

REBUS²®

REnovation of public Buildings and Urban Spaces

CAMBIAMENTI CLIMATICI ED EFFETTI SULLE CITTÀ

Teodoro Georgiadis

 Regione Emilia-Romagna

**republic
med**

 **REPUBLIC
MED**
REPUBLIC-MED
RETROFITTING PUBLIC SPACES
IN INTELLIGENT MEDITERRANEAN CITIES

Formez PA

1.3
DISPENSA

[29-10-2015]

ASSESSORATO AI TRASPORTI, RETI INFRASTRUTTURE MATERIALI E IMMATERIALI, PROGRAMMAZIONE TERRITORIALE E AGENDA DIGITALE

D.G. PROGRAMMAZIONE TERRITORIALE E NEGOZIATA, INTESA. RELAZIONI EUROPEE E RELAZIONI INTERNAZIONALI.

SERVIZIO PIANIFICAZIONE URBANISTICA, PAESAGGIO E USO SOSTENIBILE DEL TERRITORIO

REPUBLIC-MED
REtrotfitting Public spaces
in MEDiterranean cities

REBUS®
REnovation of public Building
and Urban Spaces - 2° edizione

REGIONE EMILIA-ROMAGNA
Assessorato ai trasporti,
reti infrastrutture materiali
e immateriali.
Programmazione territoriale
e agenda digitale.
Raffaele Donini
assessore

D.G. Programmazione
territoriale e negoziata, intese.
Relazioni europee
e relazioni internazionali.
Enrico Cocchi
direttore

Servizio Pianificazione
urbanistica,
Paesaggio e Uso sostenibile
del territorio

Roberto Gabrielli
dirigente

Luisa Ravanello
project manager

Barbara Fucci
Laura Punzo
gruppo tecnico

Marisa Dalla Noce
Lorella Dalmonte
Enrica Massarenti
amministrazione e segreteria

Consulenti

Kristian Fabbri
esperto comfort indoor/outdoor
Elena Farnè
progetto formativo
comunicazione
Francesco Guaraldi
rendicontazione
Francesca Poli
comunicazione
Silvia Rossi
esperta comfort outdoor

Partner tecnico

Fondazione Democenter-Sipe
Davide Fava
Chiara Pederzini
Matteo Serafini

Progetto a cura di
Regione Emilia-Romagna

Ideato e sviluppato nell'ambito di
Progetto europeo
REPUBLIC-MED
REtrotfitting PUBLIC spaces in
MEDiterranean cities

Con il supporto tecnico-scientifico
CNR IBIMET - Consiglio
Nazionale Ricerche, Istituto
di Biometeorologia - Bologna
ProAmbiente - Bologna
Politecnico di Milano -
Dipartimento DASTU

Organizzato con
Formez PA - Centro Servizi,
assistenza, studi e formazione per
l'ammodernamento delle P.A.

In collaborazione con gli Enti
Comune di Modena, Comune
di Parma, Comune di Rimini,
Piano Strategico Rimini

In collaborazione con gli Ordini professionali

Ordini Architetti P.P.C. delle
province di Bologna, Modena,
Parma, Rimini
Federazione Emilia-Romagna
Dottori Agronomi e Forestali
Ordine Dottori Agronomi
e Forestali delle province
di Bologna, Forlì-Cesena-Rimini,
Modena, Parma
Ordini degli Ingegneri
delle province di Bologna,
Modena, Parma, Rimini

Media Partner

Maggioli Editore
Architetti Idee Cultura e Progetto
Architetti.com - Progetto
e immagine digitale
Paesaggio Urbano Urban Design
Planum. The Journal of Urbanism
www.planum.net

Social Media Partner

DocGreen Forma il tuo verde -
E.Ventopaesaggio - Giardini
Condivisi - GARBo Giovani
Architetti Bologna - Manifattura
Urbana - OvestLab Modena -
Re-Mend Rigenerazione urbana e
Architettonica - Street Italia -
TipiStudio

Percorso formativo
e laboratorio Gioco-simulazione

Ideazione/Coordinamento
Elena Farnè, Luisa Ravanello

Segreteria organizzativa
Francesca Poli

Legge/Bando
Elena Farnè, Elettra Malossi,
Luisa Ravanello

Carte da gioco
Valentina Dessi, Elena Farnè,
Luisa Ravanello, Maria Teresa
Salomoni

Simulazioni Envi-Met
Kristian Fabbri

Schede casi studio
Elena Farnè, Francesca Poli,
Luisa Ravanello

Con il contributo di
Costanza Barbieri, Bianca
Pelizza (Comune di Parma);
Filippo Bonazzi, Marcello
Capucci, Catia Rizzo, Stefano
Savoia (Comune di Modena)
Chiara Dal Piaz (Comune di
Rimini); Filippo Boschi
(Piano Strategico di Rimini)

Modelli 3D/Cartografia
Francesca Poli

Giuria
Valentina Dessi - Politecnico
di Milano, Dipartimento DASTU
Roberto Gabrielli - Regione
Emilia-Romagna, Servizio
Pianificazione urbanistica,
Paesaggio e Uso sostenibile
del territorio
Teodoro Georgiadis -
CNR Bologna, Istituto di
Biometeorologia

Lectio Magistralis
in video conferenza

Andreas Matzarakis
Università di Friburgo

 territorio.regione.emilia-romagna.it/paesaggio

 republicmed@regione.emilia-romagna.it

 Eventi Paesaggio ER

 REBUS L'energia della città

 #rebus_er

 issuu.com/paesaggioer

Docenti lezioni

Valentina Dessi - Politecnico di
Milano, Dipartimento DASTU
Kristian Fabbri - architetto
Elena Farnè - architetto
Roberto Gabrielli - Regione
Emilia-Romagna, Servizio
Pianificazione urbanistica,
Paesaggio e Uso sostenibile
del territorio
Teodoro Georgiadis - CNR
Bologna, IBIMET
Marco Marcatili - Nomisma
Luisa Ravanello - Regione
Emilia-Romagna, Servizio
Pianificazione urbanistica,
Paesaggio e Uso sostenibile
del territorio
Maria Teresa Salomoni -
agromoma paesaggista
ProAmbiente, esperta nell'uso
del verde per la mitigazione
degli impatti antropici

Esperti in aula

Gabriele Bollini - urbanista,
esperto Valutazione Ambientale
Strategica
Elettra Malossi - urbanista
Regione Emilia-Romagna,
esperta Legge/Bando
Marianna Nardino - fisico
CNR Bologna, esperta ENVI-met
Francesca Poli - architetto,
esperta in rappresentazione
e comunicazione del progetto
Maria Teresa Salomoni -
agromoma paesaggista
ProAmbiente, esperta nell'uso
del verde per la mitigazione
degli impatti antropici

Tutor d'aula

Giulio Roberti - Envi-Met

Facilitatrici in aula

Elena Farnè
Silvia Givone - Sociolab
Margherita Mugnai - Sociolab

LinkedIN / Facebook

Elena Farnè, Francesca Poli

Stampa

Centro Stampa
Regione Emilia-Romagna
Stampato a Bologna
il 26 ottobre 2015

In copertina e a pag.5:
Chassé-Terrein, Breda
(© West8)

indice

- 4 TEODORO GEORGIADIS**
- 6 LA PROGETTAZIONE DEL COMFORT**
- 8 I PROCESSI**
 - 9 A. PROCESSI SUPERFICIALI
 - 10 B. PROCESSI A LIVELLO DI CANOPY URBANA
 - 12 C. PROCESSI NELLO STRATO LIMITE URBANO
 - 13 D. EFFETTI URBANI DI PROCESSI ESOGENI
 - 15 E. IL BENESSERE BIOCLIMATICO (COMFORT)
- 18 CASO STUDIO: IL PARCO DUCALE DI PARMA**
- 19 CONCLUSIONI**
- 20 BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE**
- 22 LA RESILIENZA DEI SISTEMI URBANI**
 - 22 I CAMBIAMENTI CLIMATICI E GLI IMPATTI SULLA CITTÀ
 - 25 IMPATTI SULLA SALUTE UMANA
- 28 CONCLUSIONI**
- 29 RIFERIMENTI PRINCIPALI E LETTURE CONSIGLIATE**

Teodoro Georgiadis

Laureato in Fisica ed Astronomia, laureato magistrale in Pianificazione territoriale.

Primo Ricercatore all'Istituto di Biometeorologia del CNR di Bologna.

Si occupa di bilanci energetici superficiali nell'ambiente urbano e della mitigazione degli effetti delle interazioni tra atmosfera e costruito.

