclusi alcuni periodi condizionati da particolari fenomeni macrometeorologici di mal tempo (6-10 agosto) o di ondate di calore (1-5 luglio), tale periodo presenti le condizioni micro-climatiche medie peggiori e risulti essere l'arco temporale in cui lo stress termico percepito è più intenso e maggiormente prolungato.

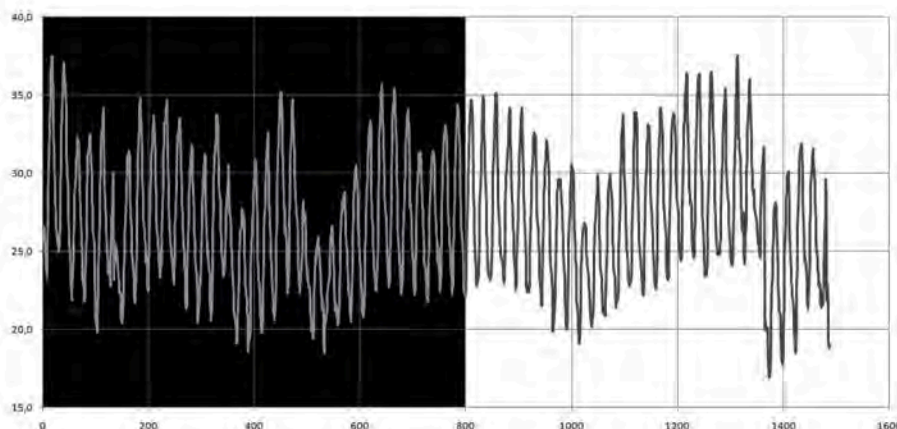


Fig 04: il grafico mette in evidenza l'andamento delle variabili micro-climatiche dell'estate del 2012 ed evidenzia come il periodo di agosto (sfondo bianco) sia caratterizzato dalle peggiori condizioni medie.

Le variabili micro-climatiche sono state osservate e registrate nei punti notevoli selezionati all'interno delle piazze ad intervalli regolari (09.00, 13.00, 17.00). Tali intervalli sono stati scelti perché rappresentativi delle condizioni micro-climatiche critiche per il comfort termico, rispettivamente di massimo irraggiamento solare (ore 13.00) e massima temperatura dell'aria (17.00).

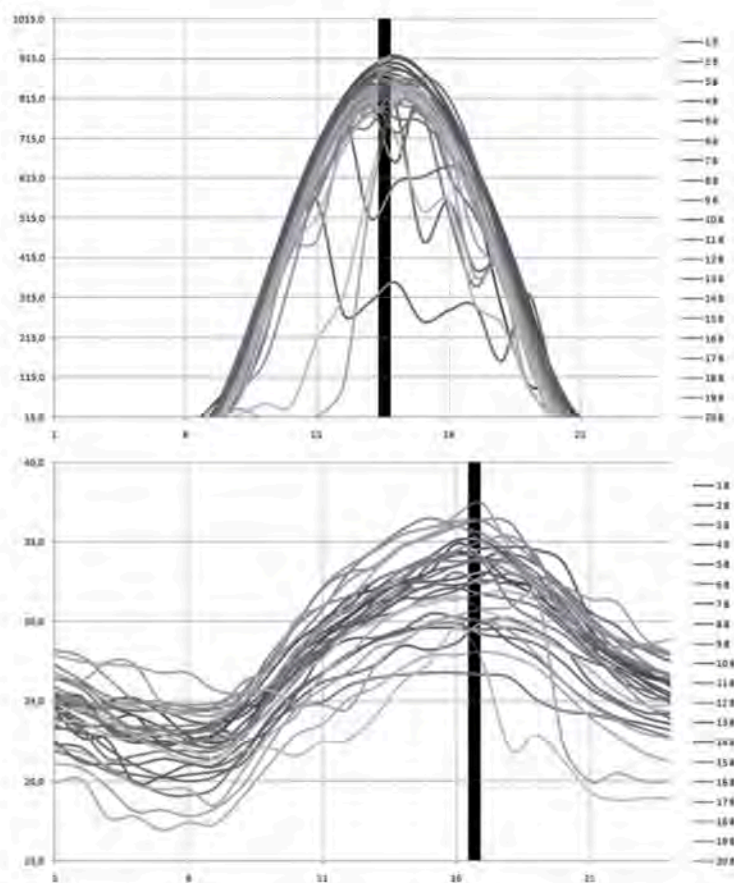


Fig. 5: il grafico mostra i picchi di irraggiamento e temperatura dell'aria distribuiti nell'arco della giornata

Le modalità di acquisizione

La campagna d'indagine sperimentale, condotta nel periodo 1-19 agosto 2013, ha permesso di raccogliere i valori delle componenti microclimatiche (radiazione solare diretta, radiazione solare riflessa, temperatura dell'aria, temperatura media superficiale, umidità relativa, velocità del vento), corrispondenti alle soluzioni tecnologiche presenti nelle piazze prese come campione per l'indagine. Se consideriamo piazza Ariostea come caso esemplificativo, la campagna di misurazione dati ha permesso di rilevare i valori delle componenti microclimatiche corrispondenti alle soluzioni tecnologiche presenti nella piazza, quali i sistemi naturali biotici (superfici verdi, masse alberate, ecc.) ed alcuni sistemi artificiali (asfalto chiaro, pietra chiara). Tali valori sono stati rilevati nei punti notevoli selezionati agli intervalli orari previsti.

Al fine di evitare errori di acquisizione legati a imprecisioni dello strumento (errori di sensibilità) e/o a imprecisioni delle modalità di acquisizione (errori sistematici), si sono effettuate molteplici misurazioni per ogni punto notevole. L'acquisizione di tali dati, effettuata con gli strumenti pocanzi descritti, è avvenuta proteggendo con una apposita schermatura gli strumenti stessi dalla radiazione solare, evitando così che il contatto diretto tra radiazione e parte sensibile alterasse i valori rilevati.

L'insieme di valori ottenuti è stato suddiviso in intervalli di uguale ampiezza, permettendo così la definizione della distribuzione gaussiana. I grafici sottostanti riportano, a titolo esemplificativo, i risultati relativi alle misurazioni effettuate su tre differenti soluzioni tecnologiche, le rispettive gaussiane e il rispettivo valore medio, utilizzato poi all'interno del modello I-COOL.

La campagna di rilevamento ha permesso così di definire un primo database sistematico di valori microclimatici rilevati, associato alle diverse soluzioni tecnologiche presenti nelle piazze monitorate

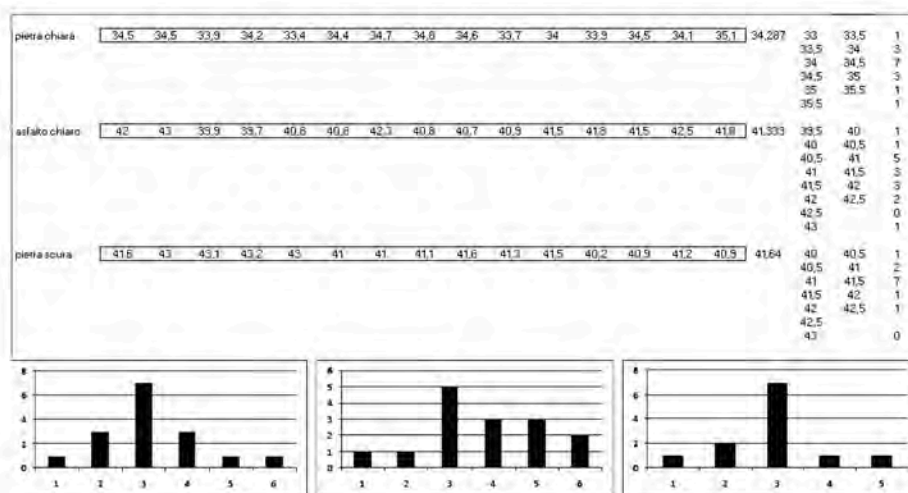


Fig 06: L'immagine mostra le curve di distribuzione dei valori rilevati e i valori medi assunti

Il giorno tipo medio e il giorno tipo critico

La verifica del modello I-COOL è stata effettuata confrontando i valori sperimentali ottenuti dalla campagna di misurazione condotta nelle piazze di Ferrara con i valori definiti dallo stesso modello per i medesimi giorni. Per semplificare il processo di verifica si è cercato di individuare, all'interno della banca dati costruita durante la campagna di rilevamento, un *giorno tipo*, i cui valori potessero essere considerati come rappresentativi dell'intero andamento estivo. Tale operazione permette di velocizzare il processo di verifica, evitando di confrontare tutti dati rilevati, escludendo dalla verifica i dati poco significativi, ridondanti o errati.

Una prima verifica di *giorno tipo* è stata effettuata considerando un intervallo di tempo più significativo ed esteso, rispetto a quello definito dalla campagna di rilevamento, (durata 20 giorni). In particolare l'operazione è stata condotta analizzando i dati rilevati alle stazioni meteo Arpa di Ferrara nel periodo luglio - agosto del 2012. L'analisi di tali dati ha mostrato come sia possibile semplificare l'andamento delle variabili micro meteorologiche in tre curve, una rappresentativa dell'andamento medio, le altre due di un andamento eccezionale, che comprende i valori di massima legati a particolare ondate di calore ed i valori di minimo determinati da ondate di mal tempo.

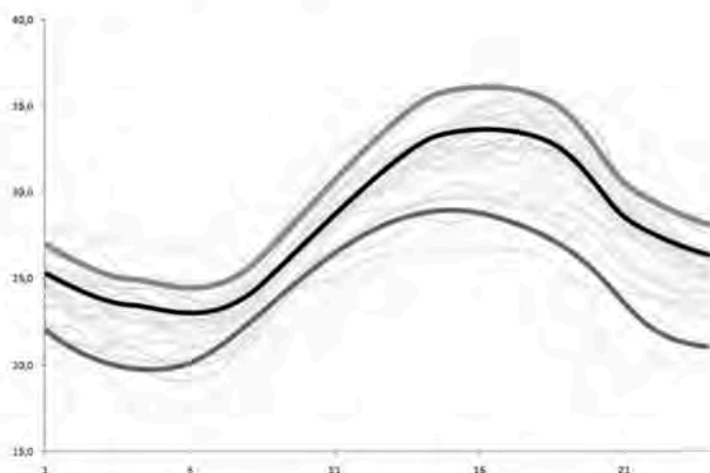


Fig 07: il grafico mette in evidenza le tre curve tipo: andamento medio estivo (al centro), l'andamento medio estivo peggiore, andamento medio estivo migliore

Ricordando che la presente ricerca indaga la relazione tra soluzioni tecnologiche e stress termico, si è deciso di escludere dalla verifica la curva media rappresentativa delle condizioni di minimo.

Si sono definiti così due intervalli tipo, definiti come *giorno tipo medio* e *giorno tipo critico*. Il *giorno tipo medio* è caratterizzato da variabili microclimatiche in media con le temperature previste per il periodo rilevato. Il *giorno tipo critico* è invece caratterizzato da un incremento generale delle medesime variabili oltre il livello previsto dalla media stagionale.

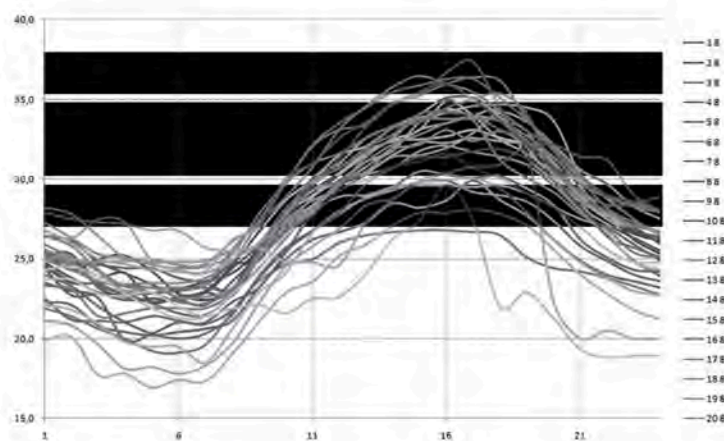


Fig 08: il grafico mostra l'andamento delle variabili microclimatiche del periodo estivo. L'andamento mette in evidenza come vi siano degli intervalli critici, i cui valori superano quelli che definiscono un andamento medio

Tale analisi, svolta sui dati registrati dall'Arpa nel 2012, mostra come, ai fini della verifica dello strumento, sia sufficiente definire due giorni rappresentativi, permettendo così di valutare l'attendibilità dello strumento sia in regime di condizioni medie, sia in regime di condizioni critiche. A tal fine sono stati individuati, all'interno della banca dati raccolta con il rilevamento sperimentale, i due giorni rappresentativi: l'8 agosto è stato individuato come *giorno tipo critico*, il 13 agosto come *giorno tipo medio*.

IL CONFRONTO TRA I DATI SPERIMENTALI ED I DATI DEL MODELLO I-COOL: L'ERRORE COMPLESSIVO

Il modello I-COOL è stato costruito mettendo a sistema studi e ricerche di carattere internazionale che hanno definito l'incidenza dei sistemi tecnologici sulle componenti microclimatiche del comfort termico. La valutazione finale proposta del modello è quindi intrinsecamente influenzata dai valori definiti dalle diverse ricerche prese in considerazione e messi a sistema.

La verifica dello strumento è stata effettuata confrontando i valori sperimentali, ottenuti durante la campagna di rilevamento condotta all'interno del presente progetto di dottorato, con i valori definiti dal modello. In particolare, come motivato precedentemente, la verifica è stata effettuata mettendo a confronto i dati dell'8 agosto (*giorno tipo critico*) e del 13 agosto (*giorno tipo medio*).

Questo processo ha permesso di calibrare il modello, verificando la corrispondenza tra le ricerche prese in considerazione e lo strumento proposto, definendo così lo scarto tra valore stimato e valore misurato, ovvero l'errore di valutazione intrinseco al modello.

Nello specifico, l'errore è definito come la somma di tre errori particolari: il primo errore è definito dall'*imprecisione della specifica misurazione*, il secondo errore è legato alla *differenza tra il valore stimato ed il valore rilevato*; il terzo è dovuto *alla precisione dello strumento adottato* per effettuare le misurazioni. L'errore legato all'acquisizione del dato è stato eliminato, come descritto nel precedente paragrafo, attraverso l'individuazione di un valore medio definito dalla curva di Gauss. La somma del secondo e del terzo errore definisce invece l'errore complessivo dello strumento. Si prenda, ad esempio, il caso di una pavimentazione in pietra di ardesia (pietra scura). La temperatura superficiale stimata dal modello è pari a 50°C, quella rilevata è di 53°C. Allo scarto di +3°C, corrispondente alla differenza tra temperature stimata e rilevata, si somma l'errore dello strumento, o errore di sensibilità, pari in questo caso a $\pm 1^\circ\text{C}$. L'errore è compreso quindi tra un $+2/4^\circ\text{C}$. Al fine della verifica si considera sempre l'errore medio massimo, in questo caso esemplificativo, pari a 4°C, corrispondente ad un 8% del valore totale rilevato.

La presente verifica mira quindi a individuare l'errore medio complessivo del modello I-COOL, definito come la somma degli errori riferiti alle differenti componenti microclimatiche stimate nel modello rispetto al numero delle stesse componenti.

Di seguito verranno riportati i grafici del confronto dei valori stimati con quelli rilevati, suddivisi secondo le differenti componenti microclimatiche: radiazione solare, temperatura dell'aria, temperatura superficiale, umidità relativa, velocità del vento.

Radiazione solare

I grafici sottostanti mettono a confronto i valori della componente *radiazione solare* stimati del modello I-COOL con i valori ottenuti durante la campagna di rilievo. Dai grafici emerge come lo scarto possa essere considerato accettabile.

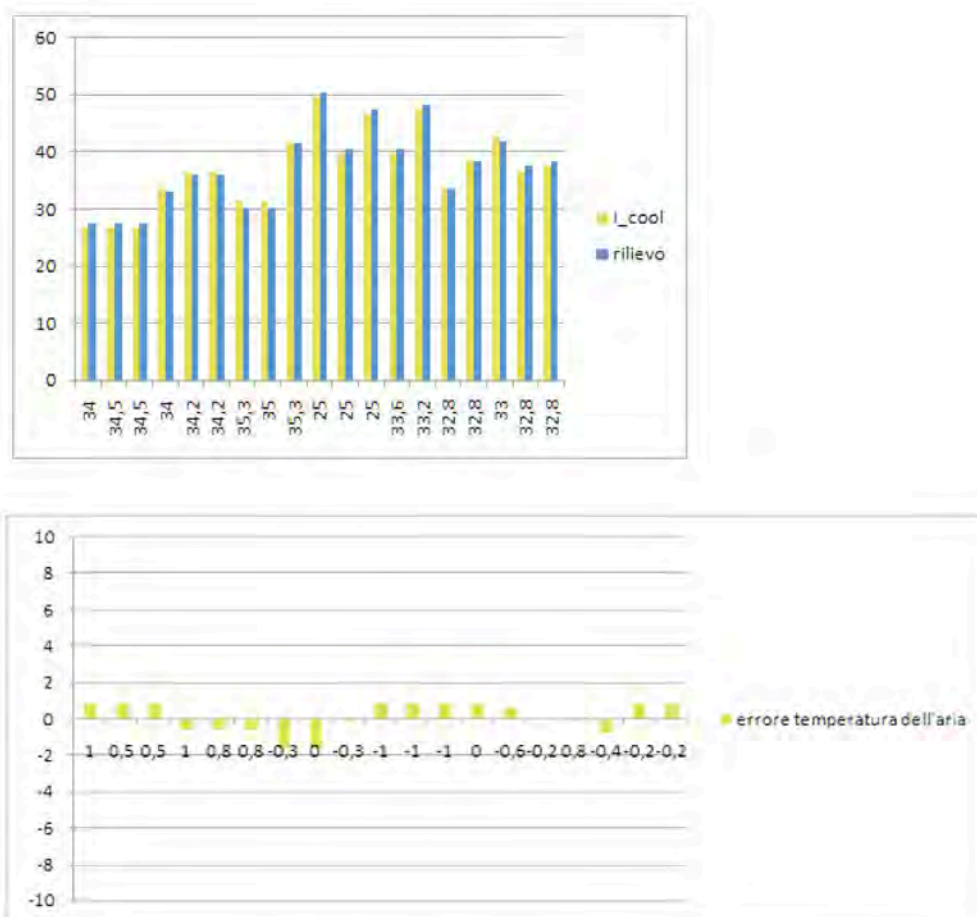


Fig. 11: i grafici mostrano il contrasto tra i dati rilevati e quelli stimati dal modello e l'errore corrispondente

Lo scarto medio del modello, inferiore al $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, sommato al possibile errore relativo allo strumento di misurazione ($\pm 1,0^{\circ}\text{C}$), definisce uno scarto massimo tra valore stimato e valore rilevato pari a $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$. Tale valore può essere considerato come accettabile, corrispondendo ad un 5% del valore totale stimato.

Temperatura superficiale

I grafici a confronto mostrano un andamento ambivalente: se da una parte le tecnologie naturali presentano scarti minimi, dall'altra le tecnologie antropiche mostrano evidentemente come alcuni valori del modello I-COOL siano stati sovrastimanti mentre altri sottostimati.

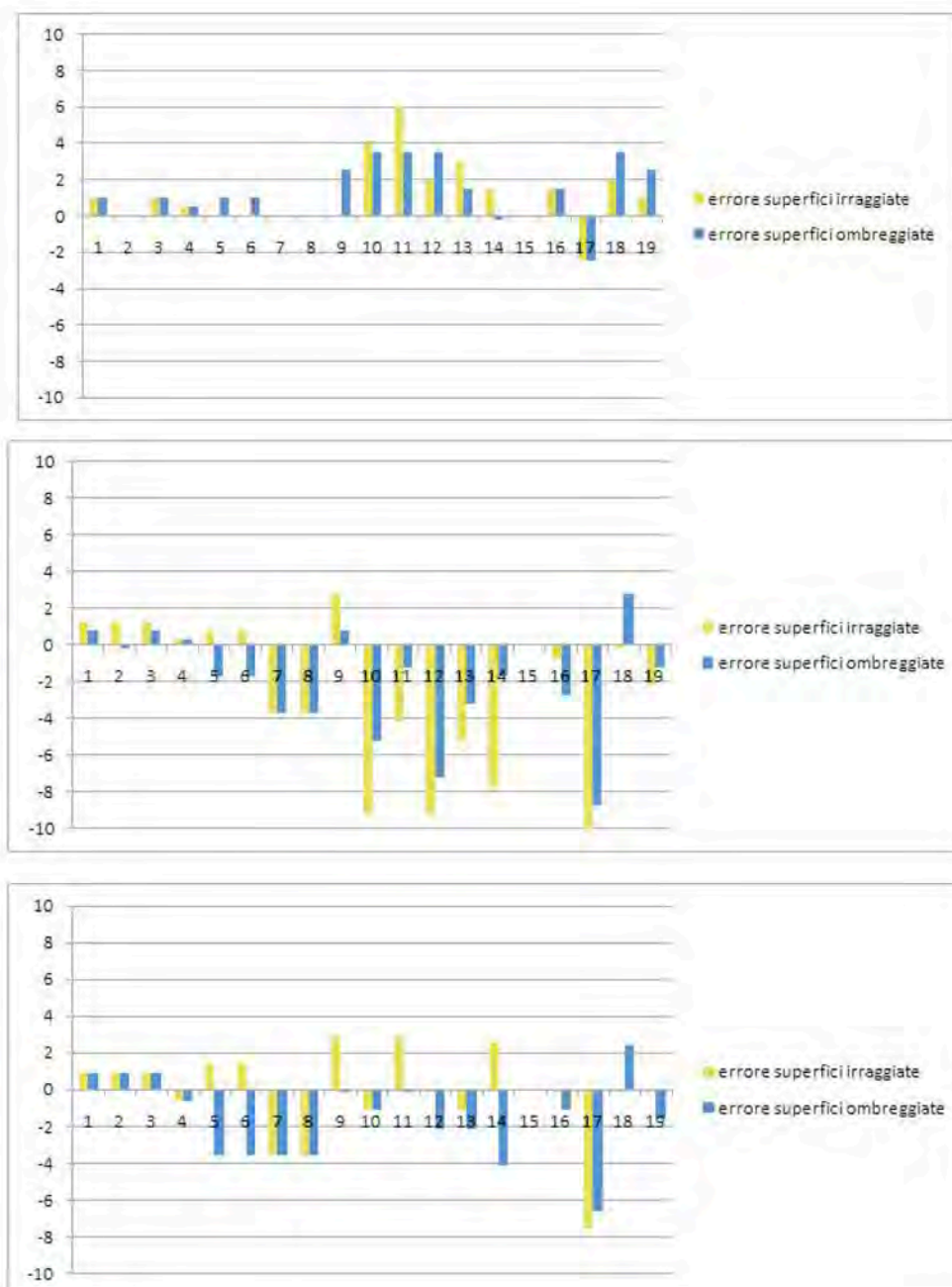


Fig. 13: i grafici mostrano l'andamento dell'errore

La divergenza tra i valori stimanti da I-COOL e quelli rilevati nelle piazze ferraresi può essere stata indotta dall'inserimento di dati erronei nel foglio di calcolo. Sono stati così controllati i valori presi a riferimento per il calcolo della temperatura superficiale dei sistemi tecnologici afferenti al sistema antropico. Tali valori fanno riferimento ad una sperimentazione coordinata da Doulos nel 2001 e condotta presso il dipartimento di Fisica dell'università di Atene. Nonostante un contesto apparentemente differente, tale ricerca è stata presa in considerazione perché i dati della temperatura media dell'aria, riportati dai ricercatori greci, erano simili a quelli registrati nello stesso anno a Ferrara. L'estate del 2001 è stata, infatti, un'estate molto calda, caratterizzata da diverse settimane

Un'altra causa di discordanza, tra valori rilevati e valori stimati, è riconducibile alle modalità di acquisizione dei dati della ricerca greca. Tale ricerca è stata condotta, come mostrano le immagini, in un suolo esterno ai contesti urbani, caratterizzato da una forte escursione termica. Inoltre, i differenti materiali testati sono stati semplicemente appoggiati su un piano orizzontale, favorendo così la dispersione di calore nelle ore notturne.



Fig. 15: l'immagine mostra il campo sperimentale della ricerca condotta ad Atene (fonte Doulos et al. 2004)

Individuate le cause alla base della differenza di temperatura tra valori stimati e valori effettivamente misurati, si è calibrato il modello. Partendo dai dati registrati nelle diverse piazze ferraresi, si è ridefinita l'indecenza dei sistemi tecnologici sulla componente della temperatura media radiante. I nuovi grafici mostrano come tale processo abbia permesso di ridurre l'errore precedentemente evidenziato.

Terminata tale operazione, si nota infatti come lo scarto massimo tra valori stimati e valori registrati sia compreso in $\pm 2^{\circ}\text{C}$, mentre lo scarto medio sia sceso a $\pm 0.7^{\circ}\text{C}$, valore considerato accettabile. Se si somma l'errore del modello a quello definito dagli strumenti di misurazione si arriva ad un valore di $\pm 1.7^{\circ}\text{C}$, che su una scala di valori assoluta, che varia da 25°C come temperatura minima a 55°C come temperatura massima, corrisponde ad un errore pari al 6%, ritenuto accettabile ai fini dell'utilizzo del presente strumento.

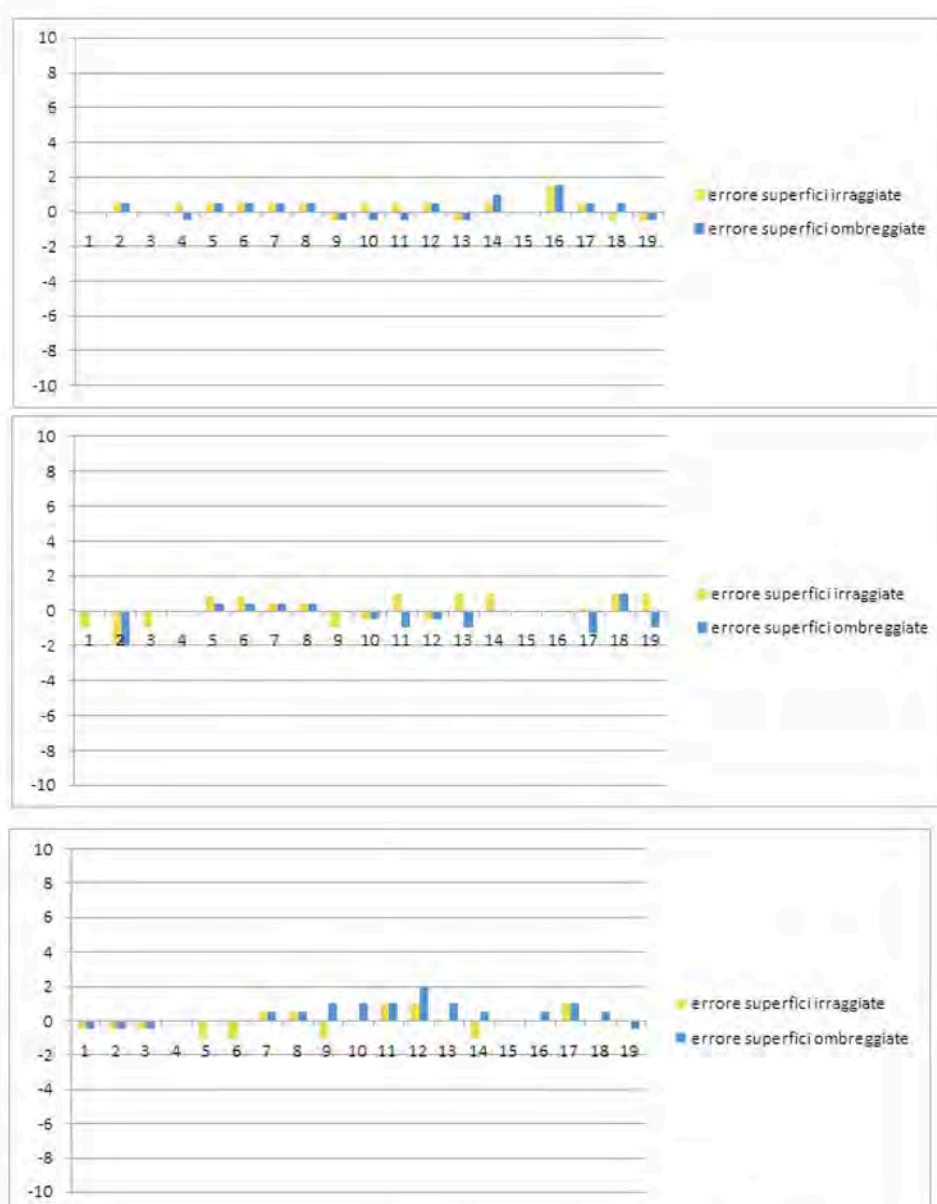


Fig. 16: i grafici mostrano il confronto con i valori ottenuti dopo la calibratura del modello

Umidità relativa

L'insieme dei grafici, che descrivono il confronto tra i valori rilevati ed i valori presunti nelle giornate del 7 e del 13 agosto, evidenziano una situazione di forte coincidenza tra i valori definiti per le soluzioni tecnologiche dei sistemi antropici e dei sistemi naturali biotici e un leggero scarto per le soluzioni tecnologiche appartenenti ai sistemi naturali abiotici. Il confronto specifico, a titolo esemplificativo, tra i valori rilevati il 7 agosto alle ore 17.00 ed i dati proposti dal modello, evidenzia come lo scarto massimo sia compreso in un $\pm 10\%$ e sia legato specificatamente alle soluzioni tecnologiche appartenenti ai sistemi naturali abiotici. Il modello, infatti, se risulta essere decisamente preciso sui sistemi tecnologici antropici e su quelli naturali biotici, presenta un grado di imprecisione su quelle soluzioni tecnologiche principalmente legate ai flussi di acqua, quali erogatori puntuali e/o film sottili. Se si somma tale valore con l'errore dello strumento, certificato al $\pm 3\%$, si arriva ad un errore massimo per tali soluzioni pari a $\pm 13\%$.



Fig. 17: i grafici mostrano l'errore del modello

L'errore, riconducibile in parte alle difficoltà di rilevamento dei dati, riguarda solo alcune soluzioni tecnologiche e, considerando nel complesso l'errore medio ($\pm 5\%$), si è deciso di considerare tale errore come accettabile.

Velocità dell'aria

Il confronto tra i dati stimati dal modello ed i dati rilevati ha evidenziato una divergenza dei valori relativi ai sistemi tecnologici appartenenti al sistema naturale abiotico. Per comprendere l'origine di questa divergenza è necessario fare una precisazione. I moti d'aria nei contesti urbani possono essere ricondotti a due cause principali: da un parte

una parte di calibrare il modello sui valori assoluti registrati e, dall'altra, di calibrare l'incidenza relativa delle differenti soluzioni tecnologiche sulle medesime componenti microclimatiche. In altre parole, la verifica ha permesso di stimare, a parità di input esterni (radiazione solare, temperatura dell'aria, ecc.), il differente comportamento delle tecnologie rispetto alle componenti microclimatiche. Considerando ad esempio la componente temperatura superficiale, la verifica ha permesso di valutare l'incidenza relativa delle singole soluzioni tecnologiche a parità di radiazione solare, temperatura dell'aria, ecc. Si definisce così uno strumento che permette di valutare come vari la componente microclimatica, in questo caso esemplificativo la temperatura superficiale, al variare delle soluzioni tecnologiche adottate.

In quest'ottica interessa maggiormente la definizione dell'incidenza relativa rispetto alla definizione di un preciso valore assoluto di bilancio termico. Questo punto di vista permette di essere ancora più tolleranti verso l'errore medio assoluto del modello, avendo definito in maniera precisa il rapporto differenziale che lega soluzione tecnologica e componente microclimatica.

Concludendo, l'errore del modello, stimato in misura pari al 5%, e la calibratura dell'incidenza relativa delle soluzioni tecnologiche sulle componenti microclimatiche, permettono di affermare che il modello I-COOL possa essere considerato come attendibile e coerente ai fini della valutazione dell'incidenza relativa dei sistemi tecnologici sul comfort termico.

Allegato 02
SCHEDE CASI STUDIO MONITORATI

PIAZZA DI CORTEVECCHIA

Superficie: 1894 mq
 Contesto architettonico: Centro storico
 Superfici verticali di margine: Laterizio
 Altezza media edifici di margine: 4 piani
 Rapporto L/A: 3.1



SNA	film sottile	<input type="radio"/>
	film spesso	<input type="radio"/>
	erogatore puntuale	<input type="radio"/>
	nebulizzatore	<input type="radio"/>
	...	
SNB	Superficie verde orizzontale	<input type="radio"/>
	Massa verde arbustiva	<input type="radio"/>
	Massa verde alberata	<input type="radio"/>
	Schermature orizzontali vegetali	<input type="radio"/>
	...	
SA	Asfalto chiaro	<input type="radio"/>
	Asfalto scuro	<input checked="" type="radio"/>
	Cemento chiaro	<input type="radio"/>
	Cemento scuro	<input type="radio"/>
	Laterizio chiaro	<input type="radio"/>
	Laterizio scuro	<input type="radio"/>
	Legno	<input type="radio"/>
	Pietra chiara	<input type="radio"/>
	Pietra scura	<input type="radio"/>
	Conglomerato sintetico chiaro	<input type="radio"/>
	Conglomerato sintetico scuro	<input type="radio"/>
	...	



denso e irregolare che ha caratterizzato l'espansione tardo medioevale della città di Lione, al tessuto a maglia regolare ottocentesco, dal tessuto moderno composto per lo più da edifici in linea o a torre, al tessuto diffuso composto soprattutto da edilizia mono o bifamiliare.

- **Varietà di atmosfere.** I casi studio sono stati selezionati, e successivamente classificati, in base all'*atmosfera* prevalente, ovvero alla caratterizzazione materica dominante. Si distinguono così ambienti aperti caratterizzati da un maggior tasso di urbanità (superfici dure, quinte urbane, ecc), ambienti aperti di connessione come strade e boulevard, ambienti aperti prevalentemente naturalizzati. Tale classificazione permette di considerare, all'interno della valutazione dei singoli progetti, anche quegli aspetti di carattere percettivo che influenzano la sensazione di benessere termico.

- **Ampia varietà di sistemi tecnologici.** La selezione dei casi studio è stata effettuata per coprire l'intero spettro dei sistemi tecnologici previsti nel modello I-COOL.

UN ESEMPIO APPLICATIVO, PLACE DES CÉLESTINS

Il modello I-COOL è stato applicato a 14 casi studio selezionati all'interno dell'ampio panorama di progetti di spazi pubblici della città di Lione. Si è scelto di mostrare un caso applicativo, Place des Célestins, per descrivere nello specifico le semplici operazioni richieste all'utente del modello per effettuare le valutazioni del comfort termico.

- **Definizione delle variabili microclimatiche.** La prima operazione consiste nella definizione delle variabili microclimatiche che caratterizzano l'ambiente urbano preso in considerazione. In particolare l'utente dovrà inserire i dati relativi all'irraggiamento medio (w/m^2), la temperatura dell'aria ($^{\circ}C$), l'umidità relativa (%) e la velocità del vento (m/s).

DATI GIORNO LIONE_1 agosto 2012				
Ora	ir [W/m^2]	tma [$^{\circ}C$]	rh [%]	vvd [m/s]
09:00	500	25	35	0,3
13:00	1100	30	35	0,3
17:00	800	32	35	0,5

- **Definizione dei dati generali di progetto.** La seconda operazione consiste nella definizione delle variabili progettuali, ovvero nella descrizione morfotecnologica del progetto. In particolare l'utente dovrà inserire dati relativi alle superfici totali dell'intervento, alla apertura del paesaggio definita in metri lineari di belvedere e di margini alberati, alla densità arborea e alla tipologia di alberi presenti.

superficie area di progetto totale [m^2]			...
apertura paesaggio			indice %
totale perimetro [m]	immersione nel paesaggio [m]	belvedere	
....

superficie totale alberature [mq]		---
Tipologia alberature di progetto	[mq]	%
alberature S [III]	---	---
alberature M [II]	---	---
alberature L [I]	---	---
sup. % alberature		---

- **Definizioni delle superfici orizzontali di progetto.** Il progettista dovrà inserire i dati relativi alle differenti superfici orizzontali di progetto valutando in particolare le differenti condizioni termiche alle quali queste sono sottoposte. La tabella sottostante, estratto esemplificativo della struttura dello strumento, evidenzia le tre particolari condizioni termiche da valutare: superficie irraggiata, superficie ombreggiata, superficie di transizione, ovvero in una condizione intermedia di irraggiamento (Ombr./Irr.). Tale operazione può essere effettuata semplicemente quantificando, attraverso un qualsiasi strumento di disegno CAD, le metrature corrispondenti alle differenti superfici di progetto sottoposte alle diverse condizioni termiche, valutando l'ombra portata degli edifici e delle alberature presenti.

Descrizione morfo-tecnologica del progetto			ore 09:00		ore 13:00		ore 17:00	
superfici orizzontali			Sup. oriz	Sup. Oriz, con irr vert	Sup. oriz	Sup. Oriz, con irr vert	Sup. oriz	Sup. Oriz, con irr vert
Cod.	soluzione tecnologica	condizione termica						
SNA	film sottile	Irr.	---	---	---	---	---	---
		Ombr./Irr.	---	---	---	---	---	---
		Ombr.	---	---	---	---	---	---
	film spesso	Irr.	---	---	---	---	---	---
		Ombr./Irr.	---	---	---	---	---	---
		Ombr.	---	---	---	---	---	---
SNB	...	Irr.	---	---	---	---	---	---
		Ombr./Irr.	---	---	---	---	---	---
		Ombr.	---	---	---	---	---	---
SA	Irr.	---	---	---	---	---	---
		Ombr./Irr.	---	---	---	---	---	---
		Ombr.	---	---	---	---	---	---

- **Valutazione dell'incidenza dei sistemi tecnologici sul comfort termico.** Il modello I-COOL, definiti i dati di progetto, permette di effettuare una valutazione immediata e complessiva del comfort termico del progetto in questione. Il modello permette inoltre di esplicitare i tre indici che definiscono il comfort termico in generale, ovvero l'ASV-ML, la naturalezza e l'eterogeneità termica.

UN QUADRO CONCLUSIVO: LA CALIBRATURA DEGLI INDICI DI NATURALITÀ ED ETEROGENITÀ TERMICA

Ai fini della validazione degli indici di *naturalità* e *eterogeneità termica*, il modello I-COOL è stato applicato a quattordici casi studio selezionati all'interno dell'ampio panorama offerto dalla città di Lione. La tabella sottostante riporta un quadro sintetico e descrittivo dei sistemi tecnologici adottati nei differenti progetti e delle valutazioni di comfort termico ottenute. A partire da questi primi dati è stato possibile effettuare alcune osservazioni riguardo la calibratura degli indici di naturalità ed eterogeneità termica.

n	Progetto	Fat Vis [%]	Dens AR [%]	T [%]	OB [%]	TO [%]	SNA [%]	SNB [%]	SA [%]	Val med	ASV ML	NAT	ET
1	Place des Célestins	15	21	0	100	0	3	15	78	70	88	28	77
2	Esplanade Gros Caillou	48	19	18	21	0	0	33	67	63	82	37	54
3	Place Antonin Poncet	50	21	0	100	0	1	23	76	70	85	40	69
4	Place 8 mai 1945	42	24	38	18	0	1	25	74	70	87	46	62
5	Place Lazare-Goujon	40	20	30	30	0	9	6	85	65	85	29	62
6	Place Jutard et Raspail	39	16	36	57	7	0	15	85	62	81	32	54
7	Place de la Bourse	70	26	35	45	20	0	21	79	65	85	36	54
8	Espace Brotteaux	32	29	0	100	0	1	10	89	68	90	39	54
9	place Roosevelt	10	15	30	35	75	0	13	87	63	85	26	54
10	Les Berges du Rhône_fiume	100	66	33	45	20	0	86	14	78	93	82	46
11	Les Berges du Rhône_percorso	50	26	50	35	5	0	21	79	70	87	52	54
12	Les Berges du Rhône_skate	50	13	0	100	0	11	1	88	71	86	39	69
13	Place de Frankfurt	0	0	0	0	0	0	0	100	34	60	0	15
14	Campagne	100	10	0	100	0	0	100	0	66	84	79	15

Tab. 01: quadro sinottico dei casi studio analizzati

Una prima osservazione deriva dal confronto effettuato tra indice di naturalità (NAT) ed i fattori che contribuiscono a definirlo (apertura sul paesaggio, densità arborea, superfici naturali). La tabella mostra come vi sia una sostanziale coincidenza tra il valore stimato di NAT (curva arancione) e la somma dei fattori pocanzi citati (curva ciano), con l'eccezione che si riscontra per i primi due progetti (punto 1 e 2). Tale discrepanza deriva da una sottostima nella media del fattore di apertura del paesaggio, non riportato nella tabella riassuntiva (med). Il grafico a destra mostra come la curva dei fattori selezionati coincida fortemente con la curva che descrive il grado di naturalità. Tale relazione da una prima conferma dell'attendibilità dell'indice di naturalità.

Mettendo a confronto la tabella 4, basata sulla classificazione ottenuta attraverso l'applicazione dello strumento I-COOL, e la tabella 5, che descrive la classificazione relativa alla *naturalezza percepita*, si nota una sostanziale coincidenza della suddivisione in categorie, confermando la corretta calibratura dell'indice.

Naturalezza stimata, I-COOL		Naturalezza percepita, Interviste	
Les Berges du Rhône_fiume	A	Les Berges du Rhône_fiume	A
Campagne	A	Les Berges du Rhône_percorso	A
Les Berges du Rhône_percorso	A	Campagne	A
Place 8 mai 1945	A	Place 8 mai 1945	A
Place Antonin Poncet	B	Esplanade Gros Caillou	B
Les Berges du Rhône_skate	B	Les Berges du Rhône_skate	B
Espace Brotteaux	B	Espace Brotteaux	B
Esplanade Gros Caillou	B	Place Antonin Poncet	B
Place Jutard et Raspail	B	Place Jutard et Raspail	B
Place de la Bourse	B	Place de la Bourse	B
Place des Célestins	C	Place des Célestins	C
place Roosevelt	C	place Roosevelt	C
Place Lazare-Goujon	C	Place Lazare-Goujon	C
Place de Frankfurt	C	Place de Frankfurt	C

Tab. 05: la tabella mette a confronto le due classificazioni effettuate, valutando la naturalezza stimata dal modello e quella percepita ottenuta attraverso le interviste.

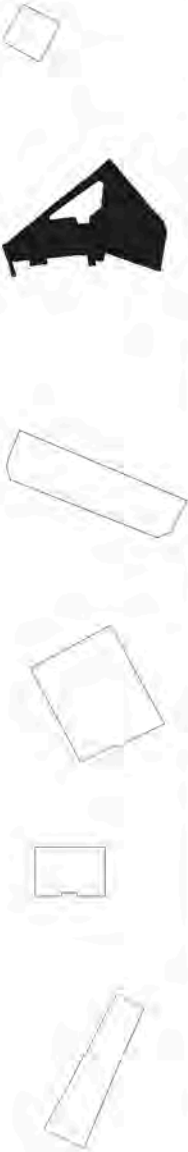
Un'ultima osservazione può essere effettuata confrontando l'indice di eterogeneità termica con l'eterogeneità dei sistemi tecnologici applicati ai progetti analizzati. Obiettivo di questo confronto è valutare la relazione che si instaura tra varietà di condizioni termiche effettive e molteplicità di sistemi tecnologici utilizzati. La tabella riporta nella prima colonna l'eterogeneità delle condizioni termiche espresse in un numero assoluto che corrisponde all'effettivo numero di differenti condizioni di ASV-L (N.Asv-L), nella seconda colonna il numero di differenti sistemi tecnologici utilizzati (N.sist.tec.), nella terza la valutazione della condizione di eterogeneità (ET). Il grafico mostra come le due curve abbiano un comportamento paragonabile e definiscano uno scarto costante. Tale scarto mostra, infatti, come al variare delle condizione termiche e dei sistemi tecnologici applicati, vi sia una variazione proporzionale nella valutazione dell'indice di eterogeneità termica. Questa proporzionalità costante, che si ritrova in tutti i casi studio, sottolinea come il modello possa essere considerato calibrato e, più in generale, permette di confermare l'attendibilità dell'indice.

Progetto	N. Asy_L	N. sist. tec.	ET
Les Berges du Rhône_skate	9	6	77
Place des Célestins	10	5	77
Place Antonin Poncet	9	5	69
Place 8 mai 1945	8	5	62
Espace Brotteaux	9	5	69
Les Berges du Rhône_percorso	7	5	54
Esplanade Gros Caillou	7	4	54
Place Lazare-Goujon	7	4	62
Place Roosevelt	7	4	54
Place Jutard et Raspail	6	3	54
Place de la Bourse	5	3	54
Les Berges du Rhône_fiume	6	3	46
Place de Frankfurt	1	1	15
Campagne	1	1	15

Tab. 06: confronto tra ET e numero dei sistemi tecnologici adottati

Allegato 03
SCHEDE CASI STUDIO ANALIZZATI

Pattern



valutazione tecnologica A20M7UE



valutazione tecnologica B6



valutazione tecnologica D6



valutazione tecnologica S4



Formlar



ekranlı formdağıtım ALBAYRAK



ekranlı formdağıtım DİM



ekranlı formdağıtım DİM



ekranlı formdağıtım SA



Croix Rouge , Lione, Francia	1998 (concorso)	2002 (realizzazione)	30 000 mq	5 Mil euro
------------------------------	-----------------	----------------------	-----------	------------



La realizzazione di un parcheggio pubblico interrato di 440 posti è l'occasione per definire sulla nuova superficie spazi pubblici per la città, un ambito di vicinato e allo stesso tempo una promenade.

La forte pendenza che caratterizzava la piazza prima dell'intervento e la vegetazione troppo fitta ne facevano uno spazio di difficile accesso e di uso limitato. Il lavoro sulla pendenza, la gerarchizzazione delle zone piane, l'introduzione di una superficie più grande dedicata a spazi di sosta e di gioco lo trasformano in un giardino vissuto. Il progetto diventa un unico dispositivo di percezione del paesaggio. La nuova terrazza permette di contemplare la visuale che si apre sulla città, regalando a questo luogo una nuova e forte identità.