Attualmente è il delegato nazionale in IAMAS-IUGG (Associazione internazionale di Scienze dell'Atmosfera e Meteorologia). È stato responsabile del gruppo 'acque' nel capitolo 'Quartieri' di Leed-Italia. Membro CdA Consorzio ProAmbiente Rete Alta Tecnologia ER, Coordinatore Piattaforma Regionale ER Energia-Ambiente, Consigliere Regionale Anfea, Consigliere Regionale Colap, delegato nazionale Agi al tavolo Uni legge 4/2013.

Revisore Albi MIUR e MAP. Valutatore Esperto EC.



la progettazione del comfort

Si analizzano i fenomeni meteo-climatici che producono fenomeni di impatto sulle città ed in particolare sulle popolazioni urbane, così come la struttura stessa del sistema urbano possa influenzare il clima e la meteorologia a livello locale. Infatti, se da un lato i sistemi atmosferici a larga scala spaziale così come il regime climatico definito su ampia scala temporale determinano condizioni caratterizzanti il clima cittadino, è anche vero che i cambiamenti morfologici e strutturali del tessuto urbano, influenzando gli scambi di energia e materia in prossimità della superficie, possono determinare cambiamenti significativi del microclima.

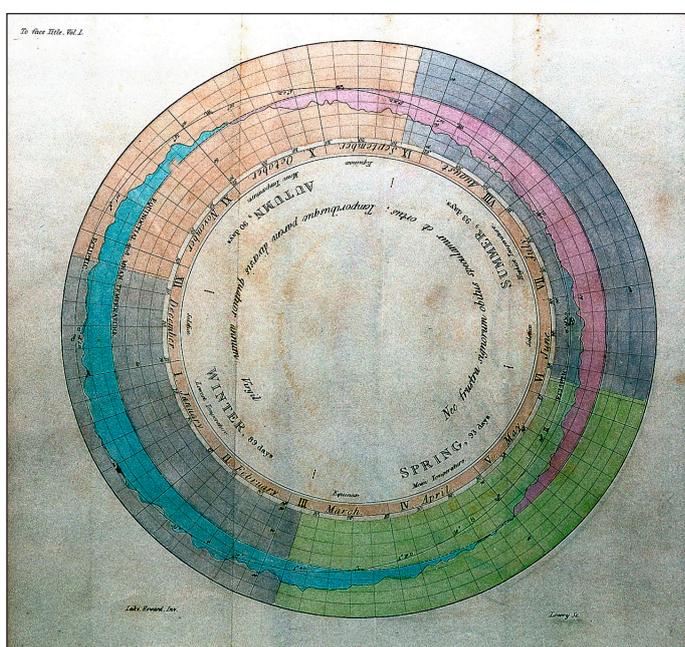
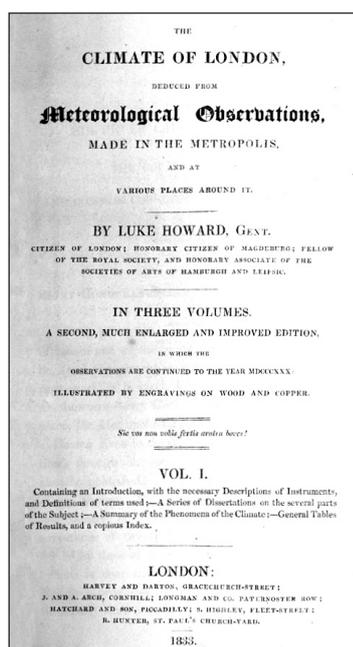
Lo studio delle relazioni che regolano il rapporto fra clima e città ha origine antiche ed il primo lavoro sistematico è dovuto a Luke Howard (1772-1864) che nel 1833 pubblicò 'The climate of London' (img.1-2) che, di fatto, segna la nascita della climatologia urbana come scienza applicata. Howard riuscì a sistematizzare circa trenta anni di osservazioni estraendo delle conclusioni che ancora oggi possono descrivere in modo coerente il funzionamento di questo rapporto duale.

Quello studio, infatti, non solo caratterizzava una delle prime metropoli industriali del mondo, ma indicava chiaramente che oltre all'influenza dei fenomeni meteorologici a grande scala era la città stessa, con la propria struttura e composizione, ad influenzare profondamente il clima locale intervenendo sul flusso anemologico, sulla distribuzione dell'umidità, e sul regime delle temperature differenziando i parametri ambientali della città dalle vicine zone rurali (img.3).

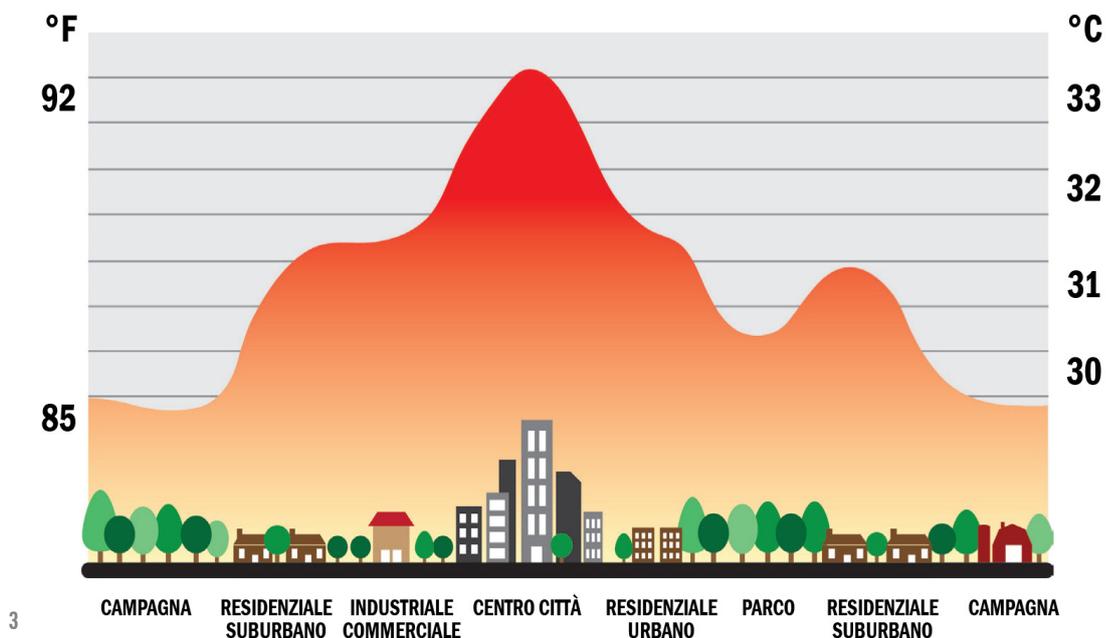
Seppur questo importante studio avesse aperto la strada per un maggior apporto speculativo di ricerca nel settore urbano, bisogna attendere fino a quasi la metà del secolo successivo per rinascere un interesse concreto nello studio delle relazioni clima-città. E' solo verso la fine degli anni '80, vuoi anche a causa del rinnovato interesse per il problema climatico

1. Il frontespizio originale del libro di Howard: 'The climate of London' (1833).

2. Immagine della pubblicazione 'The climate of London' (1833) che illustra l'andamento annuale della temperatura.



3. Rappresentazione grafica dell'isola di calore urbano. (© www.ecquologia.com)



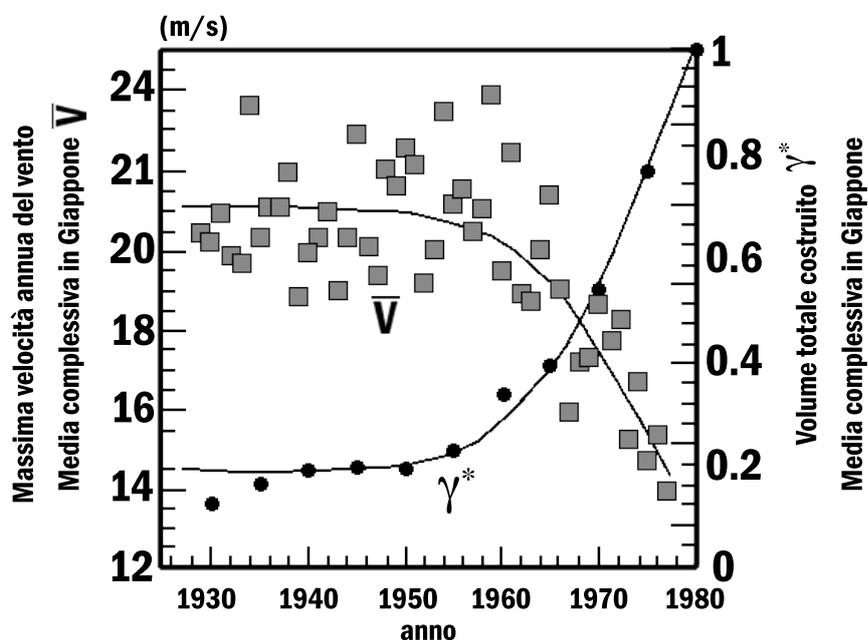
globale, che la forma della città incomincia ad essere modellata anche in senso fisico e non solo più prettamente urbanistico, incominciando anche a diffondersi in un più vasto pubblico non specialista il termine di **'isola di calore urbana'** che sembra sintetizzare in forma assiomatica un complesso sistema di relazioni di scambio energetico tra la superficie costruita e l'atmosfera. Questa può essere considerata come una conquista recente, che non contrasta ma, anzi, si affianca ad una consolidata visione urbanistica che vuole la città essere anche il risultato di un *genius loci*, risultato di uno spirito guida determinato e supportato anche dalla geografia e dalle condizioni climatiche che hanno fatto sì la città crescesse e prosperasse proprio in quel punto della mappa del mondo.