Il rapporto con la strada è mediato da una prima fascia di filtro costituita da un bosco. Il sistema del verde non si limita solo a costituire la protezione della nuova esplanade ma

definisce un legame percettivo con il sistema degli spazi pubblici della Croix Rouge dando continuità visiva tra il nuovo intervento e il sistema preesistente.

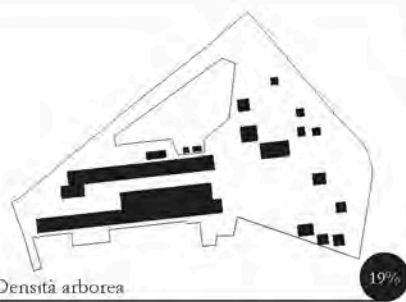
Il passaggio attraverso il bosco introduce ad un nuovo spazio indefinito, la vera e propria esplanade, caratterizzata dall'alternanza di superfici in pietra ed superfici verdi. L'esplanade si apre in una terrazza panoramica, il piano si inclina favorendo la visuale dalla città. Lo spazio della terrazza viene declinato poi in ambiti diversi, più raccolti ed intimi, fino a definirne il limite con un muro basso che funge contemporaneamente da parapetto e da seduta. La testa finale del sistema permette di connettere esplanade con il sistema di strade sottostanti attraverso un sistema di scale e rampe caratterizzato da un susseguirsi di colori e differenti specie vegetali.

Risultato è uno spazio vario, naturale, con un grande slancio verso il paesaggio urbano della città.



Vista paesaggio

48%



Densità arborea

19%

Densità arborea, I grandezza

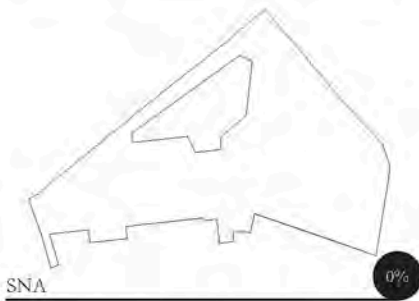
78%

Densità arborea, II grandezza

22%

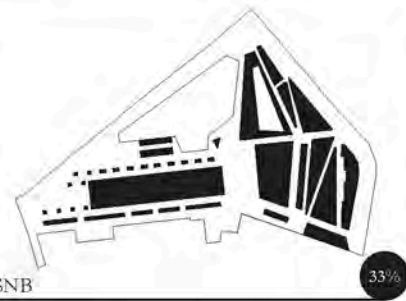
Densità arborea, III grandezza

0%



SNA

0%



SNB

33%



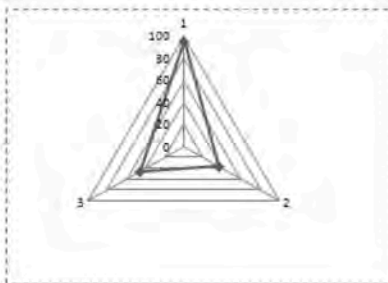
SA

67%

Valutazione del comfort termico

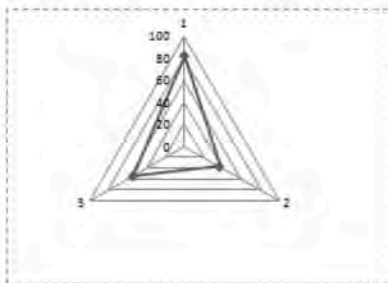
VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 09:00		63
---	--	-----------

1	INDICE DI ASY_MEDIO LOCALE	96
2	INDICE DI NATURALITÀ	37
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	46



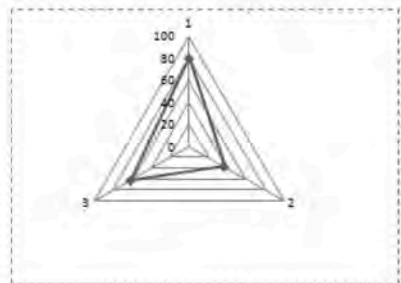
VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 13:00		64
---	--	-----------

1	INDICE DI ASY_MEDIO LOCALE	82
2	INDICE DI NATURALITÀ	37
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	54



VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 17:00		65
---	--	-----------

1	INDICE DI ASY_MEDIO LOCALE	80
2	INDICE DI NATURALITÀ	37
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	62



2°, Lione, Francia	1990 (incarico)	1990 (realizzazione)	16 500 mq	5 Mil euro
--------------------	-----------------	----------------------	-----------	------------



Place Antonin Poncet si sviluppa tra il lungo Rodano e la piazza principale di Lione, Place Bellecour.

Il progetto di riqualificazione, realizzato da Michel Bourne, ridefinisce l'intera atmosfera urbana, creando un elemento di giunzione tra il fiume ed il cuore cittadino.

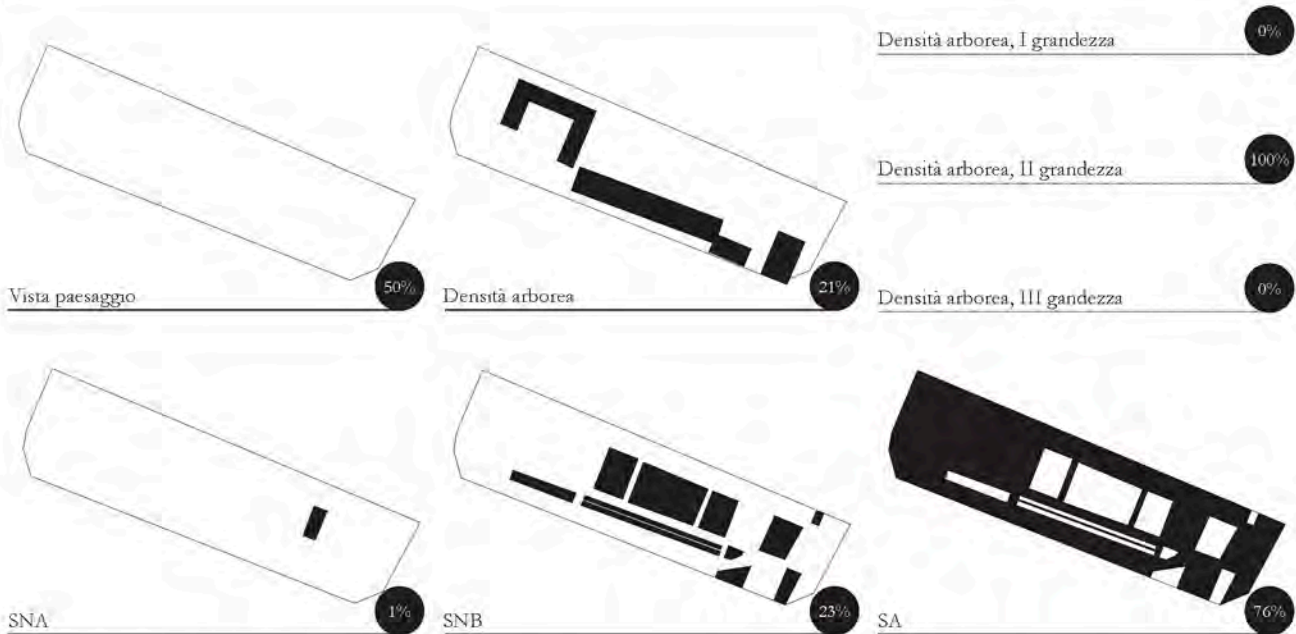
La piazza si sviluppa longitudinalmente ed è strutturata in due principali elementi: la trama di percorsi e le aree naturali.

I percorsi definiscono il perimetro dell'area e alcuni attraversamenti trasversali, costruendo così una cornice pavimentata capace di creare una forte relazione con gli spazi commerciali che si affacciano sulla piazza.

Il secondo elemento, ovvero le aree naturali, definiscono invece la parte interna del progetto. Tale spazio trova una declinazione differente a seconda delle situazioni urbane con le quali si confronta: il lato ad ovest, che si relazione con

la Place Bellecour, si presenta come una corte realizzata da un anello alberato; la parte centrale è definita da una grande superficie verde, un grande prato libero leggermente rialzato; il margine est che si relaziona con la strada e che costeggia il fiume, presenta una grande fontana a raso che da una parte premette la vista verso il fiume, dall'altra si definisce come elemento di protezione rispetto al rumore della strada; fondale di tutto il progetto l'installazione dell'artista Choi jeong-hwa.

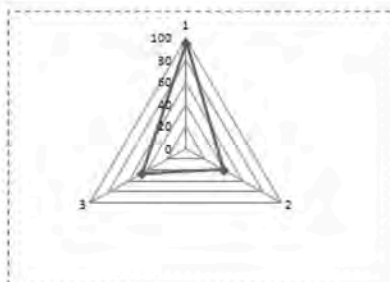
Si definisce così un progetto semplice, lineare, essenziale che porta qualità all'intero quartiere e regala spazi vivibili, ampi e confortevoli.



Valutazione del comfort termico

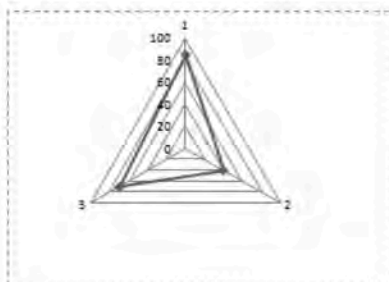
VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 09:00 63

1	INDICE DI ASV_MEDIO LOCALE	96
2	INDICE DI NATURALITÀ	40
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	46



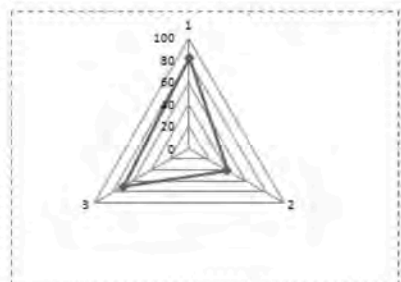
VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 13:00 70

1	INDICE DI ASV_MEDIO LOCALE	85
2	INDICE DI NATURALITÀ	40
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	63



VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 17:00 68

1	INDICE DI ASV_MEDIO LOCALE	82
2	INDICE DI NATURALITÀ	40
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	63





vista d'insieme



stabilizzato e gradonato in cemento chiaro



erogatore puntuale



seduta protetta da alberature

Villeurbanne, Lione, Francia	2004 (concorso)	2007 (realizzazione)	10.000 mq	3.1 Mil euro
------------------------------	-----------------	----------------------	-----------	--------------

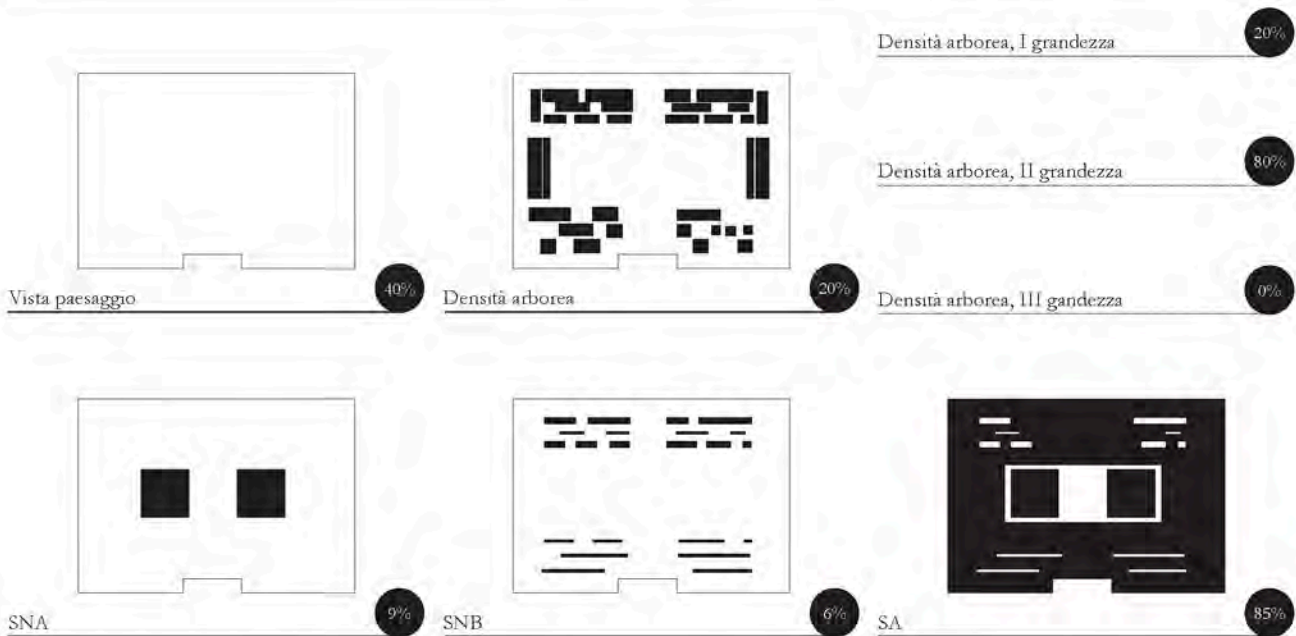


L'intervento di riqualificazione della piazza Lazare-Goujon ridefinisce l'aspetto e l'identità del principale luogo pubblico di Villeurbanne.

La piazza si presenta come un grande spazio pedonale in pietra calcarea chiara, riprendendo così la tonalità degli importanti edifici circostanti. Il nuovo suolo, suddiviso in tre principali fasce parallele, crea una connessione fisica e percettiva tra gli edifici circostanti. Le fasce marginali a nord e a sud, che si relazionano con i principali edifici della piazza (l'Hotel de Ville e le Théâtre National Populaire), sono arricchite da un sistema ibrido di masse arbustive, alberature di media dimensione e sistemi di seduta: si definisce così un margine naturalizzato, un luogo per la sosta e per il riposo, ombreggiato ed intimo. La fascia centrale è definita come grande vuoto e diventa l'elemento che caratterizza maggiormente questa piazza: la superficie continua in pietra chiara è interrotta da due grandi vasche d'acqua

incassate, due piani specchianti collocati allo stesso livello della superficie di pietra. La pavimentazione delle vasche, realizzata dall'artista Philippe Favier, disegna un cielo celeste arricchito da stelle dorate. Le vasche sono arricchite da getti d'acqua. I margini verso la strada sono filtrati da grandi alberature e da due pergole, realizzate in cemento e legno, sulle quali cresce una fitta vegetazione.

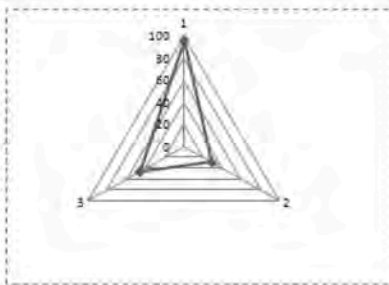
Il progetto realizzato dallo studio In-situ definisce una piazza sicuramente materica ed urbana, ma allo stesso tempo ricca di elementi naturali. L'eterogeneità delle soluzioni tecnologiche proposte non indebolisce l'unitarietà percettiva dello spazio e permette di creare una grande ricchezza di situazioni climatiche.



Valutazione del comfort termico

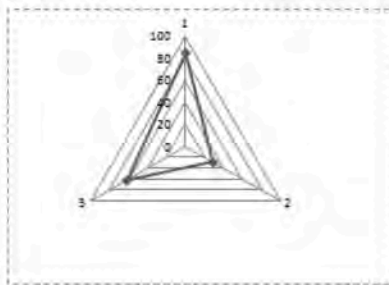
VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 09:00			67
----------------------------------	--	--	----

1	INDICE DI ASV_MEDIO LOCALE	96
2	INDICE DI NATURALITÀ	23
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	46



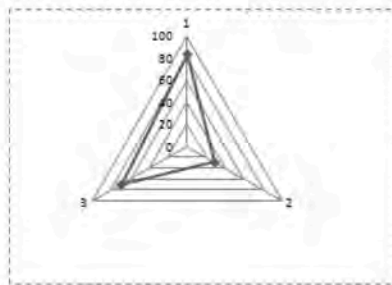
VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 13:00			65
----------------------------------	--	--	----

1	INDICE DI ASV_MEDIO LOCALE	85
2	INDICE DI NATURALITÀ	23
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	62



VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 17:00			66
----------------------------------	--	--	----

1	INDICE DI ASV_MEDIO LOCALE	84
2	INDICE DI NATURALITÀ	23
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	69



2°, Lione, Francia	1992 (concorso)	1993 (realizzazione)	2 500 mq	1,2 Mil euro
--------------------	-----------------	----------------------	----------	--------------



vista d'insieme

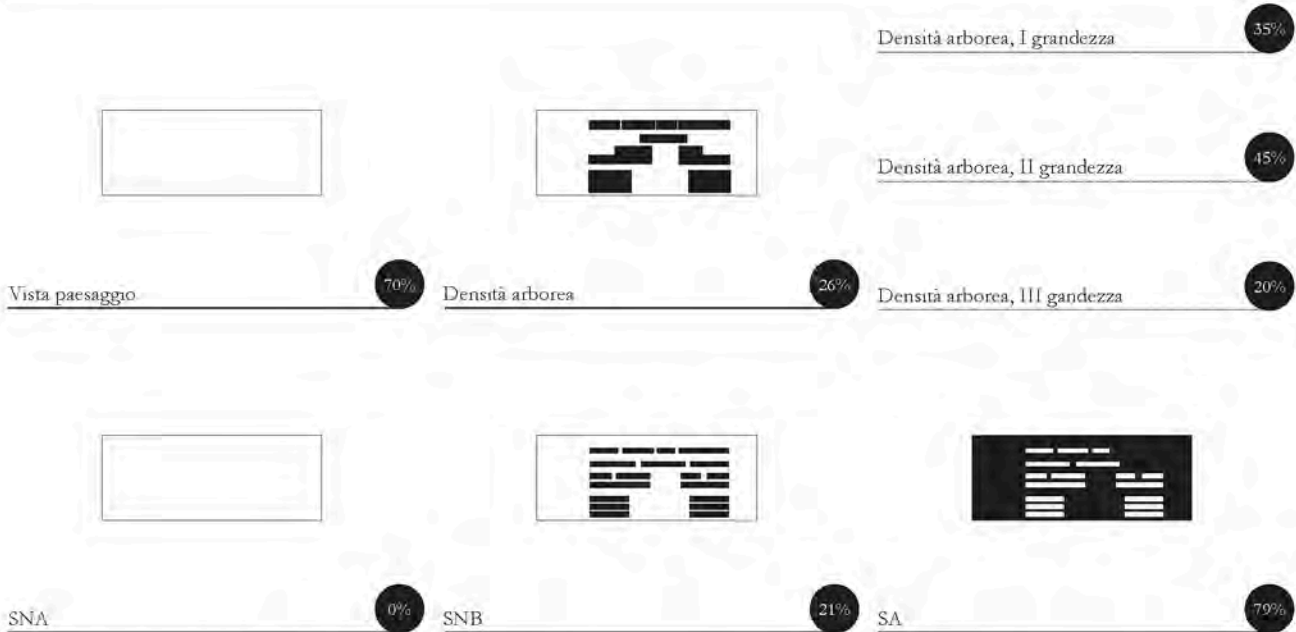
Il progetto di un parcheggio interrato diventa il pretesto per ridefinire un nuovo spazio pubblico urbano, un luogo si sosta che si affaccia sulla importante rue de la République.

A Chemetoff progetta una stanza urbana «in grado di accogliere sia il passeggio sia il riposo, di configurare uno spazio dalla forma complessa, né solo giardino né solo piazza, in cui però la predominanza dei materiali vegetali consenta una sosta anche visiva rispetto al trattamento prevalentemente minerale del viale sul quale la piazza si attesta» (Marchigiani 2005). Considerando le condizioni al contrario, scarso irraggiamento disponibile sul fronte sud e spessore variabile del terreno naturale, Chemetoff costruisce una progressione di sette linee di piante parallele, separate da percorsi in granito.

Tale strategia definisce così un disegno ritmico ed ordinato, un intimo giardino urbano che accoglie sosta e percorsi in un delicato

equilibrio. Aceri di diverse varietà e bossi in vaso costruiscono il paesaggio naturale della piazza-giardino. Sistemi arbustivi definiscono margini naturali che ricreano spazi frammentati ed intimi che si alternano alle lunghe passeggiate trasversali.

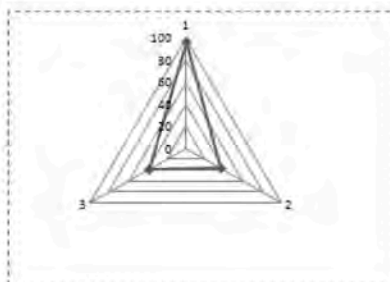
Nel complesso il progetto riporta l'atmosfera di un giardino all'interno del contesto urbano. L'ombra diventa un tema dominante soprattutto nel margine nord, dove gli aceri riescono a costruire una ricca e abbondante massa verde. Anche in questo progetto emerge una forte frammentazione a cui corrisponde una notevole ricchezza di condizioni termiche.



Valutazione del comfort termico

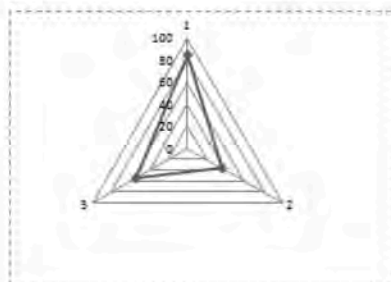
VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 09:00			67
----------------------------------	--	--	----

1	INDICE DI ASY_MEDIO LOCALE	96
2	INDICE DI NATURALITÀ	36
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	38



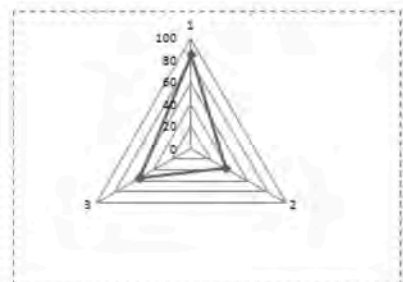
VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 13:00			65
----------------------------------	--	--	----

1	INDICE DI ASY_MEDIO LOCALE	85
2	INDICE DI NATURALITÀ	36
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	54



VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 17:00			65
----------------------------------	--	--	----

1	INDICE DI ASY_MEDIO LOCALE	85
2	INDICE DI NATURALITÀ	36
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	54





vista d'insieme



masse verdi arbustive



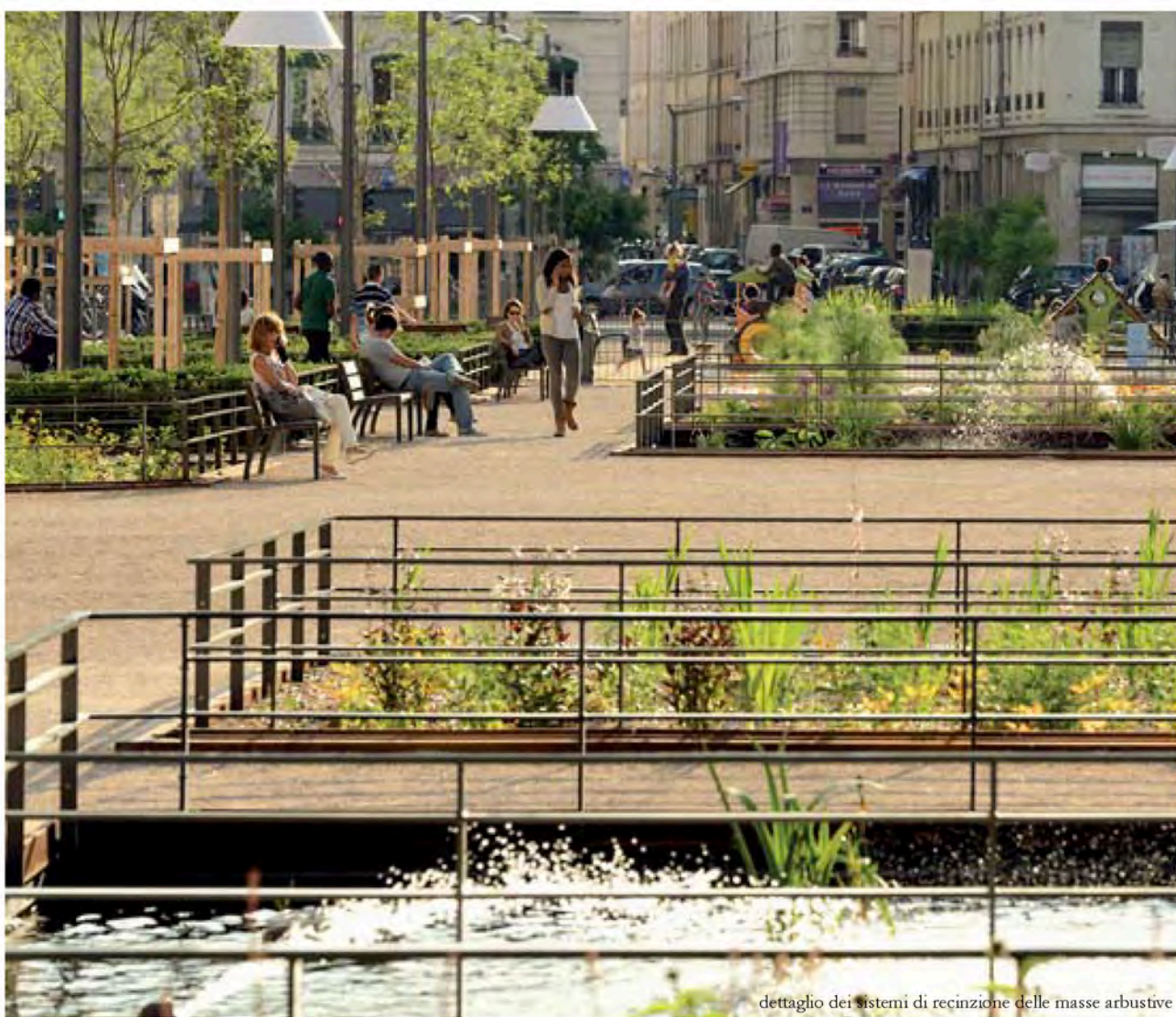
masse verdi arbustive



sistema di illuminazione



vista d'insieme



dettaglio dei sistemi di recinzione delle masse arbustive

Chassieu, Lione, Francia	2004 (concorso)	2008 (realizzazione)	10 800 mq	3,4 Mil euro
--------------------------	-----------------	----------------------	-----------	--------------

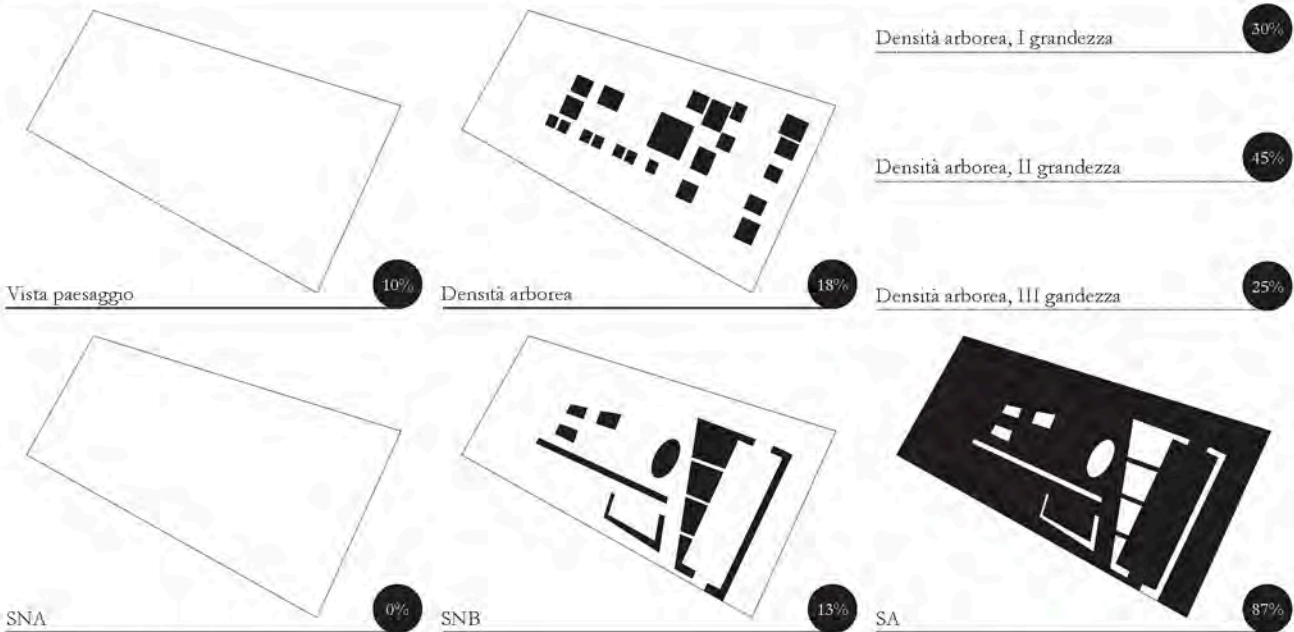


La riqualificazione della piazza F. Roosevelt è il primo passo del processo di ridefinizione di un centro in un tessuto urbano diffuso e a bassa densità. Il progetto definisce un luogo di aggregazione complementare, una porta di accesso per il centro cittadino di Chassieu. Il progetto prevede, inoltre, la realizzazione di un parcheggio.

Il principio insediativo è chiaro e deciso. L'area di progetto viene suddivisa in due principali ambiti da un percorso pedonale che collega due polarità esterne: l'abito ad est viene destinato al parcheggio, quello ad ovest invece diventa lo spazio pubblico di aggregazione; tra i due ambiti, il percorso trasversale ed un sistema di vegetazione che protegge lo spazio di relazione dal parcheggio, circondato da filari di alberi e realizzato utilizzando una superficie verde drenante. La piazza a sua volta si articola in due principali sottoambiti. Il margine a sud, che si relazione con un edificio col basamento commerciale, è realizzato con

una pavimentazione in cemento granulare chiaro con inserti in pietra e definisce un piano astratto ed orizzontale che si distacca dalla superficie leggermente in pendenza. Il salto di quota di circa 1 metro è superato da una gradonata che si affaccia sulla strada. Un muro e ed un sistema di arbusti definiscono il confine di tale spazio rispetto al cuore della piazza. Tale ambito, realizzato in terreno stabilizzato, si presenta come uno spazio omogeneo e continuo, interrotto solo da alcuni sistemi di vegetazione arbustiva e da tre grandi alberi che sono collocati ai margini della piazza, come protezione verso la strada. All'interno di questa superficie uniforme, un leggero cambio di tonalità definisce il luogo della sosta. Un sistema puntuale di illuminazione corre lungo il margine e rafforza il limite dello spazio pubblico.

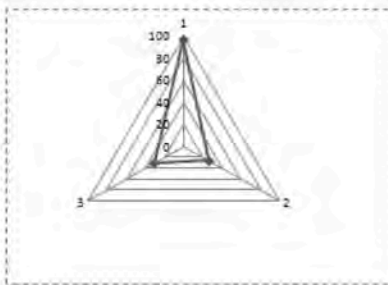
Le alberature, le superfici chiare e quelle realizzate in terreno stabilizzato permettono una buona gestione della radiazione solare.



Valutazione del comfort termico

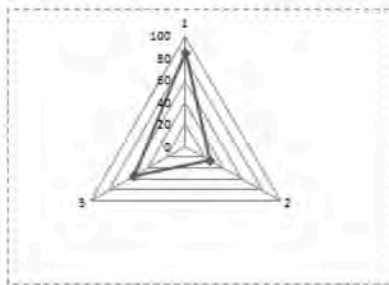
VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 09:00			62
----------------------------------	--	--	----

1	INDICE DI ASY_MEDIO LOCALE	96
2	INDICE DI NATURALITÀ	26
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	31



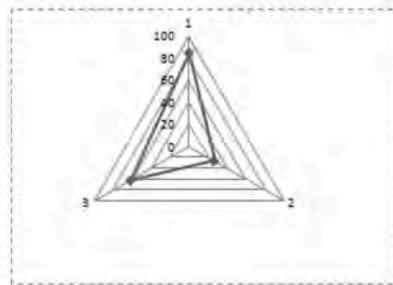
VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 13:00			63
----------------------------------	--	--	----

1	INDICE DI ASY_MEDIO LOCALE	85
2	INDICE DI NATURALITÀ	26
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	54



VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 17:00			64
----------------------------------	--	--	----

1	INDICE DI ASY_MEDIO LOCALE	85
2	INDICE DI NATURALITÀ	26
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	62



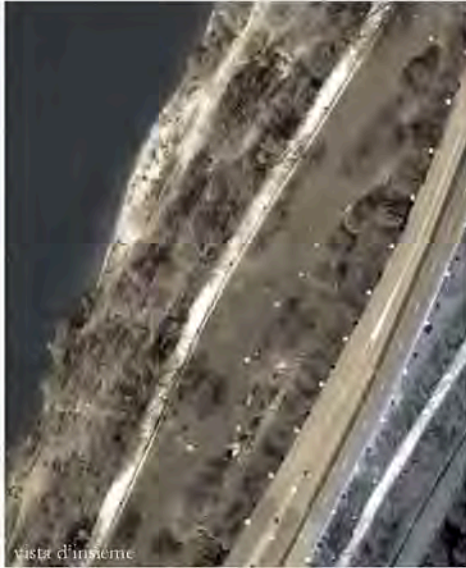


superficie in cemento granulare



rapporto tra asfalto e cemento granulare

1°, 2°, 3°, 4°, 6°, 7°, Lione, Francia	2003 (concorso)	2012 (realizzazione)	100 000 mq	30 Mil euro
--	-----------------	----------------------	------------	-------------



vista d'insieme

La riva sinistra del fiume Rodano costituisce un vasto sistema lineare che si sviluppa per circa 5 km nel cuore della città. Utilizzato a lungo come parcheggio, il comune di Lione ha deciso di inserire il progetto di riqualificazione di quest'area all'interno dei grandi progetti di trasformazione urbana con lo scopo di ridare una connotazione pubblica a questo luogo.

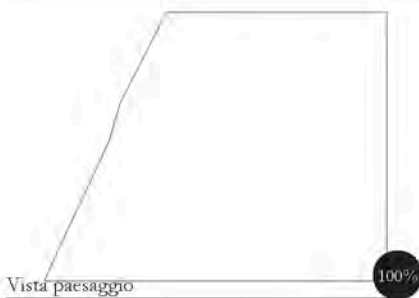
Bandito il concorso nel 2003, il progetto di riqualificazione vincitore, proposto dallo studio di paesaggio In Situ, costruisce uno spazio fluido, che alternando spazi pubblici e servizi per i cittadini alla natura, è capace di riconnettere due estremi della città, il parco de la Tête d'or a nord e il parco di Gerland a sud.

Il progetto si costruisce attorno ad un disegno morbido e dinamico del sistema dei percorsi pedonali e ciclabili, che si intrecciano, si allargano, si avvicinano o si allontanano dalla sponda del fiume definendo così un sistema di

percezione del fiume costantemente variato.

La sezione trasversale di progetto, legata alla morfologia urbana e allo stato preesistente, varia da una larghezza minima di 5 metri ad una massima di 75. Questa variazione permette la definizione di luoghi estremamente differenti tra di loro, da quelli caratterizzati da un'atmosfera più naturale, come gli alvei lungo il fiume, a quelli decisamente urbani situati nella parte centrale di progetto, quando il fiume attraversa il cuore della città.

La continuità e la fluidità del percorso principale non impedisce però la caratterizzazione specifica delle singole parti, che entrando in relazione con il contesto specifico che incontrano assumono caratteri e programmi differenti (segue nella prossima pagina).



Vista paesaggio

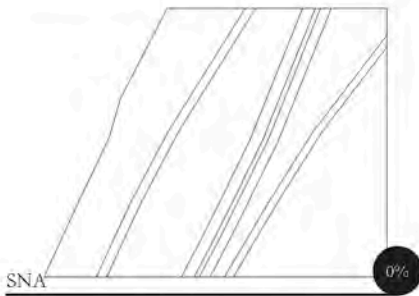


Densità arborea

Densità arborea, I grandezza 35%

Densità arborea, II grandezza 45%

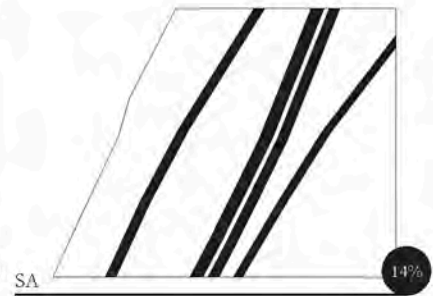
Densità arborea, III grandezza 20%



SNA



SNB

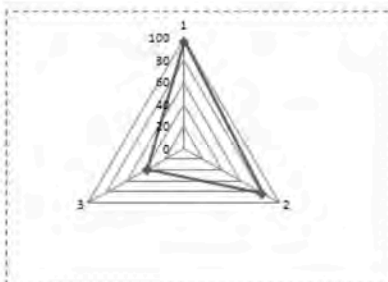


SA

Valutazione del comfort termico

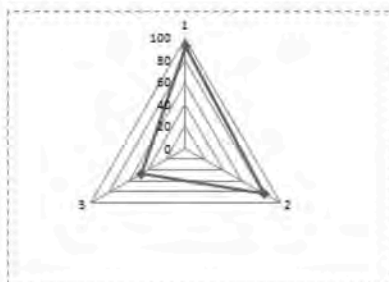
VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 09:00		79
----------------------------------	--	----

1	INDICE DI ASV_MEDIO LOCALE	97
2	INDICE DI NATURALITÀ	82
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	38



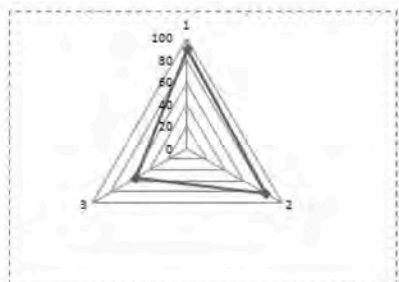
VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 13:00		78
----------------------------------	--	----

1	INDICE DI ASV_MEDIO LOCALE	93
2	INDICE DI NATURALITÀ	82
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	46



VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 17:00		79
----------------------------------	--	----

1	INDICE DI ASV_MEDIO LOCALE	90
2	INDICE DI NATURALITÀ	82
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	54





vista d'insieme



vista d'insieme



dettaglio



dettaglio

3°, Lione, Francia	nd (concorso)	nd (realizzazione)	8200 mq	nd Mil euro
--------------------	---------------	--------------------	---------	-------------



Place de Frankfurt è un grande parcheggio situato nei pressi della Gare Part-Dieu – villette. Il polo, che funge da nodo di intercambio tra la città e la stazione, è caratterizzato da una grande ed uniforme superficie asfaltata. Non esistono punti di protezione per il calore, che anzi è aumentato dal presenza delle autovetture roventi sotto il sole estivo. Le condizioni di estremo discomfort hanno fatto ricadere l'attenzione proprio su questo luogo. La scelta di questo progetto permette, assieme a quella del progetto successivo, di definire i due progetti limite all'interno della scala di valutazione di naturalezza. In questo caso si presume che il progetto in questione rappresenti il minimo livello di naturalezza.

- vista d'insieme



Vista paesaggio

0%



Densità arborea

0%

Densità arborea, I grandezza

0%

Densità arborea, II grandezza

0%

Densità arborea, III grandezza

0%



SNA

0%



SNB

0%



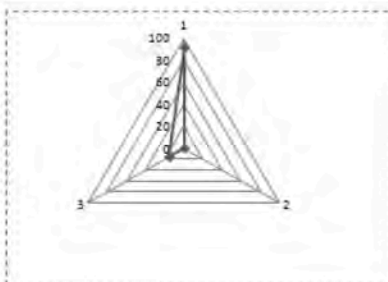
SA

100%

Valutazione del comfort termico

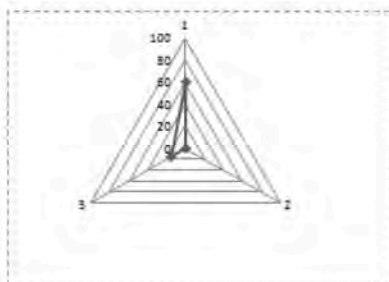
VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 09:00		43
---	--	-----------

1	INDICE DI ASY_MEDIO LOCALE	91
2	INDICE DI NATURALITÀ	0
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	15



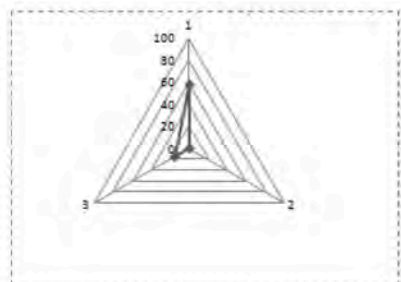
VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 13:00		34
---	--	-----------

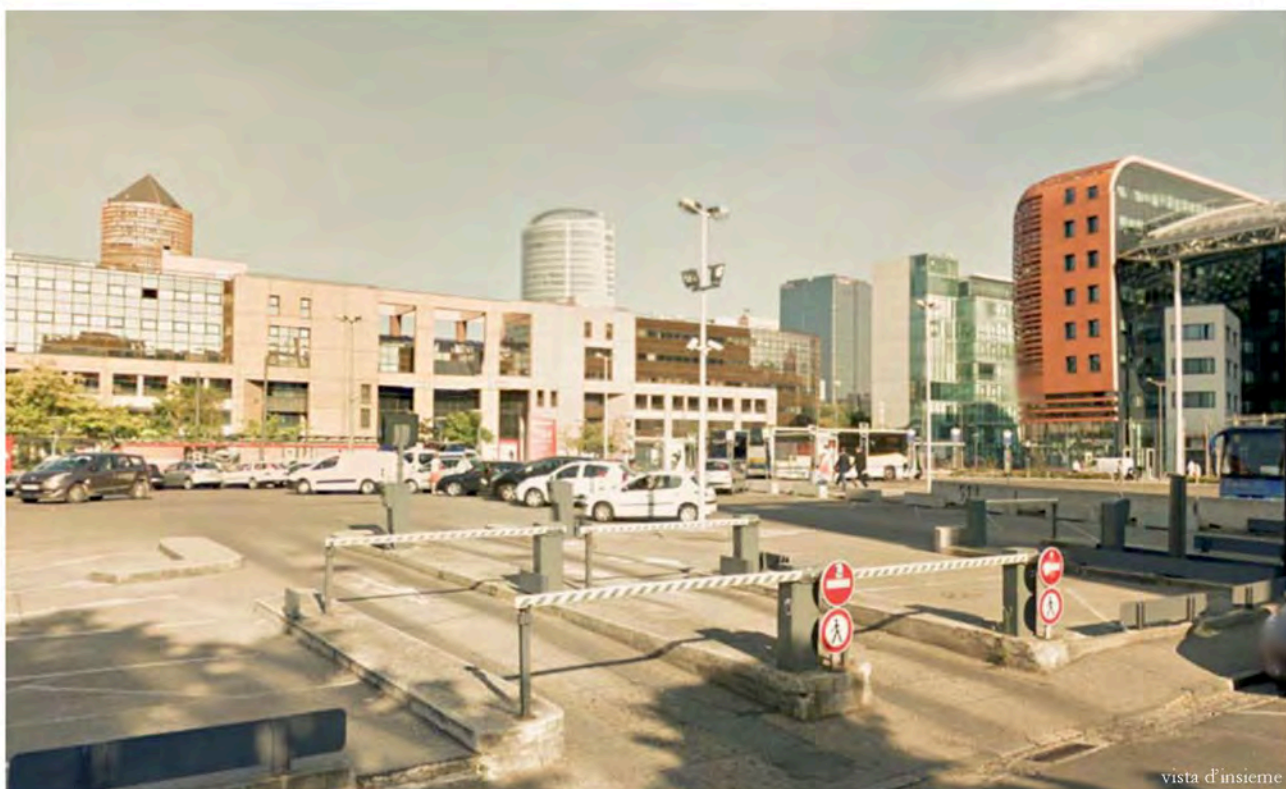
1	INDICE DI ASY_MEDIO LOCALE	60
2	INDICE DI NATURALITÀ	0
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	15



VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 17:00		33
---	--	-----------

1	INDICE DI ASY_MEDIO LOCALE	58
2	INDICE DI NATURALITÀ	0
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	15





vista d'insieme



vista d'insieme



vista d'insieme



vista d'insieme



vista d'insieme



dettaglio



dettaglio

5.LE IMPLEMENTAZIONI DEL MODELLO

LA VALUTAZIONE ECONOMICA DEL PROGETTO

Il modello proposto permette di valutare il comfort termico negli ambienti urbani aperti. La volontà di sviluppare ulteriormente lo strumento, dotandolo di ulteriori parametri di supporto alla decisione progettuale, ha portato all'introduzione della sezione di valutazione del costo di costruzione del progetto. La valutazione economica, infatti, diventa sempre più parametro di valutazione nella definizione dei possibili scenari di intervento.

Per effettuare la valutazione economica del progetto, si è scelto di utilizzare un procedimento *analitico ricostruttivo* del costo di costruzione, ovvero un computo metrico estimativo. Tale processo infatti permette di scomporre il processo produttivo in lavorazioni ed effettuare così una stima probabile del costo di costruzione di un'opera. La sezione 2.4 permette di quantificare le risorse economiche necessarie per realizzare l'intervento con un margine di incertezza accettabile per la fase di progetto nel quale viene utilizzato lo strumento.

Il modello I-COOL permette di valutare contemporaneamente come vari il comfort termico ed il costo di costruzione del progetto al variare dei sistemi tecnologici adottati.

CME

Il CME è stato realizzato sommando gli importi risultanti dal prodotto delle quantità di ogni lavorazione per il rispettivo prezzo unitario, facendo riferimento al prezziario per i lavori pubblici dell'Emilia-Romagna, ambito territoriale per il quale il modello è stato calibrato. La sezione è strutturata nei seguenti punti

- **Scomposizione del progetto complessivo in classi di opere.** Il modello permette di suddividere il progetto totale in diverse classi di opere, che nel caso specifico sono legate alle diverse tipologie di sistemi tecnologici adottati. In questo modo è possibile definire delle classi omogenee caratterizzate da costi omogenei.
- **Misurazione delle superfici.** Il foglio di calcolo permette di computare esattamente le quantità, espresse in metri quadri, dei diversi sistemi tecnologici adottati.
- **Valutazione del costo parametrico.** Considerando il prezziario per i lavori pubblici per l'Emilia-Romagna è stato possibile fissare un costo per metro quadrato che varia rispetto ai differenti sistemi tecnologici.
- **Stima del costo totale.** Il modello permette di stimare il costo totale, come somma dei diversi costi parametrici moltiplicati per le rispettive quantità.