La capacità dell'uomo nel modificare l'ambiente per incrementare il proprio benessere si inserisce oggi nella dialettica naturale o di più primitivi insediamenti fino ad esplodere nelle contraddizioni delle moderne megalopoli, contraddizioni che devono essere l'impulso guida principale per condurre gli studi di climatologia urbana accoppiati a quelli urbanistici.

i processi

Per sottolineare quanto siano importanti le relazioni fisiche nel tessuto urbano anticipiamo una definizione, delle tante che si possono trovare in letteratura, relativa alla città ampia (L. Dijkstra e H. Poelman, 2012): “si definisce città ampia (large city) quell’agglomerato urbano ove esiste un areale all’interno del quale la velocità media del vento prevalentemente si azzera”. Anche se a prima vista non sembra esservi alcunché di rivoluzionario nella definizione, una analisi più attenta ci porta a scoprire che un concetto urbanistico-architettonico come quello di città vasta viene ad essere indicizzato non tramite le consuete caratteristiche morfologiche

4. Evoluzione delle relazioni tra la velocità del vento e il volume totale del costruito in Giappone. (©Yukio Tamura et al., 1999)



4

del territorio e dell’edificato, ma attraverso un parametro meteorologico. Infatti è l’interazione tra flusso d’aria e costruito a creare una forza di attrito che fa scemare la velocità del vento procedendo verso il baricentro del sistema urbanizzato) (img.4).

Da questo primo effetto possiamo già renderci conto come da questo tipo di interazioni possano discendere catene complesse di interpretazioni e progettazioni urbanistiche del vivere, ed in particolare del vivere in **condizioni di benessere**.

Per mettere a punto una rassegna ordinata dei diversi **processi di interazione clima-città**, e delle diverse scale sulle quali questi operano, conviene seguire una gerarchia crescente partendo quindi dalle microproprietà del tessuto urbano per concludere il nostro percorso sulle scale del dominio delle perturbazioni meteorologiche.

A. PROCESSI SUPERFICIALI

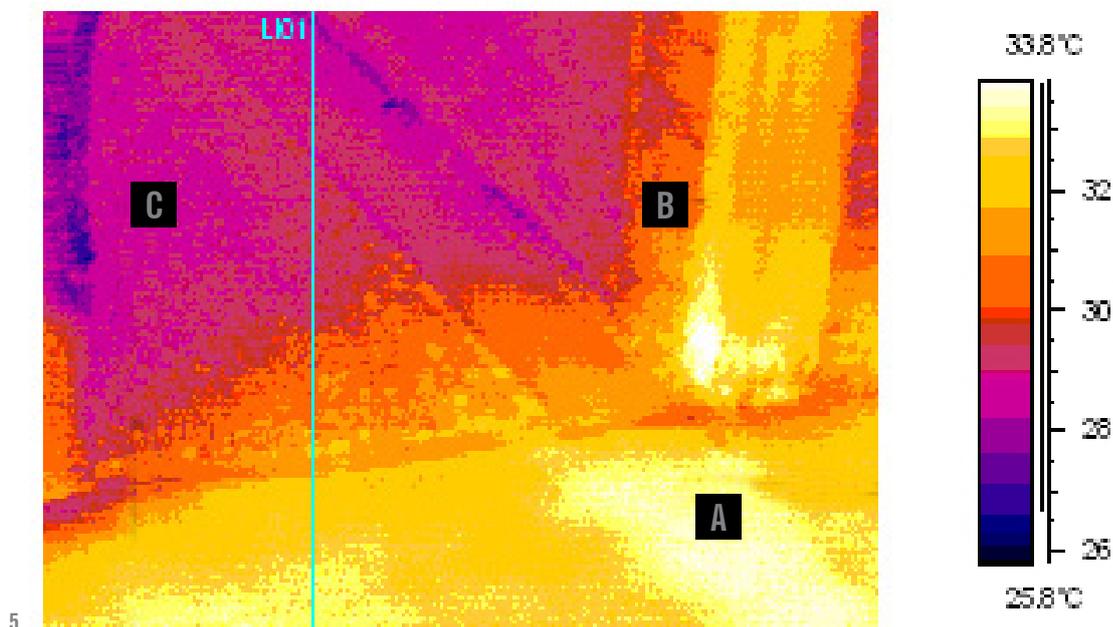
Il costruito dell'ambiente antropizzato presenta rispetto a quello naturale una elevata differenza in termini di proprietà ottiche e termiche delle superfici.

I materiali dell'ambiente urbano avranno comportamenti diversi in termini di assorbimento e riflessione della radiazione solare incidente rendendo così più o meno elevata la quota di radiazione disponibile (assorbita od utilizzata in diversi processi) alla superficie.

Per esempio, alla base di questo semplice processo è tutta la filosofia riguardante il raffrescamento delle città attraverso la tecnica dei 'cool roof', dei tetti freddi ovvero bianchi, che riflettendo una elevata quota di radiazione in ingresso nel sistema superficiale riducono l'ammontare energetico disponibile alla superficie. Insieme alle proprietà di 'colore' esiste anche come importante contributo la scabrezza delle superfici che, in base alla lavorazione, può intrappolare più o meno radiazione.

Affiancate alle proprietà ottiche sono quelle termiche, ovvero di inerzia termica, dei materiali che modulano il rilascio del tempo dell'energia radiante assorbita quale flusso di calore (detto sensibile), questo ciclo ha un marcato andamento giornaliero. Questo processo è quello che va direttamente ad influenzare le condizioni di benessere, in particolare per le fasce deboli della popolazione (bambini, anziani e malati), in quanto si evidenzia nel rilascio notturno di calore che, aumentando il disagio fisiologico, può incidere direttamente sul ciclo del sonno. Rispetto alla prima tipologia di interazione analizzata e basata sulle proprietà ottiche, questa è di più complessa definizione in quanto l'onda di flusso di calore dovuto all'inerzia termica è legata anche alla struttura ipogea dell'edificato che può funzionare da accumulatore di calore (img.5).

5. Andamento delle temperature in funzione delle proprietà superficiali dei materiali.
A / asfalto
B / travertino
C / ciottolato



Lo studio dei materiali storici e la rivalutazione di soluzioni architettoniche più antiche può risultare quindi nel prossimo futuro quale importante elemento di mitigazione del clima urbano. Piccoli cambiamenti nei materiali possono trasformarsi in grandi cambiamenti sul microclima.

Una terza interazione è dovuta alla permeabilità all'acqua dei materiali utilizzati. Infatti, un grande modulatore climatico sono i processi evaporativi ed evapo-traspirativi delle superfici che utilizzano energia della radiazione incidente per portare l'acqua dallo stato liquido a quello di vapore, sottraendo conseguentemente questa quota di radiazione ad altri processi di riscaldamento superficiale. Quando F.Undertwasser propose l'albero quale cittadino della città compì non solo un gesto rivoluzionario dal punto di vista culturale urbanistico, ma anche sotto una ottica di marcatissimo taglio fisico. Infatti, nessuna superficie rappresenta meglio della vegetazione la capacità di togliere quota della radiazione attraverso la funzione fisiologica dell'apertura stomatica. Altrettanto importante è il processo evaporativo in sé che si genera su un suolo nudo imbibito di acqua. Purtroppo, le nostre città vedono una pressoché totale impermeabilizzazione del suolo e la scomparsa della vegetazione: tutto questo si traduce in una maggior quota di radiazione disponibile per il riscaldamento superficiale e, fatto molto importante, in un rapido scarico in fogna della potenziale acqua meteorica dovuta alle precipitazioni, che dà poi luogo, anche se a chilometri di distanza a fattori nocivi dal punto di vista della stabilità del territorio e della linea costiera.