La tabella sottostante mostra la struttura della sezione 2.4: la matrice riprende la classificazione delle soluzioni tecnologiche già descritta nelle pagine precedenti, aggiungendo alla superficie di progetto valutata in metri quadrati, il costo di realizzazione per metro quadrato, la valutazione economica, ovvero il costo di quella singola soluzione tecnologica moltiplicato per la sua superficie e l'incidenza delle stessa sul costo complessivo del progetto.

superfici orizzontali		TOT SUP	...	mq	costo realizz [€/mq]	valutazione economica	Incidenza
cod	sistema tecnologico	% sup. di progetto	sup di progetto				
SNA	film sottile	—	—	mq	250	0	0
	...	—	—	mq	500	0	0

La finalità di tale sezione è quella di dare un ulteriore parametro di supporto alla decisione del progettista. Per questo la stima del costo non può e non vuole essere una stima esaustiva, ma una stima di carattere generale. Per tale ragione, dalla stima sono state escluse tutte quelle lavorazioni speciali non prevedibili e che rientrano nella specificità dei diversi scenari di progetto. In altre parole, non si è considerato uno stato di fatto reale, ma ideale. Tale presupposto ha permesso di definire alcune lavorazioni costanti (ad es. scavo, parte strutturale, manto di rivestimento, ecc.) per tutti i sistemi tecnologici e di costruire così un quadro sintetico comparativo. Per la comprensione specifica si rimanda alle apposite schede sinottiche.

VERSO UN APPROCCIO COMPLESSO: ALTRI PARAMETRI DI VALUTAZIONE

Il processo di ricerca, iniziato come un'indagine ampia e generica sul concetto di qualità urbana, ha portato a definire un quadro sinottico di quelle complesse problematiche di carattere ambientale, sociale ed economico che oggi fortemente incidono sulla qualità stessa degli habitat umani. All'interno di questo ampio quadro, si è poi deciso di focalizzare l'attenzione su di una particolare problematica urbana, limitando il campo di indagine della presente tesi di dottorato al comfort termico negli ambienti urbani aperti. Emerge infatti, dalla letteratura di settore, come questa problematica incida fortemente sulla qualità degli spazi pubblici aperti. Dall'analisi poi dello stato dell'arte è emersa l'assenza di modello valutativo sintetico. Partendo da tali presupposti, si è deciso di sviluppare un modello di valutazione del comfort termico che unisce i due principali modelli valutativi, oggi riscontrati in letteratura. Il modello proposto, I-COOL, nasce dalla volontà di fornire a progettisti ed amministrazione uno strumento per la valutazione del comfort termico degli spazi aperti di facile e rapido utilizzo.

Se la limitazione di campo adottata ha permesso di definire uno strumento indipendente ed efficace per l'obiettivo specifico fissato, diventa interessante, valutare in conclusione del presente lavoro, le possibilità di implementazione del modello stesso. Le pagine iniziali del presente lavoro hanno infatti mostrato come la realtà sia un sistema complesso e che questo possa essere descritto solo valutando i *comportamenti emergenti* definiti dalle molteplici interrelazioni tra le differenti parti che lo costituiscono. Se da una parte, il modello I-COOL ha tenuto conto di questa lettura limitatamente al campo di indagine prescelto, il comfort termico negli ambienti urbani aperti, dall'altra è altrettanto vero che la scelta di alcuni sistemi tecnologici piuttosto che altri incide contemporaneamente anche su altre problematiche urbane, e quindi sulla qualità complessiva dello spazio pubblico. Ampliare lo spettro di indagine nella fase conclusiva della presente trattazione, permette di prevedere possibili implementazioni del modello, incrementando il livello di complessità dello strumento e, quindi, la capacità di supportare, nel processo progettuale, il progettista o l'amministrazione.

Diventa interessante, per il presente lavoro, considerare come il modello proposto

**Prossimi
sviluppi**

Allegato 04

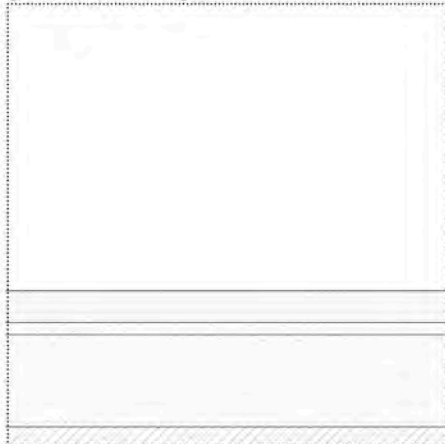
SCHEDE VALUTAZIONE ECONOMICA DEL PROGETTO

SUPERFICIE VERDE ORIZZONTALE



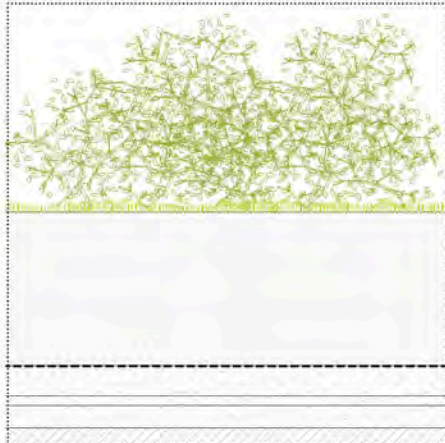
cod.	descrizione lavorazioni	um	costo
A01001	0. Scavo di sbancamento effettuato: 8,60 €/mc	2,50 €	
A04002	1. Sottofondo realizzato in ghiaia 20 ÷ 30 cm: 51,31 €/mc	10,00 €	
A11014	2. Membrana bitume-polimero antiradice: 15,50 €/mq	15,50 €	
A21001	3. Stesa e modellazione di terra di coltivo 10 cm: 31,00 €/mc	3,00 €	
			31,00 €/mq

STABILIZZATO



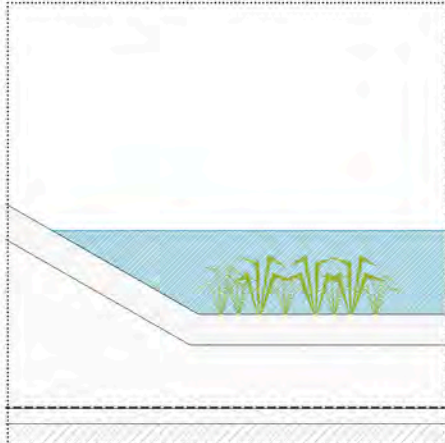
cod.	descrizione lavorazioni	um	costo
A01001	0. Scavo di sbancamento effettuato: 8,60 €/mc	2,50 €	
A04002	1. Sottofondo realizzato in ghiaia 20 ÷ 30 cm: 51,31 €/mc	10,00 €	
A04001	2. Massetto in conglomerato cementizio 4 cm: 242,58 €/mc	10,00 €	
-	3. Pavimentazione naturale in terra stabilizzata: 15 €/mq	15,00 €	
			37,50 €/mq

MASSA ARBUSTIVA



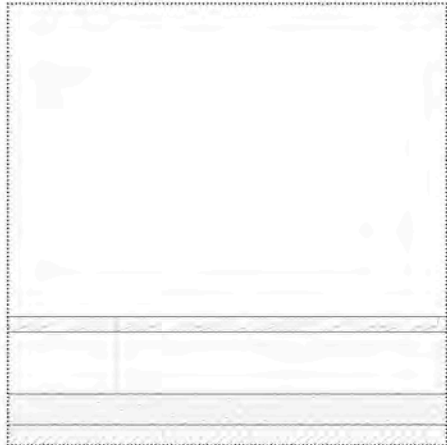
cod.	descrizione lavorazioni	um	costo
A01001	0. Scavo di sbancamento effettuato: 8,60 €/mc	2,50 €	
A04002	1. Sottofondo realizzato in ghiaia 20 ÷ 30 cm: 51,31 €/mc	10,00 €	
A11014	2. Membrana bitume-polimero antiradice: 15,50 €/mq	15,50 €	
A21001	3. Stesa e modellazione di terra di coltivo 30 cm: 31,00 €/mc	9,00 €	
A21047	4. Piante messe a dimora: 15,00 €/cad	15,00 €	
			51,00 €/mq

SISTEMI UMIDI



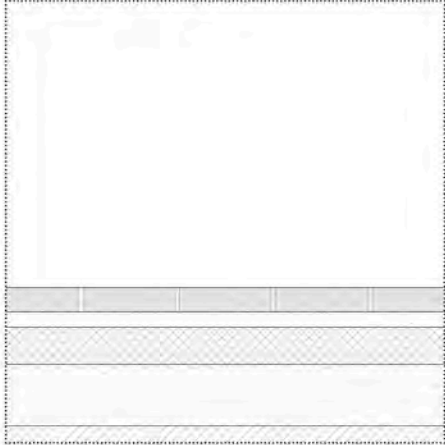
cod.	descrizione lavorazioni	um	costo
A01001	0. Scavo di sbancamento effettuato: 8,60 €/mc	2,50 €	
A04002	1. Sottofondo realizzato in ghiaia 20 ÷ 30 cm: 51,31 €/mc	10,00 €	
A11014	2. Membrana bitume-polimero antiradice: 15,50 €/mq	15,50 €	
A21001	3. Stesa e modellazione di terra di coltivo 10 cm: 31,00 €/mc	3,00 €	
A21047	4. Piante messe a dimora: 15,00 €/cad	15,00 €	
			46,00 €/mq

LEGNO



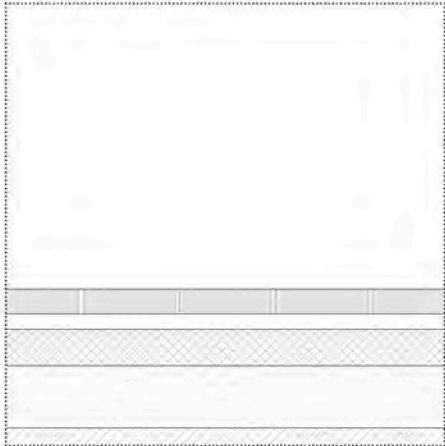
cod.	descrizione lavorazioni	um	costo
A01001	0. Scavo di sbancamento effettuato: 8,60 €/mc	2,50 €	
A04002	1. Sottofondo realizzato in ghiaia 20 ÷ 30 cm: 51,31 €/mc	10,00 €	
A15001	2. Massetto di sottofondo: 19,65 €/mq	19,65 €	
A15094	3. Pavimento sopraelevato in legno: 50,96 €/mq	50,96 €	
			83,50 €/mq

PIETRA CHIARA



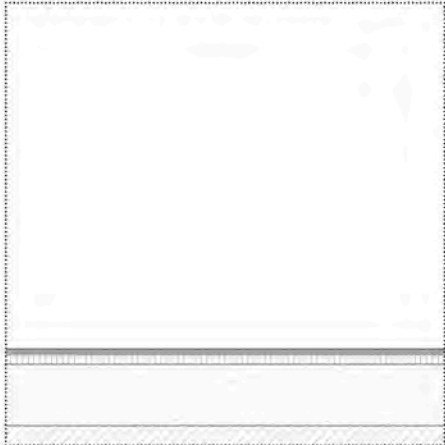
cod.	descrizione lavorazioni	um	costo
A01001	0. Scavo di sbancamento effettuato: 8,60 €/mc	2,50 €	
A04002	1. Sottofondo realizzato in ghiaia 20 ÷ 30 cm: 51,31 €/mc	10,00 €	
A03018	2. Conglomerato cementizio di fondazione 12 cm: 155,63 €/mc	18,60 €	
A15001	3. Massetto di sottofondo: 19,65 €/mq	19,65 €	
C03027	4. Pavimentazione in Pietra Naturale : 80,00 €/mq	80,00 €	130,00 €/mq

PIETRA SCURA



cod.	descrizione lavorazioni	um	costo
A01001	0. Scavo di sbancamento effettuato: 8,60 €/mc	2,50 €	
A04002	1. Sottofondo realizzato in ghiaia 20 ÷ 30 cm: 51,31 €/mc	10,00 €	
A03018	2. Conglomerato cementizio di fondazione 12 cm: 155,63 €/mc	18,60 €	
A15001	3. Massetto di sottofondo: 19,65 €/mq	19,65 €	
C03027	4. Pavimentazione in Pietra Naturale : 80,00 €/mq	80,00 €	130,00 €/mq

CONGLOMERATO CHIARO



cod.	descrizione lavorazioni	um	costo
A01001	0. Scavo di sbancamento effettuato: 8,60 €/mc	2,50 €	
A04002	1. Sottofondo realizzato in ghiaia 20 ÷ 30 cm: 51,31 €/mc	10,00 €	
A15001	2. Massetto di sottofondo: 19,65 €/mq	19,65 €	
C05161	3. Pavimentazione sintetica : 112,00 €/mq	112,00 €	145,00 €/mq

6. IL MODELLO I-COOL COME STRUMENTO DI CONTROLLO PROGETTUALE

Obiettivi del modello

I-COOL è uno strumento di valutazione del comfort termico negli ambienti urbani aperti, elaborato per cercare di integrare i due modelli valutativi più diffusi oggi nella letteratura scientifica: il modello fisiologico e quello adattivo. Dalla descrizione della sua struttura, si evince come il modello valuti, in conclusione, la qualità termica attraverso tre indici parziali (ASV-ML, NAT, ET) e un indice complessivo (VCT), che descrive sinteticamente (con un valore compreso tra 1-100) la qualità termica di uno spazio pubblico. Il modello è stato strutturato per diventare uno strumento di supporto alla progettazione semplificato e di rapido e facile utilizzo.

Limiti del modello

Per poter definire un modello che rispondesse a questi complessi obiettivi, senza costruire uno strumento eccessivamente complicato, è stato necessario introdurre alcune azioni di semplificazione, che definiscono alcuni limiti del modello.

Un primo limite riguarda la valutazione della componente *velocità dell'aria* all'interno dell'indice ASV-L, che contribuisce a definire l'ASV-ML. In letteratura appare chiaro come i moti d'aria, se da una parte incidono sulla qualità termica di un ambiente aperto, dall'altra sono fortemente legati alle condizioni al contorno e alla morfologia urbana, che ne definisce intensità, direzione, turbolenze, ecc. Inoltre, mentre le altre componenti (temperatura dell'aria, irraggiamento, umidità relativa) hanno curve ed andamenti più costanti, il vento è una variabile microclimatica maggiormente instabile. Il modello permette di tenere conto di queste considerazioni grazie ad una serie di aggiustamenti all'interno del foglio di calcolo e alla adozione di una misura cautelativa generale. In primo luogo sono stati introdotti alcuni coefficienti di aggiustamento che permettono di declinare, per i diversi sistemi tecnologici e diverse conformazioni morfologiche, l'input iniziale, ovvero il valore della velocità in ingresso (condizione al contorno del modello). Questi coefficienti, determinati empiricamente durante la campagna di rilevamento, permettono di definire in maniera semplificata l'interazione tra sistemi tecnologici e moti d'aria (ad esempio l'effetto schermatura). Se questa prima azione permette di declinare all'interno dell'equazione del bilancio termico la componente velocità del vento, vi è una seconda azione più generale di carattere cautelativo. La costante che determina il peso di tale componente all'intero dell'equazione generale ha infatti, rispetto alle altre costanti, un valore basso. Questo significa che, all'interno della valutazione complessiva, il peso attribuito alla velocità del vento è minore rispetto a quello attribuito alle altre componenti. In questa maniera gli errori, che possono derivare dalla valutazione semplificata dei moti d'aria, hanno una bassa incidenza all'interno del giudizio finale.

Un secondo limite riguarda la valutazione del *calore antropogenico*. Come abbondantemente descritto, l'attività umana (trasporto, sistemi tecnologici, ecc.) incrementa l'isola di calore e contribuisce a definire la sensazione termica in un ambiente urbano aperto. Al fine di semplificare il modello, si è deciso di trascurare tale componente dall'equazione di bilancio termico. Tale scelta è giustificata dal fatto che il calore antropogenico, in termini di incidenza, pesa molto meno rispetto alle altre componenti microclimatiche. Un traffico veicolare medio, per esempio, incrementa la radiazione di circa $30-50 \text{ W/m}^2$, che corrisponde a circa il 5% rispetto al valore della radiazione solare estiva (che supera anche i 1000 W/m^2).

Un altro limite del modello riguarda l'applicabilità a differenti *contesti geografici*. Il modello infatti è stato calibrato durante l'estate 2013 prendendo a considerazione i dati climatici rilevati nella città di Ferrara. Questa attività ha permesso di definire con precisione l'incidenza relativa dei sistemi tecnologici sulle componenti microclimatiche. Se questa attività ha permesso di proporre un modello effettivamente calibrato per il contesto



Fig 02: l'immagine evidenzia come il VCT sia variato al variare degli altri due indici

Strumento di analisi

Nel caso in cui le serie storiche, facilmente reperibili presso diversi istituti (ad es. per l'Emilia-Romagna presso l'ARPA) vengano implementate nel modello, come condizioni al contorno per rappresentare le variabili microclimatiche, I-COOL permette di effettuare analisi dinamiche, valutando il comportamento giornaliero o stagionale dei diversi indici. L'immagine sottostante riporta, a titolo esemplificativo, il confronto all'interno della medesima piazza di due punti, caratterizzati dagli stessi materiali superficiali (asfalto) ma sottoposti a due condizioni termiche differenti (un punto sempre irraggiato, un punto sempre ombreggiato). Le curve rappresentano la variazione dell'ASV-L nel corso di una giornata tipo estiva ed il differenziale, che emerge tra le due curve, indica la differenza di stress termico, peggiore per quella esterna, migliore per quella interna.

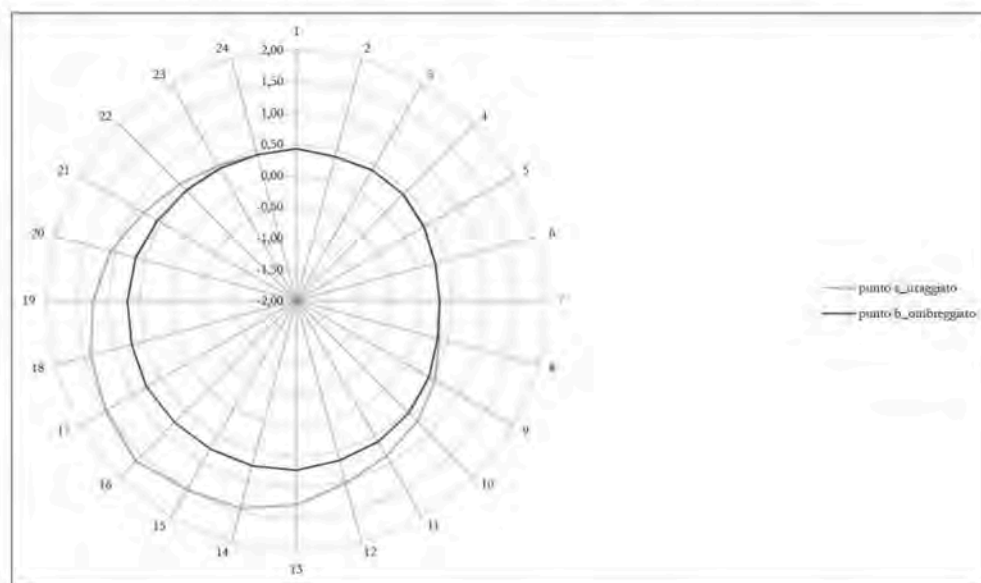


Fig 03: l'immagine evidenzia l'indice ASV-L, di due punti caratterizzati dallo stesso materiale, ma sottoposti a condizioni termiche differenti.

Strumento di classificazione

Il modello I-COOL definisce la qualità termica di uno spazio pubblico e lo valuta secondo un indice generale (VCT) e tre indici parziali (ASV-ML, NAT, ET). L'applicazione sistematica del modello ad un contesto urbano più ampio, che comprende diversi spazi aperti, permette di definire una mappatura della qualità termica urbana. In questo caso, lo strumento diventa un utile supporto per amministrazioni e/o urbanisti, che attraverso la valutazione delle condizioni termiche diffuse, possono definire strategie di intervento

e linee guida per lo sviluppo urbano.

I risultati del modello possono essere implementati in una piattaforma GIS, semplificando in questo modo, tutte le operazioni di analisi e definendo facilmente una mappa del *paesaggio termico urbano*.

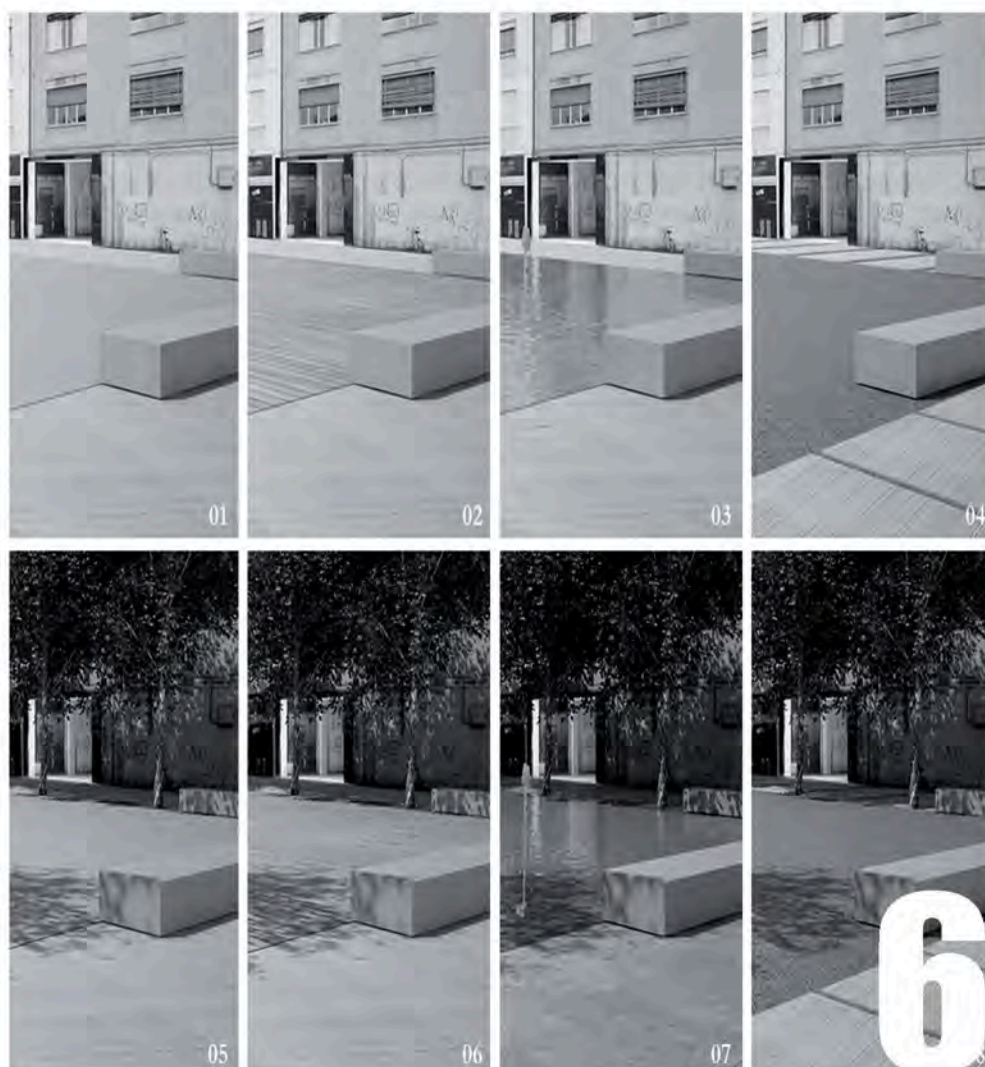
Il modello proposto si inserisce in quell'ambito specifico della produzione scientifica, che ha portato alla definizione di più famosi e generali strumenti di valutazione della qualità (e della sostenibilità) degli interventi edilizi, come possono essere i protocolli LEED, CasaClima, Itaca, HQE2R, ecc. Questi modelli permettono di dare una descrizione delle diverse componenti qualitative del progetto (ambientali, sociali, economiche), di fissare dei pesi e dei crediti per ogni componente, di valutarle e di definire, quindi, la qualità del progetto preso in considerazione. Considerando ad esempio il protocollo CasaClima, la valutazione viene effettuata sul fabbisogno energetico ed espressa attraverso una valutazione (A-G). Tali strumenti permettono, in sintesi, di certificare la rispondenza del progetto agli obiettivi iniziali definiti dall'ente certificatore, dai più generali come quelli fissati dal protocollo LEED, a quelli più specifici come quelli definiti appunto dal protocollo CasaClima.