La semplice analisi di quello che avviene alla superficie già ci fa comprendere come alcune scelte urbanistiche sui soli materiali non possono essere prese condotti da un mero concetto di bellezza o di costi in quanto i riflessi potenziali possono incidere enormemente sul benessere dei cittadini.

B. PROCESSI A LIVELLO DI CANOPY URBANA (TETTI E COSTRUITO)

Il livello superiore di interazione è rappresentato dalla tessitura del costruito con i campi superficiali dei parametri ambientali, ad esempio il campo dell'intensità del vento, ed il loro mutare con il ciclo diurno.

In introduzione abbiamo visto come una caratteristica notevole della città di interagire con la **velocità del vento** fosse stata chiaramente evidenziata già verso la prima metà del 1800.

Attualmente prestiamo molta attenzione a questo processo che **contribuisce a formare, ovvero accrescerne l'intensità, dell'isola di calore urbana**. Il vento, infatti, rappresenta un elemento mitigante dei flussi di calore (basti pensare che negli apparati elettronici si alettano le superfici proprio per promuovere questo fenomeno), e il frenamento del flusso causato dall'attrito con le superfici del costruito riduce questa proprietà notevole del flusso anemologico. Da notare che anche in questo caso **la scabrezza delle superfici diviene importante, dove però con scabrezza si deve intendere la differenza media delle quote dei palazzi e la loro variabilità spaziale.**

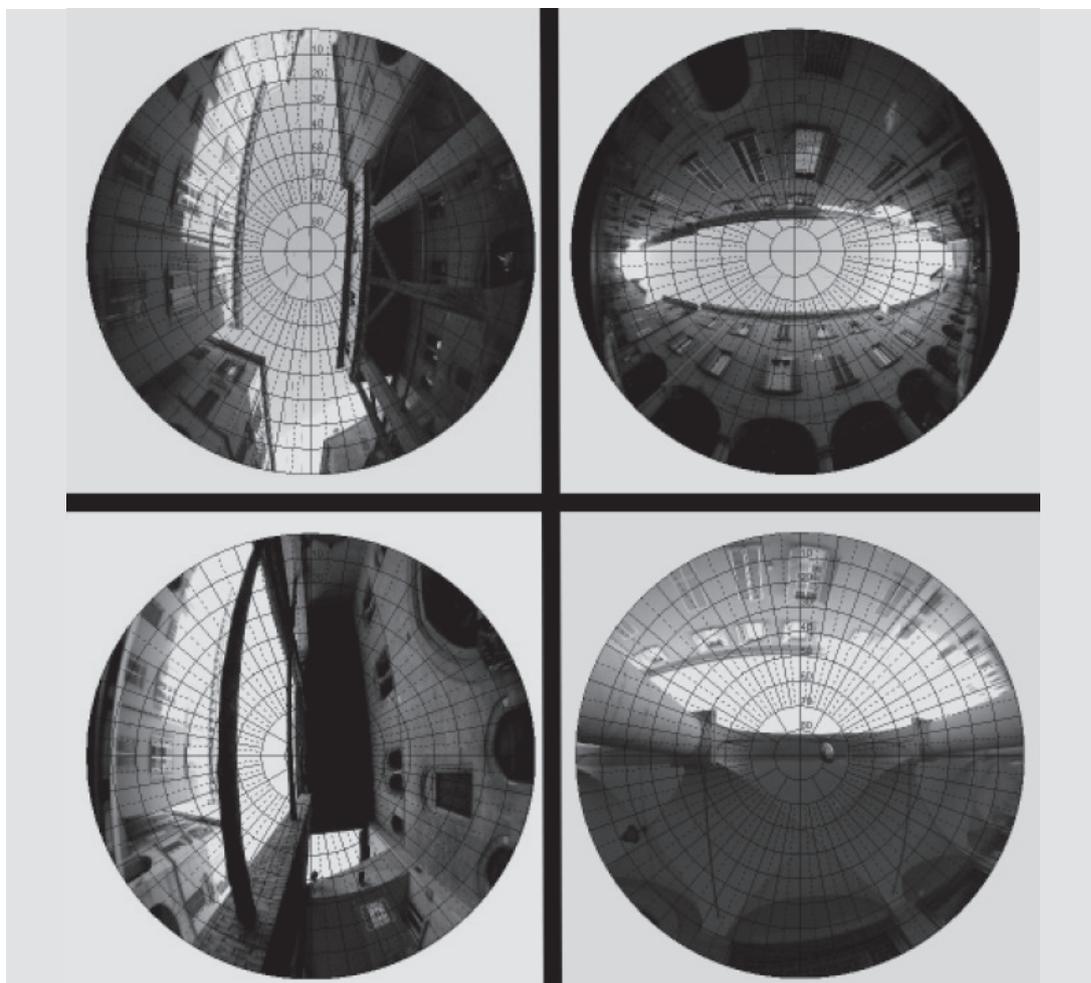
Stiamo quindi entrando in un livello di interazione dove **le decisioni urbanistiche (che riguardano il posizionamento delle volumetrie), ovvero politiche, esercitano un influsso diretto sulle**

interazioni della città con i parametri meteo-climatici e quindi ricadono sulle condizioni che formano poi il benessere fisiologico dei cittadini, rappresentato appunto dall'indice di benessere bioclimatico (vedi scheda).

Sinteticamente possiamo affermare che la scelta, politica, di posizionare del costruito nel tessuto urbano ha degli importanti riflessi, oggettivi, sul benessere delle popolazioni: questo tema appare talvolta non percepito dai pubblici amministratori che focalizzano la maggior parte della loro attenzione sulle politiche del carbonio (emissioni di CO₂) e trascurano il fatto che buona parte dei loro interventi quotidiani impattano molto più che queste sui loro amministrati. Il proliferare dei grandi parcheggi asfaltati o cementificati dei centri commerciali è un esempio evidente di questa mancanza di sensibilità ambientale, o meglio, una attitudine a seguire più facili slogan.

Così come per il campo di vento anche il campo di radiazione è il risultato dell'interazione della radiazione solare incidente con il costruito urbano. Qui, la struttura per definizione emblematica di questo rapporto è il canyon urbano: in questo luogo la radiazione entra e viene

6. Sky view factor in un tessuto urbano medioevale, a Bologna.



6

in parte assorbita ed in parte riflessa dalle pareti un numero di volte che è funzione stessa dell'altezza degli edifici e della larghezza della strada sulla quale questi insistono. L'indice che rappresenta questo rapporto si definisce sky view factor (SVF) (img.6) e rappresenta quella che ci piace definire 'la fame di cielo' del tessuto urbano che si riflette in un maggior assorbimento della radiazione e quindi in un aumento del regime delle temperature.

L'orientamento rispetto all'eclittica è quella che definisce poi la quota di radiazione assorbita in ogni singolo istante di un anno. Infatti, strade aventi gli stessi parametri urbanistici ma con orientamenti diversi sono soggette a diverse quote di energia raggianti incidente e assorbita.

Questi effetti locali, a livello di quartiere, influenzano prevalentemente il regime termico e possono essere mitigati mediante l'uso del verde urbano che, se opportunamente posizionato può fungere da pozza fredda e convogliare opportunamente i flussi d'aria alla superficie migliorando anche il rimescolamento atmosferico superficiale. Difficile però parlare di verde urbano ben posizionato in città dall'impianto prettamente medioevale dove, o il verde è stato preservato o, in alternativa, ben poco si può fare. Altra cosa è la progettazione di aree residenziali nuove dove si deve passare da un progetto del verde estetico ad un progetto di verde funzionale, studiato per migliorare il rendimento termico cittadino ed anche la qualità dell'aria potendo utilizzare alcune proprietà peculiari della vegetazione per l'assorbimento degli inquinanti.

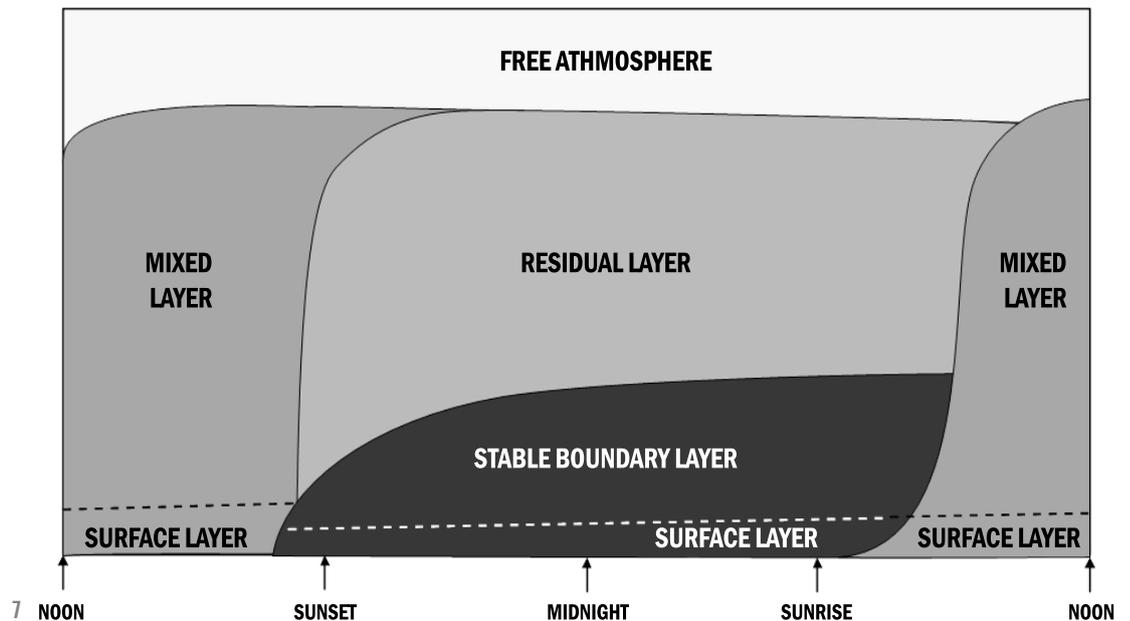
C. PROCESSI NELLO STRATO LIMITE URBANO

Come abbiamo visto, la città incomincia a configurarsi come un insieme di interazioni su diverse scale spaziali e temporali, fino a comportarsi come una specie di macro-organismo che pulsa e respira al ritmo del ciclo diurno della radiazione solare assorbita.

Da un punto di vista fisico, è possibile rappresentare questo 'respiro' attraverso lo studio della struttura dello strato limite planetario (PBL) (R.B. Stull 1988), ovvero quella quota sopra la superficie dove si fanno ancora sentire gli effetti delle interazioni superficiali. Nel caso delle città questo livello viene ad essere posto particolarmente in alto proprio a causa degli elevati flussi di calore che ivi si instaurano (tipicamente 1500 – 2500 metri). All'interno di questo strato avvengono i processi di rimescolamento che portano ad una omogeneizzazione dei parametri ambientali, compreso il contenuto di inquinanti presenti in atmosfera.

Come si può vedere dall'immagine 7, l'altezza è massima quando anche la radiazione ricevuta al suolo è massima, mentre si assottiglia durante la notte avendo poca disponibilità energetica per sostenere l'atmosfera. L'andamento proposto in figura è valido per ogni superficie, quello che cambia è solo l'altezza, per i motivi menzionati. Se però facessimo la fotografia ad un dato istante del giorno di questo strato sopra la città e nella prima campagna circostante ci accorgeremmo di un comportamento molto interessante.

7. Andamento dello strato limite planetario durante il giorno.
(© www.elte.prompt.hu)



La differenza di quota raggiunta dallo strato sopra la città rispetto alla campagna circostante diviene rimarchevole e si vengono quindi a formare delle termiche, ovvero delle strutture verticali sostenute dalla disponibilità termica sottostante che si sviluppano nel centro urbano trasportando anche tutti gli inquinanti prodotti a più alta quota. Raggiunta la quota massima permessa queste strutture invertono la loro direzione ma dirigendo progressivamente verso il confine del sistema urbano. Quello che risulta complessivamente è la formazione di una circolazione secondaria che racchiude la città producendo, inoltre, un effetto di aspirazione di aria dal sistema rurale circostante verso la città.

Questo fenomeno ha fortissime implicazioni sul benessere cittadino ed in particolare sulle concentrazioni di inquinanti. Infatti, si viene a formare un sistema dove gli inquinanti emessi in città ricircolano all'interno di questa con l'aggiunta di una parte di inquinanti esterni veicolati dall'effetto 'aspiratore' del centro urbano.

D. EFFETTI URBANI DI PROCESSI ESOGENI

Tra i fenomeni a grande scala che possono incidere con grande impatto sulle strutture urbane vi sono le 'enhanced precipitation', ovvero precipitazioni intensificate, che sarebbero originate dai cosiddetti cambiamenti climatici globali o dai grandi sistemi irrigativi e che produrrebbero una variazione imponente nel regime delle idrometeorie attraverso un minor numero di eventi ma di sempre maggior intensità per singolo caso. L'impatto risulta di particolare pericolosità per gli imponenti flussi di acqua che si possono sviluppare alla superficie e dove la drammatica alluvione di Genova del 4 novembre 2011 rappresenta un caso emblematico. In quel particolare caso è da sottolineare come lo studio di questi fenomeni e della mitigazione

degli impatti non possa prescindere da una accurata conoscenza anche dello stato ipogeo dei territori e delle modifiche che negli anni si sono prodotte ai sistemi drenanti, captatori e agli alvei.

Un altro fenomeno che sembra in fase di intensificazione è quello della **comparsa di tornado sulle città**. Per il forte impatto economico, sociale ed anche psicologico di questi fenomeni un studio più accurato appare necessario sia dal punto di vista fisico che da quello delle interazioni con le strutture costruite.

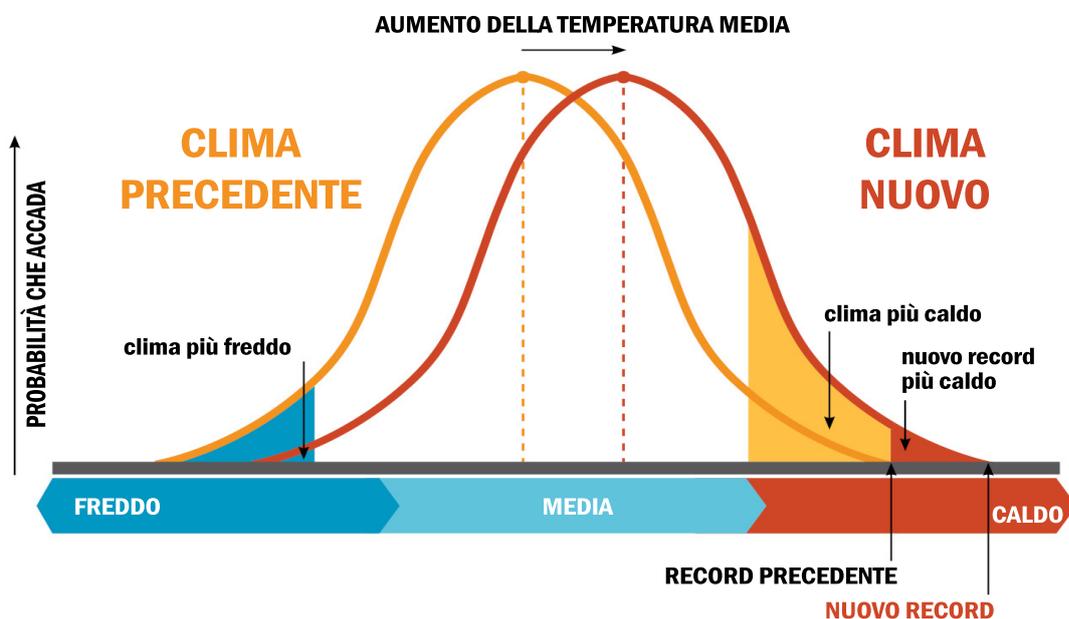
Analizziamo infine l'aspetto che ha avuto più diffusione, grazie alla popolarità prodotta dai mass media, che è quello relativo alle **onde di calore**

Le onde di calore sono fenomeni ad ampia scala, talvolta regionale ovvero continentale, come l'ormai famosa, o famigerata, onda di calore dell'estate 2003. Sono sistemi atmosferici di alta pressione che formano una specie di blocco su vasti areali permanendo anche per molti giorni. La durata e la differenza di temperatura raggiunta sono gli elementi che caratterizzano l'intensità di questi fenomeni. L'effetto più diretto causato è l'impatto sanitario sulle popolazioni: alla citata onda di calore del 2003 vengono ascritti alcune migliaia di decessi.