Questa tipologia di strumenti diventa sempre più utile nei processi di progettazione recenti, dove il livello di complessità è sempre più alto e dove sono sempre maggiori le componenti che devono essere controllate. Questi modelli, inserendosi all'interno del processo progettuale, permettono di fare delle verifiche *ex ante*, ovvero prima della conclusione del progetto e della sua realizzazione, offrendo al progettista quel necessario feedback critico che altrimenti sarebbe difficile avere. «L'unico modo attraverso cui possiamo, in pratica, arrivare a renderci conto per lo meno dei fenomeni più significativi ai fini del progetto, è quello di costruire una serie di modelli, di razionalizzare il nostro approccio conoscitivo al contesto, trovando delle gerarchie di valori, una struttura che consenta di dedicarci allo studio dei vari sottoproblemi uno alla volta, pur senza perdere di vista tutti gli altri» (Guazzo Coscioni 1984). Questi strumenti, cercando di valutare le diverse componenti qualitative, definiscono dei modelli di valutazione, diventando così utili strumenti di controllo progettuale, funzionali alla gestione dei processi complessi. Controllo e qualità diventano in questo caso concetti strettamente connaturati tra di loro (Spadolini 1979).

Conclusioni

L'APPLICAZIONE DEL MODELLO I-COOL: IL CASO DI PIAZZA CORTEVECCHIA A FERRARA

1. LA PIAZZA: DESCRIZIONE E MOTIVAZIONI DELLA SCELTA
2. LA METODOLOGIA ADOTTATA
3. CONCLUSIONI



Il capitolo presenta l'applicazione del modello I-COOL ad un caso studio selezionato nella città di Ferrara. Nella prima parte, si descrivono le motivazioni della scelta di questo particolare caso applicativo, mentre nella parte successiva si descrive brevemente la metodologia adottata, ovvero il funzionamento del modello, definendo così un sintetico manuale d'uso. L'applicazione è stata condotta confrontando differenti soluzioni progettuali e verificando come al varare dei sistemi tecnologici variasse la valutazione del comfort termico ed il costo della trasformazione. All'interno del capitolo sono allegate le schede riassuntive delle differenti simulazioni con descrizione delle soluzioni tecnologiche adottate, immagini descrittive, valutazione ottenuta. La parte finale del capitolo definisce le conclusioni relative al modello I-COOL ed i possibili futuri sviluppi.

La posizione centrale all'interno di tale sistema di spazi pubblici e il suo stato di *luogo in attesa* di trasformazione rendono piazza di Cortev ecchia un perno per le possibili trasformazioni future dello spazio pubblico della città di Ferrara. A dimostrazione dell'interesse e delle potenzialità di trasformazione dell'area, l'ammirazione pubblica bandì nel 2006 un concorso pubblico di progettazione per la rigenerazione della piazza. La piazza, che è stata oggetto della campagna sperimentale di raccolta dati, è, tra le piazze selezionate, quella che ha presentato maggiori problematiche di surriscaldamento urbano.

Per queste ragioni si è deciso di scegliere questa piazza come caso applicativo per verificare lo strumento I-COOL.



Fig 03: immagine storica di piazza di Cortev ecchia

3. CONCLUSIONI

L'applicazione del modello I-COOL ha permesso di identificare l'impatto delle diverse soluzioni progettuali, caratterizzate dalle combinazioni di differenti sistemi tecnologici, sul comfort termico della piazza di Cortev ecchia.

La tabella sottostante mostra un quadro di sintesi, evidenziando gli esiti dell'analisi. Il primo indice, il VTC, indica la valutazione complessiva del comfort termico della piazza, gli altri tre indicano invece le valutazioni parziali (l'ASV-ML, NAT e ET). La penultima colonna descrive il costo medio al metro quadrato per ogni soluzione progettuale, mentre l'ultima (VCT/C) mette in relazione la qualità termica media con il costo medio del progetto.

Cod	soluzione progettuale	VCT	ASV-ML	NAT	ET	Costo €/mq	VCT/C
0	stato di fatto - asfalto	32	42	0	23	38	0,84
1	pietra chiara	39	68	0	23	130	0,30
2	legno	43	70	0	31	103	0,42
3	film sottile	51	75	17	38	175	0,29
4	erba	50	68	17	46	73	0,68
5	pietra + alberature	50	73	23	31	134	0,37
6	legno + alberature	53	75	23	38	108	0,49
7	film sottile + alberature	58	80	25	46	180	0,32
8	erba + alberature	59	74	40	46	78	0,76

Tab. 01: quadro sintetico delle valutazioni del modello I-COOL

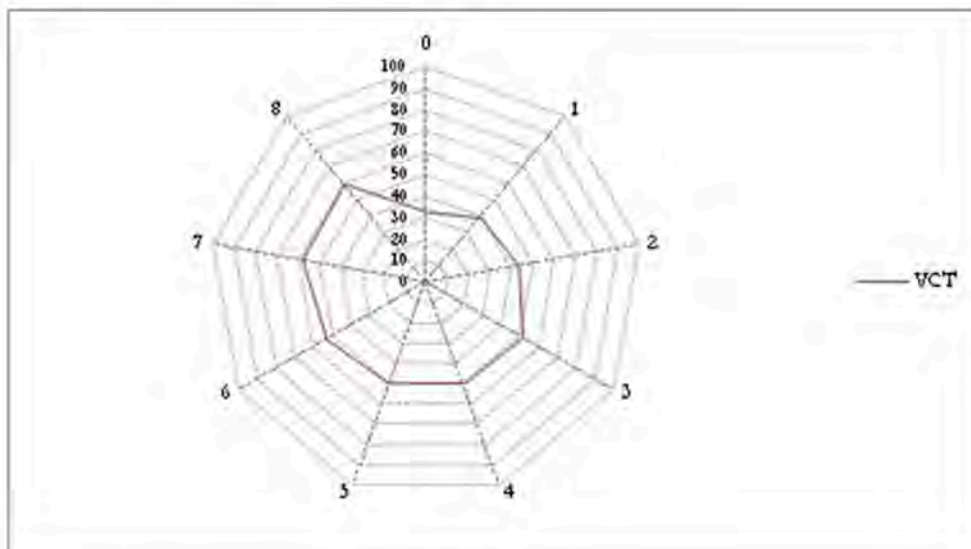


Fig. 01: il grafico rappresenta l'andamento delle differenti soluzioni progettuali

dell'intervento. Inversamente tale indice, diminuisce al diminuire della qualità termica della piazza e/o all'aumentare dei costi di costruzione. In sintesi, questo indice, mettendo in rapporto i costi della trasformazione con i benefici ottenuti sul comfort termico, permette di definire la produttività di una determinata soluzione progettuale e/o sistema tecnologico.

Se si analizza l'insieme dei valori ottenuti, si nota come la miglior produttività sia legata ai sistemi tecnologici biotici (superfici ad erba ed alberature), capaci di incidere fortemente sul comfort termico a bassi costi di realizzazione. Confrontando i risultati di quest'indice emerge come, ad esempio, la pavimentazione in erba abbia una resa doppia rispetto al film sottile d'acqua (0.68 contro 0.29), o come l'alberatura su superficie verde abbia la resa maggiore (0.76).

Appare eccezionale il valore legato alla superficie in asfalto (0.84). Tale valore, seppure risultati essere effettivamente il più alto, e quindi il più produttivo, in realtà va letto alla luce di una considerazione. Su tale valore, infatti, pesa molto di più la componente economica rispetto a quella legata al comfort termico.

I risultati, ottenuti dall'applicazione dello strumento al caso studio di piazza di Cortevecchia, evidenziamo come il modello I-COOL si presenti come un valido strumento di supporto alla progettazione. La valutazione delle differenti soluzioni progettuali è stata condotta in un brevissimo tempo e ha definito risultati conformi con quelli che si possono ritrovare nella letteratura scientifica di settore. L'applicazione del modello permette inoltre di valutare, da una parte i tre indici parziali del comfort termico (ASV-ML, NAT, ET), dall'altra la produttività di ogni soluzione progettuale indagata (VCT/C).

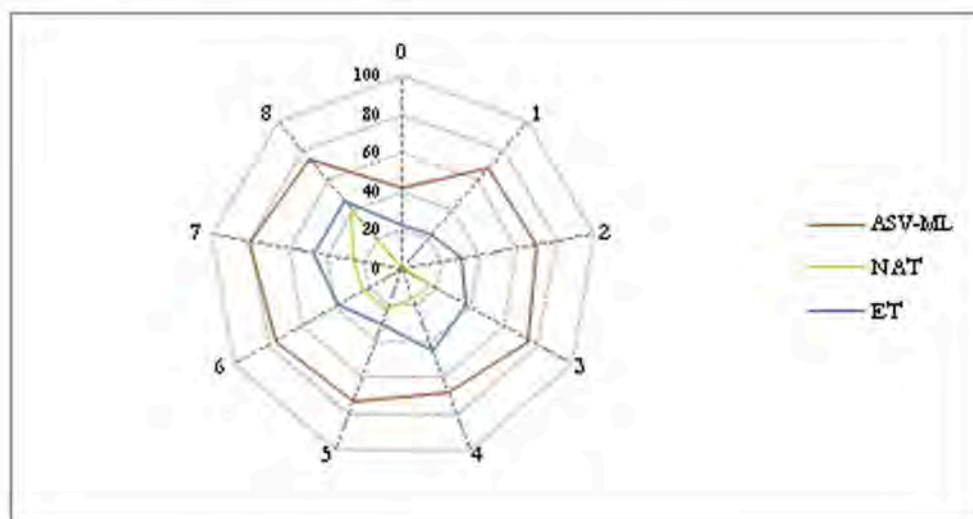


Fig 02: confronto tra i tre indici parziali

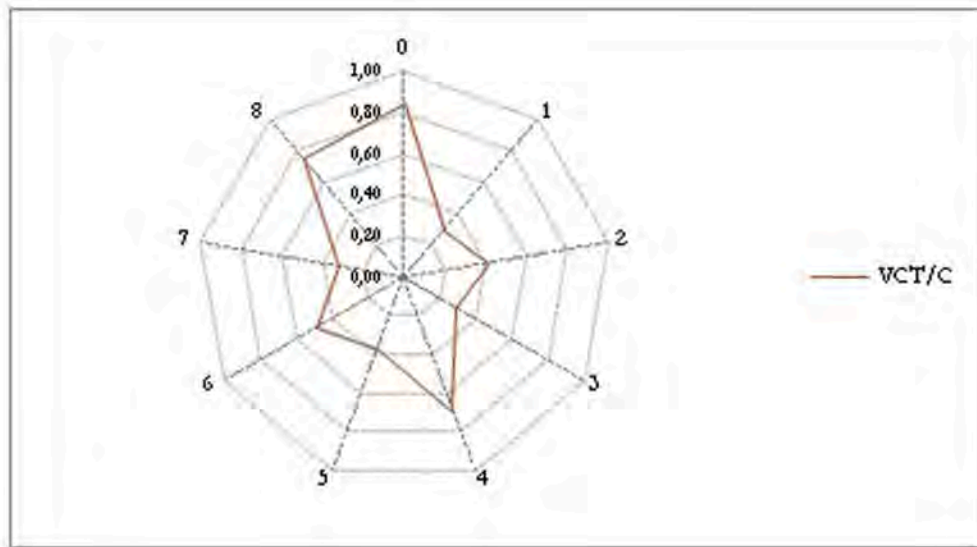
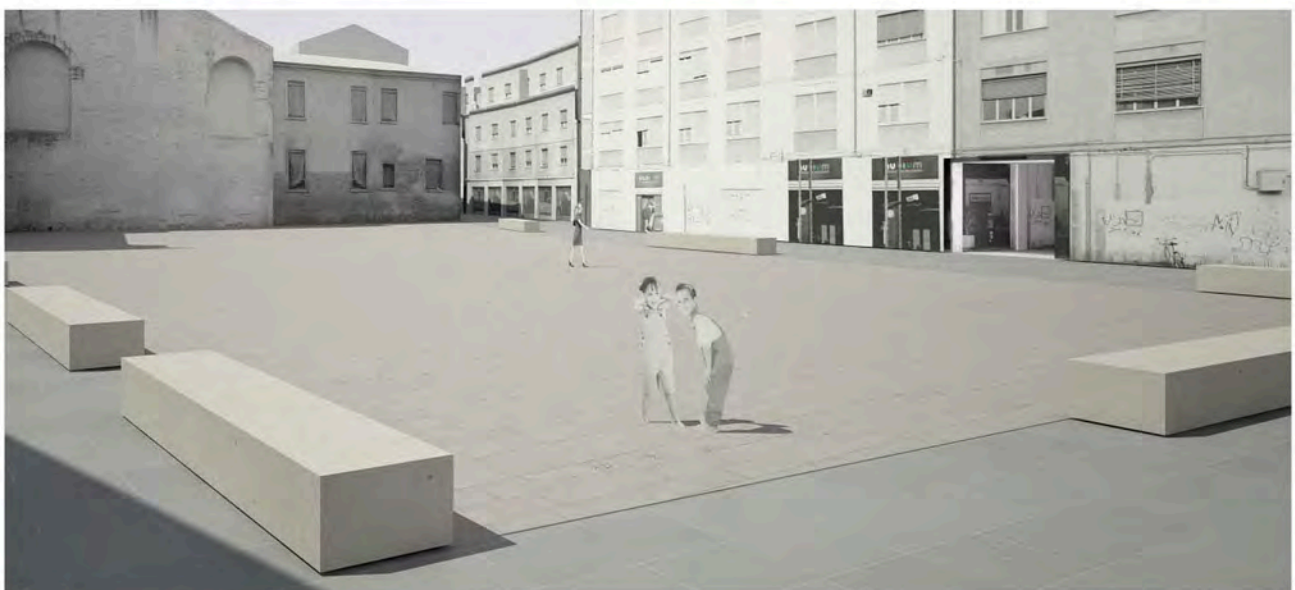


Fig. 03: indice di produttività (VCT/C)

Allegato 05

SCHEDE DELLE PROPOSTE PROGETTUALI

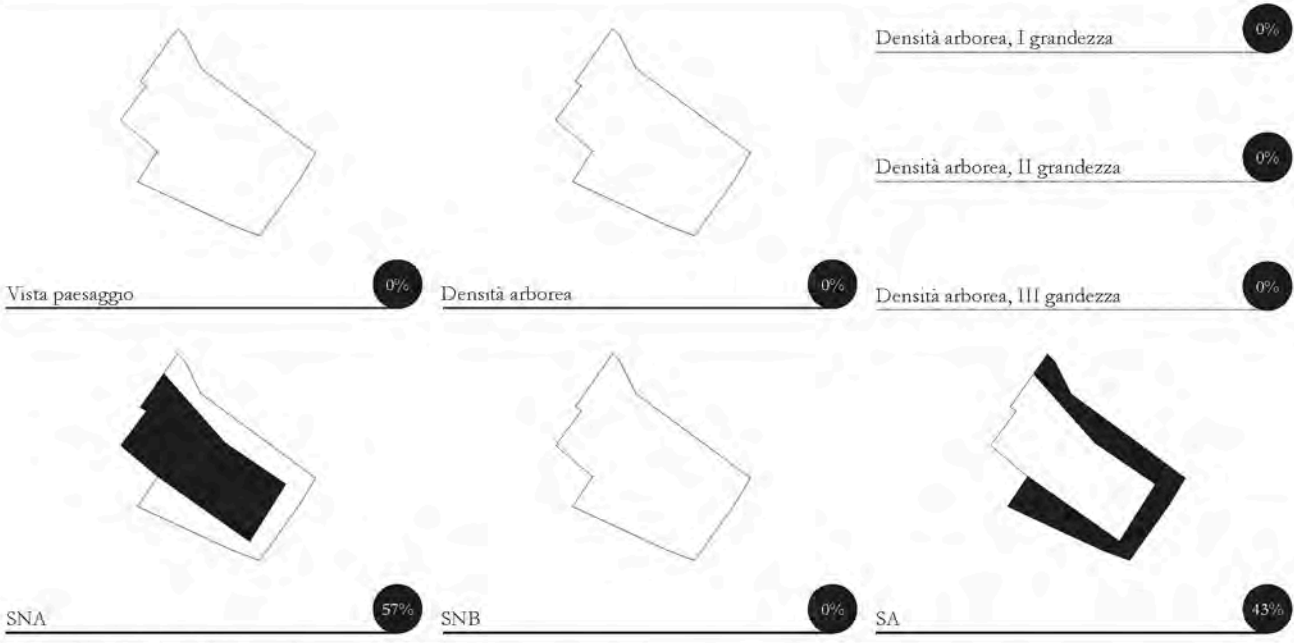




Centro storico, Ferrara, Italia	2013 (concorso)	n.d. (realizzazione)	2031 mq	175 €/mq
---------------------------------	-----------------	----------------------	---------	----------



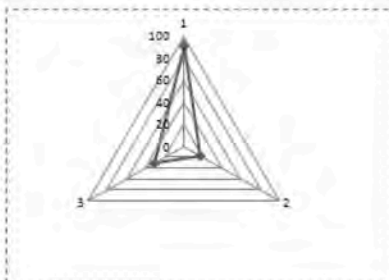
Il progetto è caratterizzato da una nuova superficie uniforme, un film sottile d'acqua, che viene realizzato grazie alla presenza di erogatori puntuali integrati nel sistema di pavimentazione in pietra chiara. Il margine esterno, in continuità con gli edifici e il resto dello spazio urbano è realizzato con una pavimentazione in cemento chiaro striato. Lo spazio centrale definisce un nuovo paesaggio termico, che dona una nuova identità allo spazio pubblico, trasformandola in una forte polarità urbana. La presenza della superficie umida e degli erogatori puntuali permette inoltre di incrementare fortemente il comfort termico dell'area. La pavimentazione in cemento definisce invece lo spazio di passaggio. Nel punto di contatto tra i due differenti materiali si inseriscono i sistemi di sedute pubbliche, che rafforzano la divisione in ambiti.



Valutazione del comfort termico

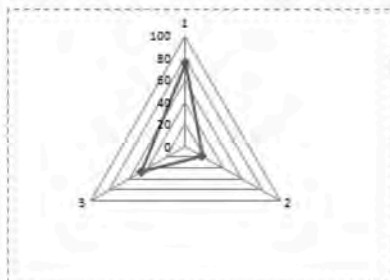
VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 09:00			58
----------------------------------	--	--	----

1	INDICE DI ASV_MEDIO LOCALE	31
2	INDICE DI NATURALITÀ	17
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	31



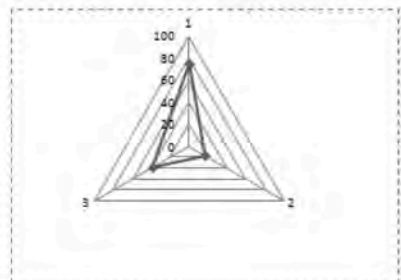
VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 13:00			54
----------------------------------	--	--	----

1	INDICE DI ASV_MEDIO LOCALE	76
2	INDICE DI NATURALITÀ	17
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	46



VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 17:00			51
----------------------------------	--	--	----

1	INDICE DI ASV_MEDIO LOCALE	75
2	INDICE DI NATURALITÀ	17
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	38

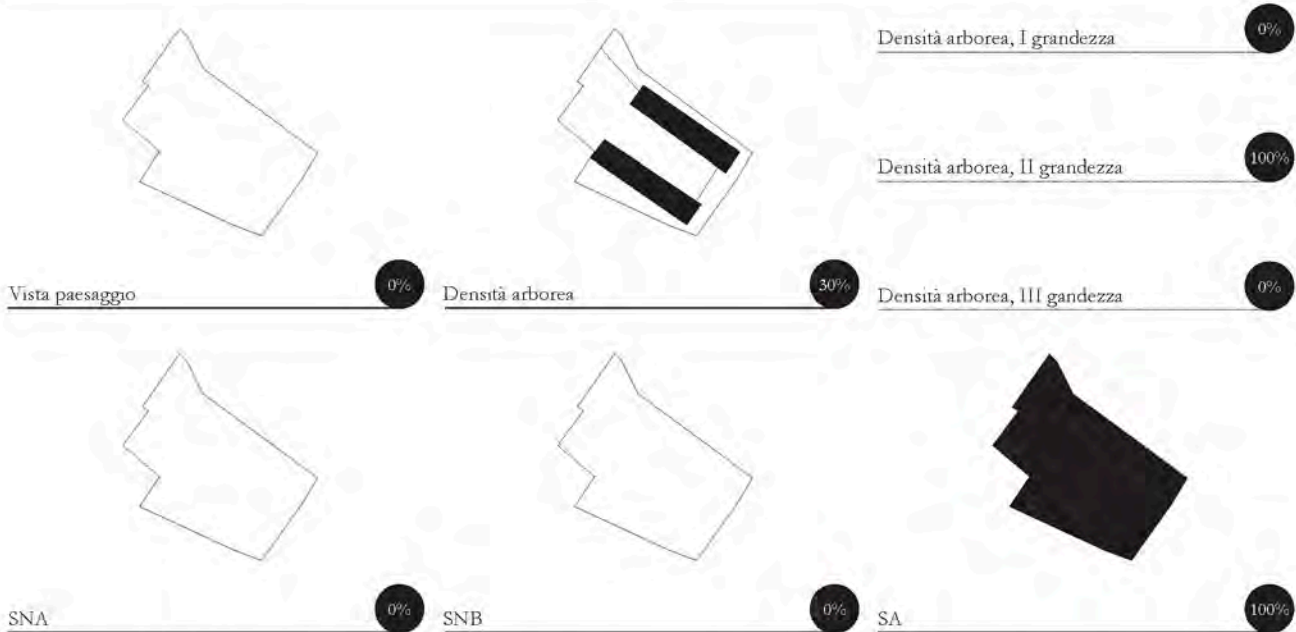




Centro storico, Ferrara, Italia	2013 (concorso)	n.d. (realizzazione)	2031 mq	134 €/mq
---------------------------------	-----------------	----------------------	---------	----------



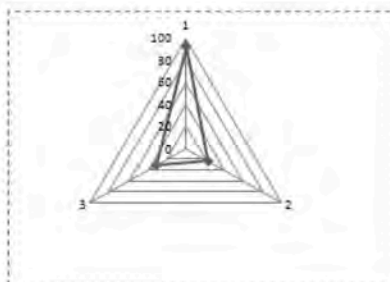
Il progetto, definito da una nuova pavimentazione realizzata con due differenti tipologie di pietra e dalla piantumazione di alberi lungo i margini della piazza, definisce una superficie pubblica continua, totalmente accessibile. I margini della piazza, pensati in continuità con gli edifici e il resto dello spazio urbano sono definiti da una superficie lastricata in porfido. Lo spazio centrale della piazza, invece, è definito da una pavimentazione in pietra di Prun rosata. La differenziazione dei materiali permette di identificare due ambiti all'interno dello stesso progetto senza creare però separazioni o cesure: lo spazio esterno, di passaggio per persone, autovetture, pedoni, ecc. diventa l'infrastruttura funzionale necessaria per lo spazio pubblico; lo spazio interno, invece, diventa il luogo di sosta, di rappresentanza, di gioco, ecc. della piazza. Nel punto di contatto tra i due differenti materiali si inseriscono i sistemi di sedute pubbliche, che rafforzano la divisione in ambiti. L'introduzione di una pavimentazione chiara e delle alberature, oltre a ridefinire l'atmosfera generale del progetto, incrementa il comfort termico dell'area, diminuendo la temperatura superficiale dell'area, e aumentando le superfici ombreggiate.