L'origine di questi sistemi barici che producono le onde viene ascritta ad un effetto secondario del riscaldamento globale: questa spiegazione è ancora causa di dibattito scientifico ma sarà arduo riuscire a chiarire questo aspetto in un futuro prossimo anche a causa della attuale imprevedibilità del fenomeno. La ricerca sta però cercando di capire almeno la tendenza delle occorrenze del fenomeno (img.8) per capire se bisognerà attendersi sempre più alti impatti sulle popolazioni, anche per la valutazione della stima dei costi sanitari e sociali.

8. Andamento decade delle onde di calore e grafico che sintetizza l'aumento delle temperature (©www.climateprediction.net)

DECADE	N. DAYS	%
1951-1960	227	21
1961-1970	134	12
1971-1980	91	8
1981-1990	234	21
1991-2000	413	38
Totale	1.099	100



8

L'onda di calore è un fenomeno esogeno al sistema urbano ma appena questa occorrenza avviene su un territorio antropizzato è evidente che gli eventuali effetti dell'isola di calore esistente a causa dell'edificato si vanno a sommare con quelli dell'onda di calore risultando così valori di temperatura elevatissimi.

Abbiamo già visto che la città in quanto tale tende a frenare i flussi anemologici facendo così aumentare le temperature, l'onda di calore associata ad una situazione barica di alta pressione accentua quindi ancora di più questo effetto. I materiali del costruito incamerano così elevate quantità di energia rilasciandole durante la notte e facendo sì che lo stress fisiologico si protragga senza tregua per giorni e giorni. Quasi sempre durante questi periodi l'inquinamento atmosferico, quello fotochimico in particolare, risulta particolarmente attivo in quanto coesistono tutte le condizioni favorevoli alla sua massimizzazione.

È evidente che problematiche globali quale quella del cambiamento climatico necessitano di politiche di mitigazione di grande respiro internazionale e ben difficilmente si potrà agire a livello locale sulla riduzione delle occorrenze delle onde di calore. Una parte però della mitigazione ed adattamento a questi impatti può essere esercitata pianificando con politiche opportune la fisiologia ed il metabolismo della città così da ridurre almeno una quota, che può essere considerevole, degli effetti avversi sulle popolazioni.

E. IL BENESSERE BIOCLIMATICO (COMFORT)

Si definisce con **indice di benessere bioclimatico** una procedura statistica in grado di correlare i parametri micro-meteorologici con una sensazione percepita di benessere o disagio fisiologico. Questo parametro fonda le proprie radici sul bilancio energetico di un essere umano posto al centro del sistema che vogliamo analizzare, bilancio contemperante anche la tipologia degli indumenti indossati e l'attività fisica in essere al momento della stima.

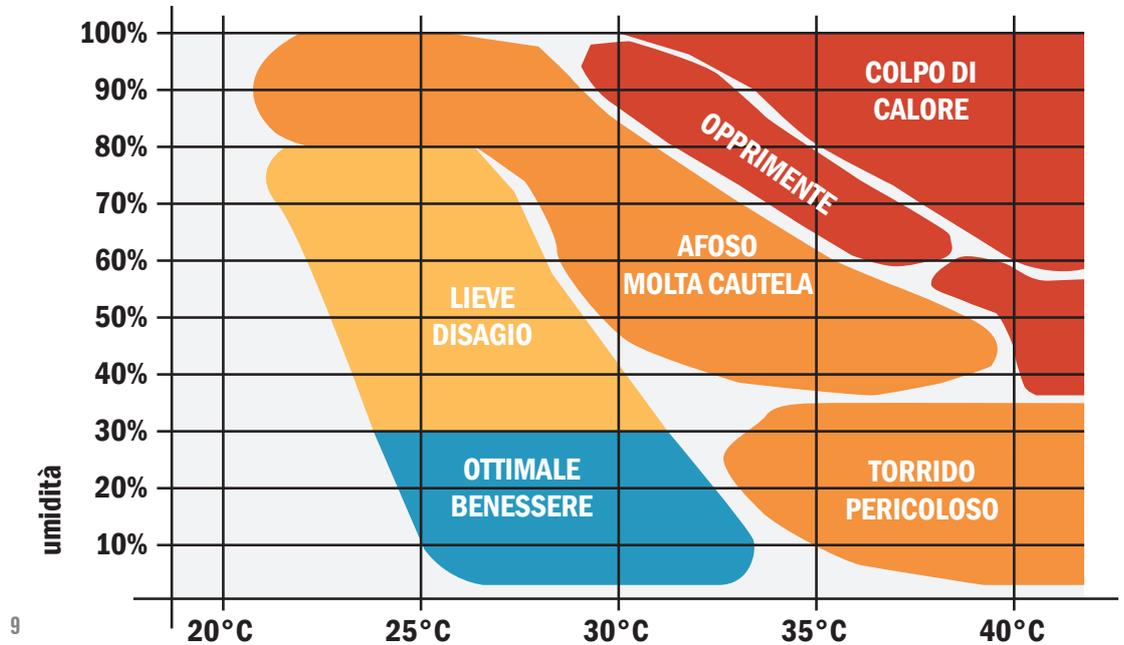
Esiste una grande varietà di indici bioclimatici basata su formulazioni empiriche che si applicano a diverse situazioni: per esempio esistono indici che meglio si applicano in situazioni calde ed altri a fredde, o con più o meno accentuate velocità del vento. La scelta è spesso di tipo squisitamente operativo e legata anche alla disponibilità di misure di specifici parametri atmosferici.

Uno degli indici più utilizzati è quello definito **Indice Termo Igrometrico (THI)** e definito come:

$$THI = Ta - (0.55 - 0.0055 * Ur) * (Ta - 14.5)$$

dove Ur è l'umidità relativa (espressa in percento) e Ta la temperatura dell'aria (°C). Dalla struttura della formula ci si rende immediatamente conto dell'empiricità di questa.

Il risultato dell'applicazione del funzionale dà origine ad un diagramma nel quale diverse aree, generate dalla combinazione dei parametri elencati, rappresentano le diverse classi di comfort fisiologico (img.9).



Molto sommariamente un indice di THI compreso tra 15 e 20 rappresenta una situazione di comfort, mentre maggiore di 20 caldo e minore di 15 fresco passando ovviamente per diverse altre classificazioni. Questo specifico indice non tiene conto della velocità del vento e quindi eventuali variazioni dovranno essere computate a parte a causa del 'chilling factor' ovvero della sensibilità del corpo umano a sentire un sovra raffreddamento in presenza di vento.

Il comfort fisiologico rappresenta quindi uno stato di equilibrio tra l'individuo e l'ambiente circostante, ovvero un bilancio dell'energia entrante con quella in uscita. Molte sono le parametrizzazioni sviluppate per definire questo equilibrio, tutte di sorgente empirica, che meglio si adattano alle diverse situazioni: esistono, infatti, formule che si applicano in condizioni estreme invernali, ed altre meglio tarate per i regimi caldi. Una parametrizzazione in particolare ha trovato vasta applicazione nella modellistica numerica di questi fenomeni, e viene chiamata PMV che corrisponde a 'predicted mean vote', voto medio previsto, che dà come risultato un valore numerico su una scala con range -3 (indice di sensazione di troppo freddo) a +3 (indice di sensazione di troppo caldo), dove lo zero rappresenta lo stato di benessere termico. Tale indice ha anche la notevole proprietà di descrivere molto rigorosamente le condizioni di comfort nelle situazioni outdoor.

La possibilità di descrivere il benessere (comfort) e quella di modellarne il comportamento in funzione di diverse opzioni progettuali permette quindi di creare uno strumento operativo per le amministrazioni locali, di notevole potenza rispetto al passato, ovvero la possibilità di scegliere le condizioni ottimali del disegno architettonico per massimizzare il comfort delle popolazioni residenti nella fruizione degli spazi pubblici.



I Giardini del Turia - Jardí del Túria di Valencia, un parco di 110 ettari che rappresenta il più grande giardino urbano di Spagna. Realizzato nel 1986 nell'antico letto del fiume Túria, che venne prosciugato come misura preventiva al fine di evitare le periodiche alluvioni

che affliggevano la città. I Giardini oggi ospitano numerosi parchi, spazi tematici con giochi per bambini, campi sportivi, il giardino botanico e la Ciutat de les Arts i les Ciències di Calatrava.

(© VLC Valencia)

caso studio: il Parco Ducale di Parma

Si riporta a titolo di esempio una valutazione di comfort condotta dal CNR-IBIMET sul **Parco Ducale di Parma** che subì, durante la guerra di successione del Ducato, il taglio pressoché totale delle alberature, per permettere alle truppe colà stanziate di superare l'inverno. Il Parco fu in seguito completamente piantumato ma il gioco di modellazione ha esplorato l'ipotesi di una Parma odierna dove la scelta storica avrebbe potuto essere diversa e gli allora reggenti avessero deciso di costruire secondo canoni urbanistici della vecchia città.

Nell'immagine 10 sono riprodotti i due diversi progetti: il primo con un Parco Ducale non ripristinato e con solo alcune alberature di abbellimento tra le case, il secondo con il Parco Ducale come si presenta ancora oggi.

Le successive analisi del comfort e degli altri parametri fisici condotte su queste due ipotesi di architettura urbana hanno indiscutibilmente dimostrato come la **presenza del Parco ducale rappresenti un formidabile strumento di mitigazione urbana**.

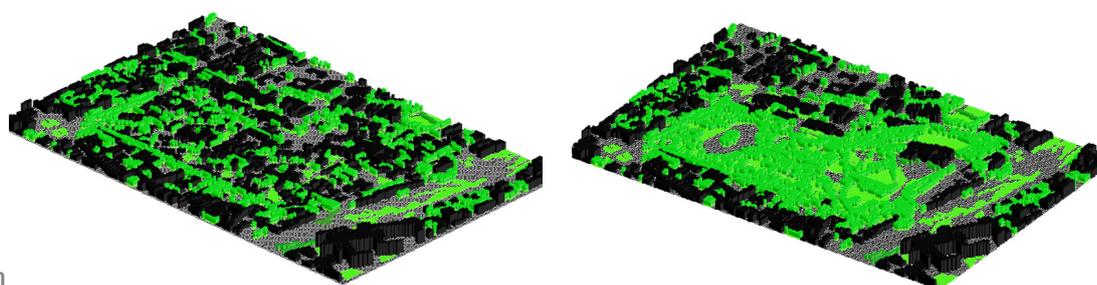
Nell'immagine 11 sono rappresentati i flussi di drenaggio anemologico nelle due condizioni. Sappiamo bene ormai come il disaccoppiamento del vento medio dalla struttura urbana causi la formazione di aree con elevati flussi di calore (dalla definizione di città vasta) con conseguente peggioramento delle condizioni di comfort.

In queste simulazioni è evidente come la permeabilità di una città meno compatta, rappresentata questa permeabilità dalla presenza del parco, faccia sì che i flussi drenanti penetrino molto più in profondità con una conseguente migliore azione mitigante.

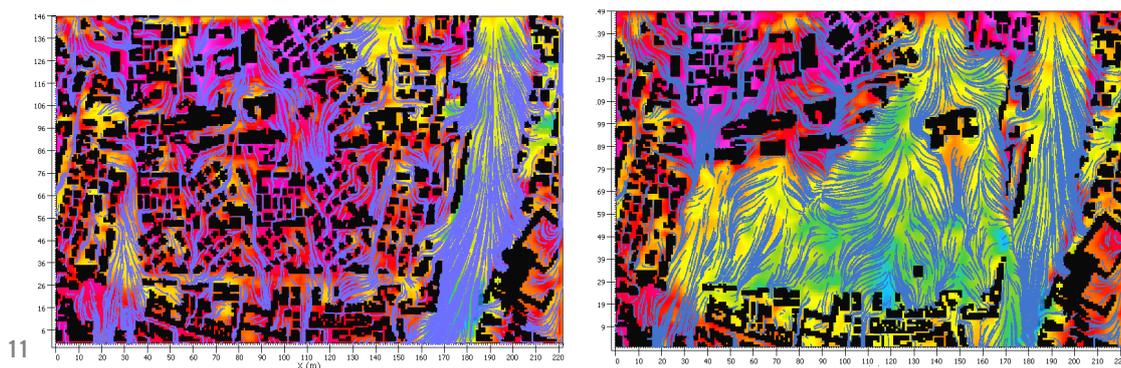
10. Le simulazioni ENVI-MET di Parma senza parco (a sinistra) e con parco (a destra)

11. Flussi di drenaggio senza parco (a sinistra) e con parco (a destra)

(© elaborazioni CNR IBIMET)



10



11

conclusioni

Abbiamo esplorato le diverse interazioni tra clima urbano e costruito ed abbiamo potuto accorgerci quanto l'organizzazione urbanistica della città in termini di distribuzione degli spazi e dei materiali influenzi la formazione di un clima locale a cui sarà poi sottoposta la popolazione. Abbiamo compreso che la forzante che domina questi processi è quella della cattura o riflessione della radiazione solare incidente unita alla circolazione anemologica locale che rappresenta un flusso mitigante (come quello dei refrigeratori). Abbiamo, inoltre, esplorato in parte la dimensione delle simulazioni modellistiche del benessere che si presentano quali potenti strumenti diagnostici e prognostici della progettazione degli spazi urbani.

Il passo richiesto quindi verso un futuro più sostenibile, e con lo sguardo rivolto all'inclusione ed alla difesa delle fasce sociali deboli quali anziani, malati e infanzia, non può prescindere dall'uso di questi strumenti culturali e fisico-matematici quando si devono mettere in essere dei cambiamenti sul territorio e del territorio: si è quindi oggi in presenza di una responsabilità nuova per le pubbliche amministrazioni che non possono non sapere o non stimare gli effetti delle loro scelte.

bibliografia essenziale

L. Dijkstra e H. Poelman, 2012
CITIES IN EUROPE THE NEW OECD-EC DEFINITION
E.C. RF 01/2012, pag. 16

Rosenfeld, D., 2000
SUPPRESSION OF RAIN AND SNOW BY URBAN AND INDUSTRIAL POLLUTION
Science, 287, pp. 1793-1796

R.B. Stull, 1988
AN INTRODUCTION TO BOUNDARY LAYER METEOROLOGY. DORDRECHT
Boston, Kluwer Academic Publishers
Atmospheric sciences library, pag. 666

Y. Tamura, T. Ohkuma, H. Okada, J. Kanda
Wind loading standards and design criteria
in **JAPAN JOURNAL OF WIND ENGINEERING AND INDUSTRIAL AERODYNAMICS**
Vol.83, pp.555-566, 1999

la resilienza dei sistemi urbani

I CAMBIAMENTI CLIMATICI E GLI IMPATTI SULLA CITTÀ

Le città sono al tempo stesso i maggior emettitori di GHG (dati della Banca Mondiale segnalano che sono responsabili di circa il 40% delle emissioni globali di gas serra), e tra i sistemi più vulnerabili ai rischi legati al cambiamento climatico.

Le città sono sotto pressione in molte parti del mondo e sono spesso tese al limite della loro resilienza (ovvero la capacità di sopravvivere al cambiamento). Il cambiamento climatico e la sua variabilità aumentano la frequenza, e favoriscono, una lunga durata delle ondate di calore, inducono siccità e inondazioni sempre più frequenti e intense, e moltiplicano le inondazioni costiere e fluviali. Tra gli altri impatti, le **conseguenze negative sulla salute umana** sono senza dubbio le più importanti minacce climatiche nelle aree urbane, per le conseguenze sociali sul gran numero di persone che popolano insediamenti urbani.

Gli **effetti diretti** sui decessi possono derivare da eventi estremi come cicloni, mareggiate e gelate possono danneggiare alberi e strutture. Altri **effetti indiretti** dovuti agli stessi eventi estremi sono case distrutte, un accesso limitato all'acqua pulita e cibo, e l'esposizione alla contaminazione biologica e chimica che può aggiungere e provocare l'aumento di focolai di malattie.

La necessità di una transizione urbana verso una gestione più sostenibile è stato ampiamente riconosciuta dall'Urban Climate Change Research Network (<http://uccrn.org>), che evidenzia l'urgenza delle città nel capire la loro vulnerabilità al cambiamento climatico, e la loro necessità di mettere in atto risposte adattative. Il UCCRN riconosce anche l'importanza di molte buone pratiche già sviluppate e adottate da molte città di tutto il mondo, che possono essere adattate alle specifiche esigenze locali e poi adottate a larga scala per aprire la strada un futuro più sostenibile.

12-13. Progetto di ecoquartiere a Copenhagen [DK] dove la trasformazione degli spazi pubblici è stata progettata per gestire in maniera efficiente ed efficace i cambiamenti climatici e sfruttare parchi e giardini, piste ciclabile e piazze per fare fronte alle inondazioni e/o bombe d'acqua in inverno e alle ondate di calore in estate.
(© Tredje Natur)



12

Molteplici fattori di stress agiscono nel rendere l'ambiente urbano complesso fortemente vulnerabile. Il sistema idrico urbano all'interno di una città è molto complesso, e il ciclo di utilizzo di acqua può essere messo fortemente sotto pressione dalle condizioni climatiche. L'aumento di intensità di precipitazione su superfici impermeabili può infatti superare la capacità dei sistemi di drenaggio esistenti. Qualità e la quantità dell'acqua in molte città sono state compromesse da un aumento della siccità e aumento delle inondazioni. Questi due fenomeni combinati richiedono interventi di innovazione sui sistemi di gestione dell'acqua a diverse scale di intervento attraverso l'adozione di accordi intercomunali ed interregionali per la gestione delle infrastrutture. La gestione della città nelle zone costiere ha l'obbligo di prendere in considerazione potenziali eventi di innalzamento del livello del mare, mareggiate più intense, l'intrusione di acqua salata e di cedimento del terreno, i quali possono variare notevolmente spazialmente nel carattere ed intensità.