Valutazione del comfort termico

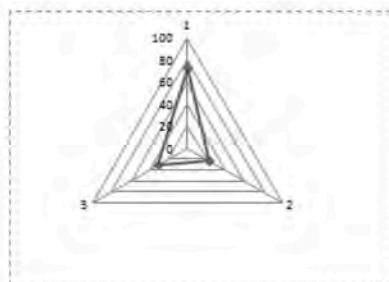
VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 09:00			53
----------------------------------	--	--	----

1	INDICE DI ASY_MEDIO LOCALE	92
2	INDICE DI NATURALITÀ	23
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	31



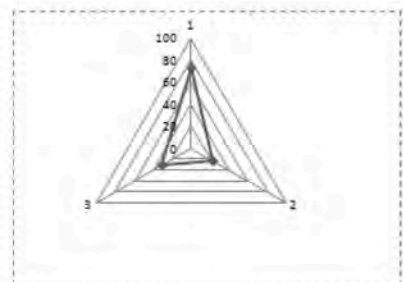
VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 13:00			50
----------------------------------	--	--	----

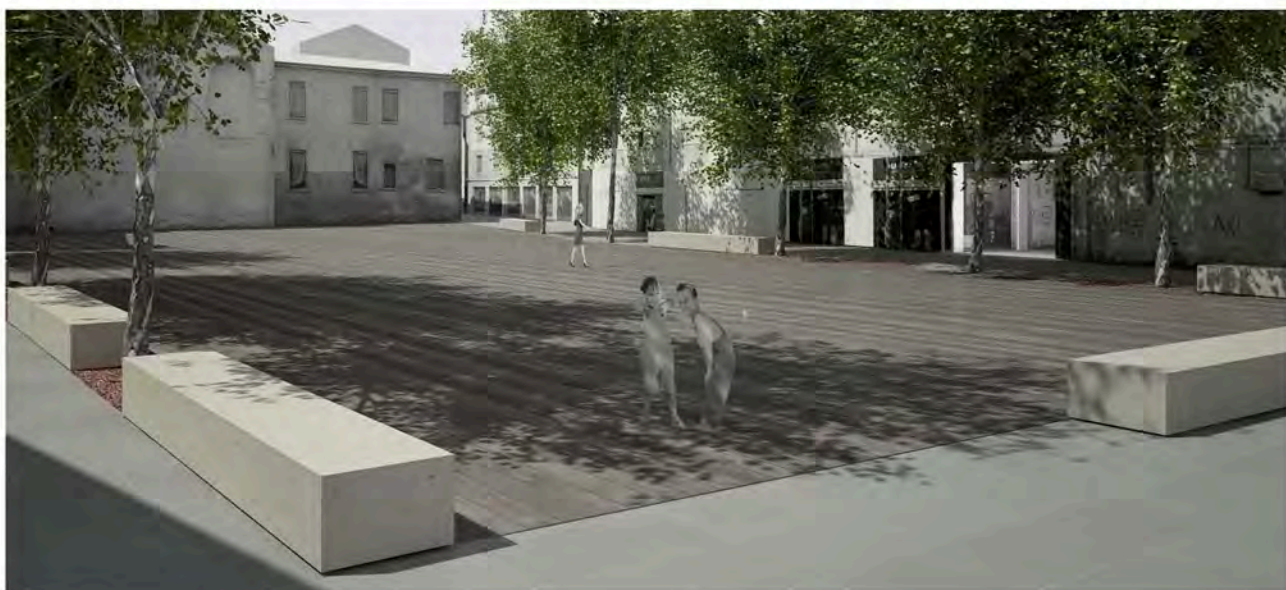
1	INDICE DI ASY_MEDIO LOCALE	73
2	INDICE DI NATURALITÀ	23
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	31



VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 17:00			50
----------------------------------	--	--	----

1	INDICE DI ASY_MEDIO LOCALE	73
2	INDICE DI NATURALITÀ	23
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	31

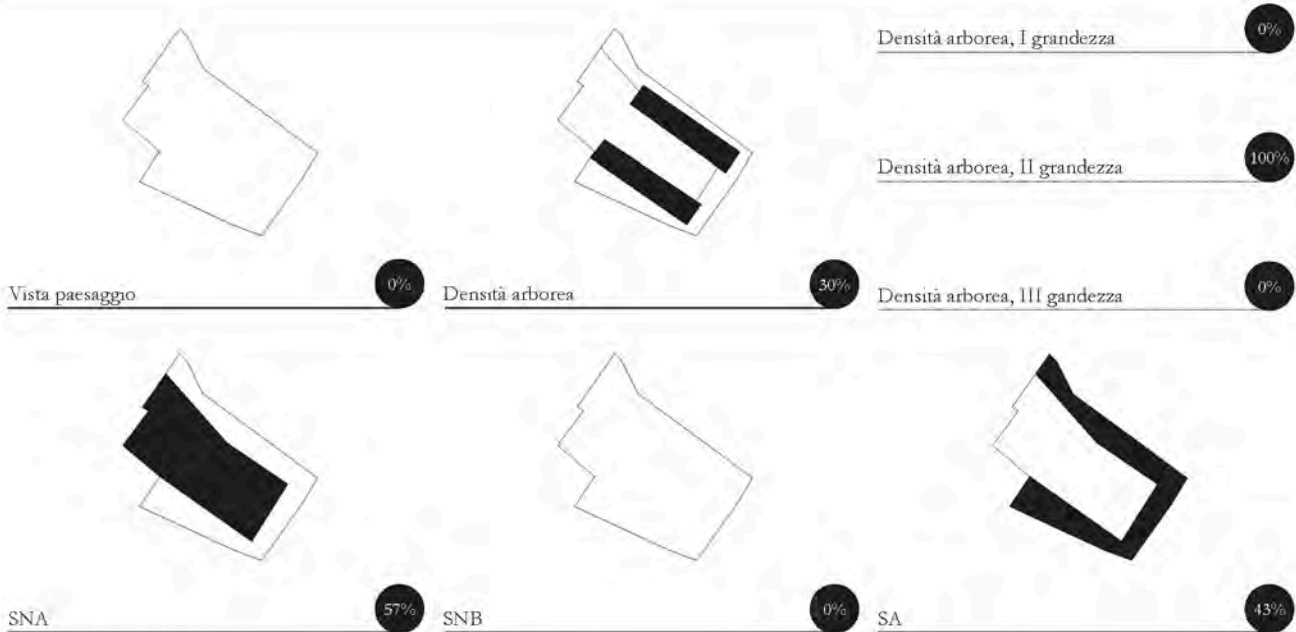




Centro storico, Ferrara, Italia	2013 (concorso)	n.d. (realizzazione)	2031 mq	180 €/mq
---------------------------------	-----------------	----------------------	---------	----------



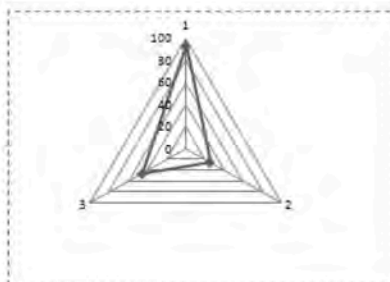
Il progetto è caratterizzato da una nuova superficie uniforme, un film sottile d'acqua, che viene realizzato grazie alla presenza di erogatori puntuali integrati nel sistema di pavimentazione in pietra chiara. Il margine esterno, in continuità con gli edifici e il resto dello spazio urbano è realizzato con una pavimentazione in cemento chiaro striato. Lo spazio centrale definisce un nuovo paesaggio termico, che dona una nuova identità allo spazio pubblico, trasformandola in una forte polarità urbana. La presenza della superficie umida e degli erogatori puntuali permette inoltre di incrementare fortemente il comfort termico dell'area. La pavimentazione in cemento definisce invece lo spazio di passaggio. Nel punto di contatto tra i due differenti materiali si inseriscono i sistemi di sedute pubbliche, che rafforzano la divisione in ambiti. Lungo i margini del progetto vengono inoltre piantumate due filari di alberi, incrementando così il livello di naturalezza e di ombreggiamento dell'area



Valutazione del comfort termico

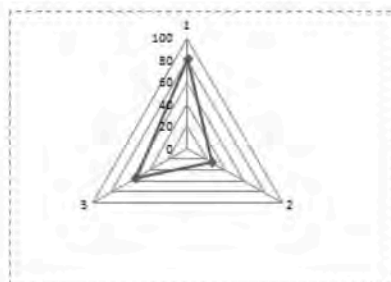
VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 09:00			64
----------------------------------	--	--	----

1	INDICE DI ASV_MEDIO LOCALE	93
2	INDICE DI NATURALITÀ	25
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	46



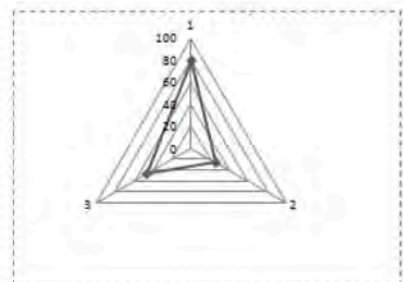
VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 13:00			60
----------------------------------	--	--	----

1	INDICE DI ASV_MEDIO LOCALE	81
2	INDICE DI NATURALITÀ	25
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	54



VOTAZIONE COMFORT TERMICO, 17:00			58
----------------------------------	--	--	----

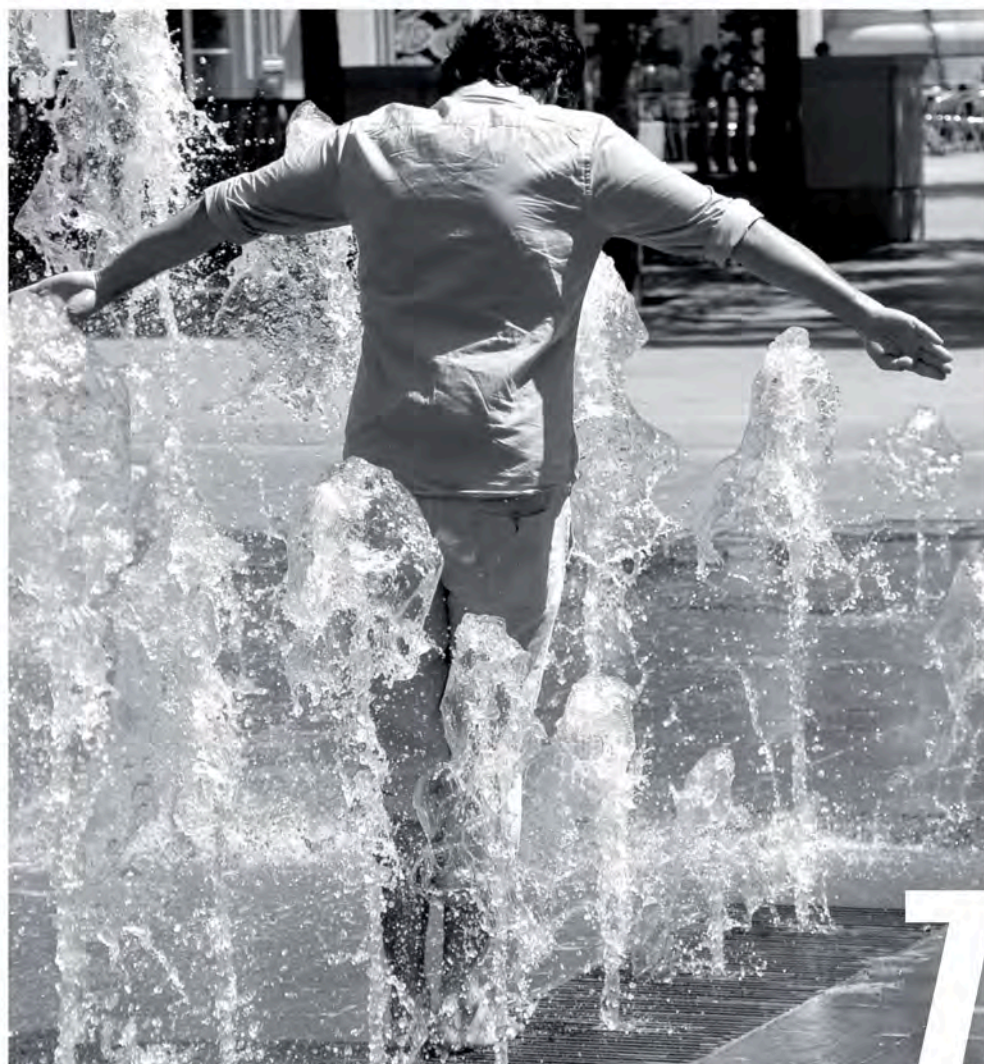
1	INDICE DI ASV_MEDIO LOCALE	80
2	INDICE DI NATURALITÀ	25
3	INDICE DI ETEROGENITÀ*	46







CONCLUSIONI



Campo di indagine

Il presente lavoro di ricerca si inserisce all'interno di quel più ampio dibattito internazionale, che indaga il concetto di *ambiente*. In particolare, la ricerca limita l'indagine ad una componente qualitativa specifica dell'ambiente stesso: il comfort termico. Le motivazioni alla base della scelta di questa particolare tematica di studio e della restrizione del campo di indagine possono essere ricondotte ai contenuti dei testi scientifici analizzati nel corso della prima fase della ricerca.

La lettura di tali testi permette di fare alcune considerazioni. Innanzitutto è emerso come alcune problematiche di carattere sociale, ambientale ed economico (l'incapacità di gestire l'espansione urbana e la nascita delle periferie, la perdita di qualità generale che ha caratterizzato a partire dal XIX secolo buona parte degli insediamenti urbani, l'incremento delle problematiche ambientali e sociali, ecc.) siano da ricondurre, principalmente, al modello di sviluppo proposto dal Movimento Moderno. Gli stessi testi, scritti perlopiù a partire dagli anni '60 e afferenti a molteplici discipline (ecologia, biologia, meteorologia, urbanistica, paesaggio, ecc.), rimettono in discussione non solo tale modello di sviluppo, ma anche le basi sulle quali lo stesso pensiero era costituito. Emerge una lettura della realtà intesa come fenomeno *complesso*, definito non solo da processi lineari (come quelli relativi ai sistemi di produzione industriale) ma soprattutto da processi sistemici (emergenti) influenzati dalle interrelazioni tra le molteplici componenti. Ed è proprio questa complessità che era sfuggita al pensiero Moderno, il quale, aveva ridotto la realtà, appunto, ad una sequenza di passaggi logici lineari (approccio riduzionista).

Motivazioni della ricerca

Nel tentativo di ricercare una base comune sulla quale reimpostare un nuovo modello di sviluppo, capace di tener conto della complessità della realtà, viene introdotto, all'interno del dibattito internazionale, il concetto di *ambiente*, inteso come quel sistema complesso definito dalle molteplici relazioni che si instaurano tra le differenti componenti (fisiche, biologiche, culturali, ecc.) che lo costituiscono. L'ambiente, all'interno del quale si muove l'essere umano, viene poi da esso percepito *atmosfericamente*, ovvero nella sua complessa globalità.

Le ricerche internazionali, considerate all'interno del presente lavoro, lasciano intendere come grazie a questi concetti sia possibile costruire un approccio interdisciplinare e olistico capace, superando i limiti dell'approccio Moderno, di controllare la complessità dell'ambiente. Tali ricerche rimettono in discussione quell'idea di *qualità* intesa come mera conseguenza di un ottemperamento agli standard quantitativi previsti dalla normativa (e base soprattutto dei molteplici strumenti che regolano la produzione edilizia in Italia) ed evidenziano come la qualità sia ovviamente un concetto più complesso, che non può essere inteso solo attraverso un ragionamento lineare esigenza - prestazione - standard, ma deve essere valutato considerando, anche, le interrelazioni tra le componenti e come queste interrelazioni influenzino nel complesso l'ambiente urbano. I numerosi esempi di *mala-periferia*, realizzati più o meno recentemente, testimoniano, infatti, come il rispetto degli standard normativi non garantisca "sempre" la qualità complessiva di un luogo.

Il concetto di *ambiente* permette di sviluppare proprio questo approccio, introducendo nel processo di definizione della qualità urbana anche componenti che sono state ignorate per lungo tempo. Il concetto di *percezione atmosferica*, inoltre, permette di considerare l'ambiente nella sua unità, valutando da una parte le differenti componenti che lo costituiscono e dall'altra le molteplici relazioni (comportamenti emergenti) che tali componenti innescano tra di loro, definendo, appunto, l'*atmosfera* di un luogo.

L'approccio alla base di queste ricerche mostra come, attraverso questi concetti chiave, sia possibile indagare nuovamente l'ambiente e la relazione che con esso instaura l'essere umano, analizzare le componenti che lo costituiscono, come queste influenzino la percezione di un luogo e quindi la sensazione di benessere che quel luogo è in grado

di suscitare. Attraverso questi passaggi, tali ricerche stanno cercando di indagare, più in generale, il concetto di *qualità ambientale* per definire nuove strategie capaci di costruire *habitat* nuovamente adatti ad accogliere l'essere umano e le sue attività.

Individuato il quadro generale all'interno del quale si inserisce il presente lavoro di ricerca (l'analisi dell'*ambiente*), è stato poi possibile definire la limitazione al campo di indagine. Dalla lettura di testi scientifici e dall'analisi di molteplici casi studio è emerso come lo spazio pubblico, inteso come spazio aperto tra gli edifici, possa essere l'ambito all'interno del quale attivare quei processi di rigenerazione urbana necessari per costruire nuovamente *habitat sostenibili*. Dalla letteratura di settore si evince, inoltre, come il comfort ambientale, ed in particolare quello termico, assuma un importante ruolo nella definizione della qualità negli spazi pubblici delle città contemporanee.

Definita la restrizione all'ambito della ricerca e la metodologia da adottare per condurre tale indagine, è stato individuato il principale obiettivo del presente lavoro: l'elaborazione di uno strumento di valutazione, destinato a progettisti ed amministrazioni, per il controllo del comfort termico negli ambienti urbani aperti. Tale modello è stato strutturato secondo i concetti di *complessità ambientale* e *interdisciplinarietà* enunciati durante la fase introduttiva della ricerca.

Obiettivo della ricerca

Il quadro sinteticamente esposto permette di descrivere i risultati raggiunti durante il percorso di ricerca, per poi introdurre i limiti, le aperture e le possibilità applicative.

La definizione del modello I-COOL è il principale risultato della ricerca. In particolare, la proposta di tale modello si inserisce all'interno di quel settore di produzione scientifica che ha portato alla realizzazione di molteplici strumenti (LEED, ITACA, ecc.) che cercano di supportare i progettisti durante i processi decisionali. Tali strumenti, più generali e complessi, definiscono le componenti qualitative dell'ambiente, attribuiscono crediti e punteggi per le differenti azioni previste dai progettisti, valutano come tali azioni incidono (positivamente o negativamente) su tali componenti, definiscono una qualità complessiva del progetto. Come i protocolli pocanzi citati, lo strumento proposto può essere utilizzato durante il processo progettuale e permette, da una parte di valutare nella complessità il problema specifico, dall'altra introduce momenti di verifica per la valutazione della qualità finale, offrendo veloci risposte valutative al progettista, favorendo così quell'azione di feedback necessario per il controllo della complessità.

Risultati raggiunti

Il modello risulta essere una sintesi critica derivata dallo studio della letteratura scientifica di settore, dalla quale emerge come l'*approccio fisiologico*, utilizzato per valutare la sensazione di benessere termico sia per gli ambienti esterni sia per quelli interni (codificato dalla normativa UNI EN ISO 7730), non sia sufficiente a comprendere a fondo la relazione che si instaura tra percezione termica ed essere umano, non considerando, ad esempio, gli aspetti puramente percettivi che parimenti contribuiscono a costruire la sensazione termica di un luogo. Tale limite è stato evidenziato, ed in parte superato, dall'*approccio adattivo*, che introduce, all'interno della valutazione della sensazione termica, anche alcune componenti culturali e altre puramente percettive, permettendo così di ampliare la visione sul tema e di ragionare in termini di *ambiente e percezione atmosferica*. Tale approccio permette di superare in parte la settorialità e la standardizzazione definita dell'approccio fisiologico e di considerare un quadro di componenti ambientali più ampio, di valutare come queste incidano sulla percezione atmosferica di un luogo e quindi sulla sua qualità generale. Solo in questo modo, infatti, è possibile introdurre all'interno della valutazione della sensazione termica, proprio quei meccanismi di *adattamento* fortemente influenzati dalle componenti ambientali - culturali, che permettono di comprendere le dinamiche percettive della sensazione termica. Aspetti come la *naturalizzazione*, la *stimolazione ambientale*,

L'eterogeneità termica diventano componenti fondamentali come la quantità di radiazione percepita, la temperatura dell'aria, ecc. Solo così diventa possibile comprendere come alcune situazioni (ad esempio le condizioni termiche da "spiaggia"), apparentemente non confortevoli, siano invece accettate e, anzi, ricercate dell'essere umano.

Lo studio della letteratura scientifica, e delle differenti sperimentazioni e ricerche che vengono condotte sul tema, ha permesso di evidenziare un'altra importante considerazione. All'interno della valutazione dello stress termico diventa interessante considerare come valore la presenza di condizioni non omogenee, ma variegate, che offrano agli utenti un ampio spettro di possibilità di scelta. L'eterogeneità, in questo caso *eterogeneità termica*, diventa un importante parametro di qualità ed introduce, all'interno delle voci che vengono considerate per valutare la qualità (termica) di un luogo, la *soggettività* dei possibili utenti. Cambia in parte il punto di vista: la qualità non è più standardizzata, uguale per tutti, ma diventa qualcosa di più soggettivo, di legato alle differenze che caratterizzano oggi tutti gli esseri viventi. Risulta, in questo senso, insufficiente il tentativo di classificare gli utenti, secondo il concetto di standard fisico dimensionale uguale per tutti: «una corretta visione ergonomica dell'essere umano [...] riconosce a ciascun individuo la propria specificità fisica al di là di qualsiasi astratta dimensione media» (Tatò 1990). Si tratta dunque di «ridisegnare il campo esigenziale in maniera diversa, prendendo come modelli non solo un individuo standard che poco risponde alla varietà degli individui, ma un insieme di individui che riassumano in sé la varietà delle caratteristiche e delle esigenze umane» (Zito 1990). E in questo caso la definizione di condizioni eterogenee permette di andare incontro proprio a questa soggettività estrema, conquista specifica della cultura postindustriale. In altre parole, in questo caso quelle di un ironico cantautore romano, «la sardina non è un tonno [...] anche l'acqua tra i pesci sembra di un solo colore, così pare a questi occhi, ma anche l'acqua non è uguale» (Marino 2011).

Il modello proposto cerca di dare una risposta proprio a queste osservazioni specifiche che sono sorte a seguito dell'analisi dello stato dell'arte sulla tematica trattata, introducendo, in un indice sintetico (VCI), parametri qualitativi come l'*eterogeneità termica*, la percezione atmosferica di *naturalità*, ecc., che permettono di definire un indice di valutazione che meglio risponde ad un approccio olistico, legato al concetto di *ambiente*. I-COOL rappresenta un primo esempio di sintesi tra due modelli differenti di controllo della qualità ambientale. Il primo modello risponde al quadro di esigenze tradotte in requisiti definiti dalle normative specifiche (*approccio fisiologico*), il secondo (*approccio adattivo*) introduce aspetti legati alla qualità percettiva dello spazio e ne dà una quantificazione.

Limiti della ricerca

Il modello proposto presenta alcuni limiti, in parte dovuti ai processi di semplificazione introdotti per rendere lo strumento di facile utilizzo, in parte legati alla complessità derivante dall'unione di due approcci valutativi differenti.

Un primo limite del modello è da ricondurre alla semplificazione della valutazione di alcune componenti (velocità dell'aria e temperatura superficiale) legate all'approccio fisiologico. In particolare, come già descritto nelle conclusioni del capitolo 5, tali limiti sono stati in parte risolti introducendo all'interno del processo valutativo alcune azioni cautelative, ad esempio i coefficienti di adattamento e l'introduzione della temperatura operativa.

Un secondo limite è legato alla pesatura degli indici (ASV-ML, NAT, ET) che valutano i diversi approcci all'interno del bilancio definitivo (VCI). Il modello ha definito, attraverso una matrice di confronto, l'attribuzione dei pesi. Il risultato raggiunto, sebbene confermi quello che si ritrova in letteratura (Nikolopoulou et al. 2011), dovrebbe essere

verificato ulteriormente.

Quanto fino ad ora descritto permette di evidenziare alcuni possibili sviluppi per la ricerca e le possibilità applicative dell'output prodotto.

Prossimi sviluppi

I limiti descritti evidenziano un possibile sviluppo della ricerca nella necessità di comprendere la relazione, e quindi la pesatura, tra i due differenti modelli del comfort termico. Inoltre, il processo di limitazione del campo della ricerca ha permesso di approfondire un tema specifico all'interno di quel più ampio quadro di problematiche sociali, economiche ed ambientali, che caratterizzano oggi la maggior parte degli insediamenti urbani. Limitato il campo di ricerca al surriscaldamento urbano, ed in particolare al comfort termico negli ambienti urbani aperti, è stato possibile costruire uno strumento di supporto alla progettazione, denominato I-COOL, capace di valutare come la combinazione di sistemi tecnologici incida sulla qualità termica di un luogo. Le schede descrittive dei sistemi tecnologici, presentate nel capitolo 3, danno, inoltre, una prima valutazione sintetica di come gli stessi sistemi tecnologici incidano su quel più ampio quadro di problematiche urbane (qualità ambientale degli spazi pubblici, inquinamento dell'aria, biodiversità, ecc.).

Un ulteriore possibile sviluppo per il presente progetto di ricerca, potrebbe essere proprio l'implementazione, all'interno del modello di valutazione I-COOL, di quelle altre problematiche escluse all'inizio della trattazione. Applicando la stessa metodologia di indagine utilizzata nel corso della presente ricerca, si definirebbe in questo modo, un modello di valutazione capace di considerare l'incidenza dei sistemi tecnologici, non solo sul comfort termico, ma anche su quelle altre componenti che contribuiscono a definire la qualità ambientale di un luogo (ad esempio comfort olfattivo, comfort acustico, ecc.) e più in generale la sostenibilità di uno spazio pubblico.

L'applicazione del modello, prima ad alcuni casi studio selezionati nella città di Lione (capitolo 5) e poi ad un caso applicativo specifico individuato nella città di Ferrara (capitolo 6), ha permesso di individuare ulteriori possibilità applicative. In particolare, il modello, permettendo di definire l'incidenza delle diverse soluzioni progettuali sul comfort termico, potrebbe essere utilizzato per la definizione di linee guida generali da applicare al progetto degli spazi pubblici, di supporto alla progettazione o alla definizione di bandi concorsuali.

Possibilità applicative

La struttura alla base del modello I-COOL permette di effettuare una valutazione locale del comfort termico dei progetti. Per ampliare le possibilità di valutazione di questo strumento e permettere un'analisi del comfort termico alla scala urbana, si potrebbe integrare lo stesso modello sulle piattaforme GIS (Geographic Information System). Tali software, che permettono, in sintesi, di geo-referenziare particolari informazioni, definiscono banche dati legate a particolari spazi fisici. Il GIS permette di interrogare tale banche dati a seconda delle diverse esigenze e di costruire così mappature specifiche capaci di legare le informazioni ad un punto specifico nello spazio.

L'integrazione di I-COOL su di una piattaforma GIS permetterebbe di definire un modello applicabile a scala urbana, capace di definire la qualità termica di tutti gli ambienti urbani aperti al variare delle condizioni al contorno (irraggiamento, temperatura dell'aria, ecc.) e dei sistemi tecnologici applicati (pavimentazioni permeabili, alberature, superfici calde, ecc.). Si definirebbe in questa maniera un utilissimo strumento di indagine nel campo della pianificazione urbana a disposizione di progettisti ed amministrazioni per l'analisi dei contesti urbani e delle loro condizioni termiche.

BIBLIOGRAFIA



- Balzani M.
1995. Arredo urbano e comfort ambientale. In: *Paesaggio Urbano 2*
- Banham R.
2009. Los Angeles. L'architettura di quattro ecologie. Torino: Einaudi editore (ed. orig. 1971)
- Barbara A. Perliss A.
2006. Architetture invisibili. L'esperienza dei luoghi attraverso gli odori. Milano: Skira
- Barbara A.
2011. Storie di architettura attraverso i sensi. Milano: Postmedia Srl
- Bauman Z.
2002. La solitudine del cittadino globale. Milano: Ed. Feltrinelli.
- Bauman Z.
2009. Capitalismo parassitario. Bari: Ed. Laterza.
- Benedetti C.
2013. Comfort Urbano. Brunico: Bu,press
- Benevolo L.
2003. Storia dell'architettura moderna. Roma: Laterza
- Boeri A.
2001. Sistemi di pavimentazione. Requisiti – Criteri progettuali – Applicazioni – Prestazioni. Milano: Hoepli
- Bohígas O.
1985. Reconstrucció de Barcelona. Barcellona: Edicions 62.
- Böhme G.
2010. Atmosfere, estasi, messe in scena. L'estetica come teoria generale della percezione. Milano: Christian Marinotti Edizioni
- Bonafè G.
2006. Microclima urbano: impatto dell'urbanizzazione sulle condizioni climatiche locali e fattori di mitigazione. Area Meteorologia Ambiente. Arpa Emilia-Romagna
- Borsari G. Clément G. Rahm P.
2006. Environ(ne)ment. Manières d'agir pour demain|approaches for tomorrow. Milano: Skira
- Bosselmann P. Dake K. Fountain M. Kraus L. Lin K. Harris A.
1988. Sun, Wind and Comfort: A Field Study of Thermal Comfort in San Francisco. Center for Environmental Design Research, University of California Berkeley.
- Bottero M.
1993. Tecnica e progetto per la riconversione della aree industriali urbane. In: Bonnes M. (a cura di) *Ambiente urbano, qualità e innovazione tecnologica, Rapporto di ricerca Unesco Cnr*

- Bourbia F. Boucheriba F.
2010. Impact of street design on urban microclimate for semi arid climate. In: *Renewable Energy* 35, 343-347
- Bourdun A. Post R.
2009. *Projets et stratégies urbaines. Regards comparatifs*. Gip Epau : Editions parenthèses.
- Brager GS. De Dear RJ.
1998. Thermal adaptation in the built environment: a literature review. In: *Energy Buildings* 27, 83-96
- Brager GS. De Dear RJ.
2003. Historical and cultural influences on comfort expectations. In: *Buildings, Culture and Environment: Informing Local and local Practices*, 177-201
- Branzi A.
2006. *Modernità debole e diffusa. Il mondo del progetto all'inizio del XXI secolo*. Milano: Ed. Skira.
- Brown R. Gillespie T.
1986. Estimating outdoor thermal comfort using a cylindrical radiation thermometer and an energy budget model. In: *Int J Biometeorol* 30, 43-45.
- Brown R. Krysz S. Gillespie T.
1990. A model for estimating radiation received by a person in the landscape. In: *Landscape Res* 15, 33-36.
- Bruse M. Fleer H.
1998. Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. In: *Environ Model Software* 13, 373-384
- Bruse M. Schuster H.
2008. *A general contribution to the aspect of building thermal simulation and outdoor microclimate seen from the architects point of view*. Kassel: BAUSIM
- Cabanac M.
1996. The place of behavior in physiology. *Handbook of Physiology: a critical, comprehensive presentation of physiological knowledge and concepts, Sect 4*. In: MJ Fregly, CM Blatteis (a cura di). *Environmental Physiology*. New York: Eds. American Physiological Society, Oxford University Press, 1523-1536
- Caniglia Rispoli C.
1970. *Spazio pubblico per la città*. Napoli: Giannini
- Caniglia Rispoli C.
1990. *Guardare/Vedere i pieni e i vuoti, il cambiamento, l'uso dell'ambiente*. Napoli: CUEN
- Capasso A.
1993. *Il commercio e la città*. Napoli: CUEN

- Carmona M.
2003. *Public Place – Urban Space. A guide to Urban Design*. Oxford: Architectural Press
- Carson R.
2000. *Primavera silenziosa*. Milano: Feltrinelli (ed. orig. 1962)
- Charlot-Valdieu C. Outrequin P.
2009. *L'urbanisme durable. Concevoir un écoquartier*. Paris: Editions du moniteur
- Chelkoff G.
2011. A Phono-kinetic approach to an adaptable environment. *Sound Effects*. In: *An Interdisciplinary Journal of Sound and Sound Experience* 1, 1
- Chiapponi M.
1989. *Ambiente: gestione e strategia. Un contributo alla teoria della progettazione ambientale*. Milano: Feltrinelli Editore
- Choay F.
2000. *La città, utopia e realtà*. Torino: Einaudi (ed. orig. 1965)
- Cibic A.
2006. *Microrealities, a project about places and people*. Milano: Ed. Skira
- Clark RP. Edholm OG.
1985. *Man and His Thermal Environment*. London: Edward Arnold
- Clément G.
2005. *Manifesto del terzo paesaggio*. Macerata: Quodlibet
- Clément G.
2008. *Il giardiniere planetario*. Milano: 22 Publishing
- Clément G.
2011. *Il giardino in movimento*. Macerata: Quodlibet
- Corner J. Gilles A.
2009. *Intermediate nature. The landscapes of Michel Desvigne*. Germania: Birkhauser Verlag AG
- Cortesi I.
2004. *Il progetto del vuoto. Public Space in Motion 2000-2004*. Perugia: Genesi Gruppo Editoriale
- CRES.
2005. *RUROS, Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces. Quinto Programma Quadro*
- Culjat B. Erskine R.
1998. *Climate-responsive social space: a Scandinavian perspective*. In: *Cities Designed for Winter*. Helsinki.

- Espuelas F.
1999. *Il Vuoto. Riflessioni sullo spazio in architettura*. Milano: Marinotti Edizioni
- Gehl J.
1971. *Life Between Buildings*. Copenhagen: Danish Architectural Press
- Gehl J.
1996. *Vita in città – spazio urbano e relazioni sociali*. Rimini. Maggioli
- Fahmy M. Sharples S.
2009. *On the development of an urban passive thermal comfort system in Cairo, Egypt*.
In: *Build Environ* 44, 1907-1916
- Fanger P.O.
1970. *Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering*. Usa:
Mc Graw-Hill Book Company
- Farinelli F.
2003. *Geografia: un'introduzione ai modelli del mondo*. Torino: Einaudi.
- Fjeld T.
1998. *The effect of indoor foliage plants on the Health and Discomfort Symtoms among Office Workers*. In: *Indoor Built Environment* 7.
- Fregly MJ. Blatteis CM.
1996. Eds. *Handbook of Physiology: a critical, comprehensive presentation of physiological knowledge and concepts, Sect 4 Environmental Physiology*. American Physiological Society, Oxford University Press, New York
- Fregly MJ. Blatteis CM.
1996. *Outdoor thermal comfort*. In: *American Physiological Society* 1567, 481-505.
- Friedman Y.
2006. *L'architecture de survie. Une philosophie de la pauvreté*. Paris : Editions de l'éclat
- Ghilotti M.
2005. *Un futuro prossimo: il margine verde della Confluence*. In *Territorio* 34. Milano:
Franco Angeli Edizioni
- Giovannini P.
1993. *Per il superamento delle forme ideologizzate della qualità urbana in Bonnes M.*
(a cura di) *Ambiente urbano, qualità e innovazione tecnologica*. Rapporto di ricerca
Unesco Cnr
- Givoni B.
1963. *Estimation of the effect of climate on man – development of a new thermal index*. PhD thesis, Technion-Israel Institute of Technology
- Givoni B.
1976. *Man, Climate and architecture*. UK: Elsevier Architectural sciences series

- Humphreys M.A.
1992. Thermal Comfort Requirements, Climate and Energy, Proceedings of world renewable Energy Congress
- Humphreys M.A. Hancock M.
2007. Do people like to feel 'neutral'? Exploring the variation of the desired thermal sensation on the ASHRAE scale. In: *Energy Buildings* 39, 867-874
- Indovina F.
2009. *Dalla città diffusa all'arcipelago metropolitano*. Milano: Franco Angeli Edizioni
- Ingersoll R.
2006. *Sprawltown*. Roma: Ed. Meltemi
- Jacobs J.
2009. *Vita e morte delle città americane*. Torino: Einaudi (ed. orig. 1969)
- Jansson C. Gustafsson D.
2008. Near surface climate in an urban vegetate park and its surrounding. In: *Theoretical and Applied Climatology* 89, 185-195
- Jendritzky G. Havenith G. Weihs P. Batchvarova E. De Dear R.
2008. The Universal Thermal Climate Index UTCI - Goal and State of COST Action 730 and ISB Commission 6. Proceedings 18th International Congress of Biometeorology, Tokyo, Japan
- Kobayashi H.
2005. The use of urban green spaces to improve the thermal environment. In: *The World Sustainable Building Conference*, Tokyo, 2005
- Koolhaas R.
1978. *Delirious New York: a retroactive manifesto for Manhattan*. London: Thames and Hudson
- Koolhaas R. Mau B. Sigler J. Werlemann H.
1995. *Small, medium, large, extra-large: Office for Metropolitan Architecture*, Rem Koolhaas, and Bruce Mau. NY: Monacelli Press
- Koolhaas R.
2006. *Junkspace: per un ripensamento radicale dello spazio urbano*. Macerata: Quodlibet
- Kosatsky T.
2005. The 2003 European heatwave. In: *Eurosurveillance* 10, 148-149
- Krüger E.L. Bröde P. Fiala D. Rossi F.
2012. Predicting urban outdoor thermal comfort by the Universal Thermal Climate Index UTCI - a case study in Southern Brazil. In: *International Journal of Biometeorology* 56, 3, 471-480

- Morelli D.
1986. Spazio pubblico urbano. Metodologie e progetto. Bari: Edipuglia
- Morin E.
1990. Introduction a la pensée complexe. Parigi : Seuil.
- Morin E.
2007. L'anno I dell'era ecologica. La terra dipende dall'uomo che dipende dalla terra. Roma: Armando Editore
- Nicoletti M.
1978. L'ecosistema urbano. Bari: Dedalo Libri
- Nikolopoulou M. Baker N. Streemers K.
1998. Thermal comfort in outdoor urban spaces. In: Proceedings PLEA Environmental friendly cities. James&James
- Nikolopoulou M. Baker N. Streemers K.
2001. Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. In: Sol Energy 70, 227-235
- Nikolopoulou M. Baker N. Streemers K.
2003. Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. In: Energy and buildings 35, 95-101
- Nikolopoulou M.
2004. Outdoor comfort. Architecture and Variety: Environmental Perspectives. London: Eds: K Steemers and MA Steane, Spon Press, 101-119
- Nikolopoulou M.
2005. Percezione e valutazione del comfort termico negli spazi urbani. Rogora A. (a cura di) Il comfort ambientale negli spazi aperti. Gorizia: EdicomEdizioni
- Nikolopoulou M.
2011. Outdoor thermal comfort. In: Frontiers in Bioscience S3, 1552-1568
- Norberg-Schultz C.
1969. Il concetto di luogo. In: Controspazio, 1
- Norberg-Schulz C.
1984. L'abitare. Milano: Electa
- Oke T.R.
1976. The distance between Canopy and Boundary – layer urban heath Island. In: Atmosphere 14, 4, 268-277
- Oke, T. R.
1987. Boundary layer climates. London: Book Methuen
- Oke T.R.
1995. The heat island of the urban boundary layer: characteristics, causes and effects. In: Cermak J.E et al. (a cura di) Wind Climate in Cities, 81-107

- Satinoff E.
2011. Behavioral thermoregulation in the cold. *Handbook of Physiology: a critical, comprehensive presentation of physiological knowledge and concepts*. In: *Environmental Physiology*, 4
- Saunders W.S.
2012. *Design ecologies. The landscape architecture of Kongjian YU*. Basilea: Birkhauser
- Schafer R.M.
1977. *The Soundscape: Our Sonic Environment and the Tuning of the World*. Rochester, Vermont: Destiny Books
- Schibel K. Zamboni S.
2005. *Le città contro l'effetto serra. Cento buoni esempi da imitare*. Milano: Edizione Ambiente
- Secchi B.
1984. Un problema urbano, l'occasione dei vuoti. In: *Casabella* 503
- Secchi B.
2008. *La città del XX secolo*. Bari: Ed. Laterza
- Semidor C. Venot-Gbedji F.
2008. Fountains as a natural component of urban soundscape. Paris: *Acoustics'08*, 30 juin-5 juillet
- Sennett R.
1972. *The Hidden Injuries of Class*. NY: Knopf
- Serres M.
1985. *Les cinq sens. Philosophie des corps mêlés*. Parigi: Grasset
- Shahidan M. F. Jones P.J. Gwilliam J. Salleh E.
2012. An evaluation of outdoor and building environment cooling achieved through combination modification of trees with ground materials. In: *Building and Environment* 58, 245-257
- Shahua-Bar L. Pearlmutter D. Erell E.
2011. The influence of tree and grass on outdoor thermal comfort in a hot – arid environment. In: *International journal of climatology* 31, 1498-1506
- Sheng-chieh C.
2000. Energy Use. In: *Environmental. Energies Technology Division*
- Sinopoli N. Tatano V.
2002. *Sulle tracce dell'innovazione. Tra tecniche e architettura*. Milano: Franco Angeli
- Siple P. Passel C.
1945. Measurements of dry atmospheric cooling in subfreezing temperatures. In: *Proceedings of the American Philosophical Society* 89, 177-179

- Ulrich RS.
1984. View through a Windows may influence Recovery from Surgery. In: *Since* 224
- UNI EN ISO 8402
1995. Gestione per la qualità ed assicurazione della qualità. Termini e definizioni
- UNI EN ISO 7730
2006. Ergonomics of the Thermal Environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria
- UNI EN ISO 9001
2008. Sistemi di gestione per la qualità - Requisiti
- Venturi R., Brown D.S.
1985. Learning from Las Vegas. Venezia: Ed. Cluva
- Vittoria E.
1987. Le tecnologie derivanti per la progettazione ambientale, in A.A. V.V., il governo del progetto. Bologna: L. Parma ed.
- Waldheim C.
2006. The Landscape Urbanism Reader. NY: Princeton Architectural Press
- Wei J. He J.
2013. Numerical simulation for analyzing the thermal improving effect of evaporative cooling urban surfaces on the urban built environment. In: *Thermal Engineering* 51, 144-154
- Weilacher U.
2005. Profiles of Contemporary European Landscape Architecture. In: *Gardens*. Basel: Birkhauser – Publishers for Architecture
- Whyte W.H.
1980. The social life of small urban-spaces. New York: Project for Public Spaces
- Yang X. Zhao L. Bruse M. Meng Q.
2013. Evaluation of a microclimate model for predicting the thermal behavior of different ground surfaces. In *Building and Environment*
- Yap D.
1975. Seasonal excess urban energy and the nocturnal heat island, Toronto. In: *Arch. Meteorol. Geoph. Bioklima. Series B* 23, 68–80
- Zaffagnini M.
1981. Progettare nel processo edilizio. Bologna: L. Parma ed.
- Zaffagnini M.
1994. Architettura a misura d'uomo. Bologna: Pitagora

Zaffagnini M., Gaiani A., Marzot N.
1995. Morfologia urbana e tipologia edilizia. Bologna: Pitagora

Zardini M.
2003. Asfalto: il carattere della città. Milano: Ed. Electa

Zardini M.
2005. Sense of the city. Baden: Ed. Lars Muller Publishers

Zimmermann A.
2011. Constructing Landscape. Materials, techniques, structural components. Basilea:
Birkhauser

Zumthor P.
2007. Atmosfere. Ambienti architettonici. Le cose che ci circondano. Milano: Electa

Ringraziamenti

In conclusione vorrei ringraziare Gabriele Lelli per la totale libertà lasciatami in questi anni di ricerca e Michele Bottarelli per la pazienza e per l'iniziazione all'arte del dubbio. Un ulteriore ringraziamento va a Giulia Chiummiento e ad Enrico Arbizzani per il costante supporto scientifico, morale ed emotivo.

Un ringraziamento anche a chi, a diverse riprese, ha ascoltato e consigliato direttamente o indirettamente: Elena Cristoni, Massimo Orsini, Benedetta Orsini, Filippo Govoni, Riccardo Russo, Elisa Greco, Antonio Girardi, Mariateresa Girasoli, Leonardo Bortolami, Ali Sedki, Mohammad Torfehnezhad, Giulia Larizza, Theo Zaffagnini, Giovanni Zannoni, Giovanni Avosani, Elisa Poli, Maddalena Coccagna, Ernesto Antonini, Pietro Maria Davoli, Paola Boarin, Paola Marrone.

Un ultimo ringraziamento a chi mi ha accompagnato in una bellissima esperienza personale durante il periodo di ricerca: Céline Reimeringer, Olivier Grolier, Playtime a.a.