L'ampiezza e le conseguenze ambientali ed economiche di eventi legati all'acqua sono impressionanti. A Buenos Aires, ad esempio, i danni da inondazione è calcolato crescere fino a US \$ 80 milioni l'anno entro il 2030 (Rosenzweig et al., 2011) senza tener conto della perdita di produttività delle aree colpite dalle inondazioni. L'uragano Katrina che è avvenuto a New Orleans nel 2005, ha causato una perdita di 1.833 vite umane e danni economici valutati pari a 125 miliardi di \$ USA.



13

Alcuni potenziali strategie per l'acqua sono (Water Scarcity Group, 2006):

- riduzione di acqua non fatturata attraverso l'individuazione, la riparazione e la riduzione dei prelievi non autorizzati;
- revisione e modifica di impianti per lo stoccaggio delle acque sotterranee e di superficie per renderli meno vulnerabili a periodi di inondazioni o siccità;
- investire in nuove tecnologie come raccolta dell'acqua piovana e il riutilizzo delle acque;
- istruzione pubblica, miglioramento della gestione (sociale, ambientale ed economica) sul consumo di acqua e la conservazione;
- elettrodomestici efficienti, risparmio nei processi industriali e agricoli.

Insieme con gli impatti generati dalle forti alterazioni del ciclo dell'acqua, che portano a fenomeni di precipitazioni violente, il sistema energetico, dei trasporti e la salute pubblica sono i principali settori nei quali gli impatti dei cambiamenti climatici colpiscono maggiormente le città.

L'energia è ampiamente utilizzata nelle città, per la vita quotidiana e trasporto. La domanda di energia aumenta o diminuisce in funzione dell'influenza del clima (meno riscaldamento invernale e più aria condizionata in estate). L'aumento del numero di ondate di calore estivo (Mishra et al. , 2015) si traduce in domanda di energia superiore per l'aria condizionata: nelle città cinesi, il numero di famiglie con i condizionatori d'aria è aumentato drammaticamente negli ultimi 15 anni (Dickson et al, 2009). Per ogni città, una specifica analisi per determinare gli impatti complessivi del cambiamento climatico sulla domanda di energia dovrebbe essere fatto per consentire il risparmio e la mitigazione: un minor consumo di energia porta il vantaggio di diminuire l'elevato costo dell'energia stessa e riducendo le associate emissioni di gas serra. Tale risparmio energetico, permettendo di conseguenza una carenza nelle spese complessive di una famiglia, può fortemente favorire la lotta contro la povertà di carburante (Fabbri, 2015), che è anche un problema emergente del sistema città, che è dipendente da tre fattori principali: reddito basso famiglia, i prezzi dell'energia, e prestazioni energetiche dell'edificio.

I passi per ridurre la domanda di energia e le emissioni di carbonio comprendono lo sviluppo di programmi *on-demand* e l'uso di energie alternative, come le energie rinnovabili. Tali azioni proattive possono in effetti in modo efficiente produrre risparmio con feedback positivi indiretti, aumentando la resilienza alle inondazioni, tempeste e dei rischi legati alla temperatura.

La vita in città è fortemente energivora: secondo la quarta relazione del 2007, le emissioni dovute al settore dei trasporti quantifica per il 23% le emissioni dalle città dei gas serra del mondo. Le città negli ultimi anni hanno adottato e migliorato diverse strategie per ridurre la quantità di emissioni, promuovendo la mobilità urbana sostenibile attraverso la realizzazione di percorsi ciclabili e pedonali, e aumentando la quantità di sistemi di trasporto pubblico intorno e nella città. Alcune città utilizzano strumenti normativi e di *pricing* per ridurre il numero di veicoli

privati sulle strade e la tempistica del loro uso. Altre città promuovono l'utilizzo di combustibili più efficienti e a basso impatto.

Le strategie di mitigazione e di adattamento sono molteplici e comprendono:

- l'uso del territorio e la pianificazione dei trasporti;
- l'aumento dell'utilizzazione di canali sotterranei e bacini di raccolta per gli eventi di precipitazione e alluvionali;
- la sostituzione delle pavimentazioni stradali con materiali permeabili e superfici con tetti verdi;
- misure speciali operative quali la chiusura del traffico durante gli eventi estremi;
- informazioni multimediali sulle condizioni delle strade.

IMPATTI SULLA SALUTE UMANA

Inquinamento atmosferico urbano e ondate di calore urbane sono evidenti e ricorrenti argomenti di discussione nella scienza, nella politica e a livello di sanità pubblica.

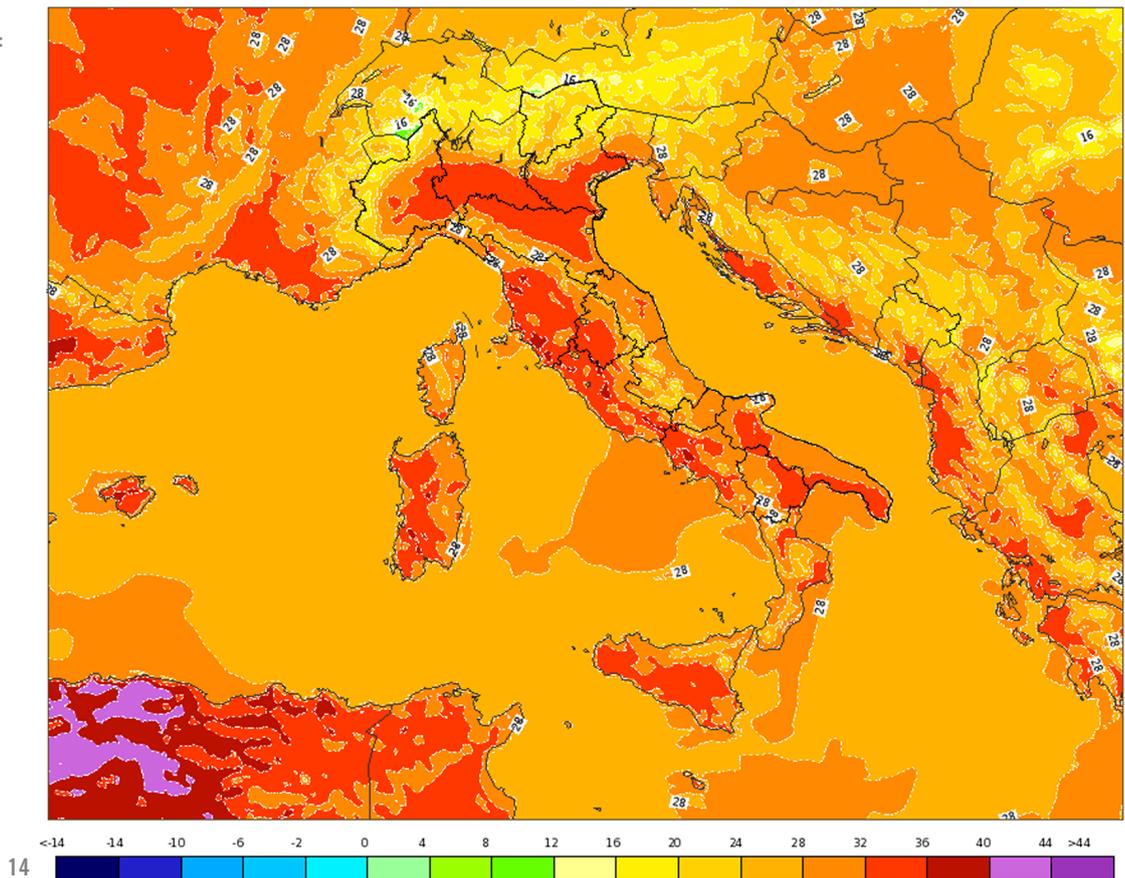
L'Organizzazione Mondiale della Sanità fornisce il monitoraggio della concentrazione degli inquinanti urbani e dei loro effetti sulla salute umana. **Le nuove stime pubblicate, riportano che nel 2012 circa 7 milioni di persone sono morte - uno su otto dei decessi globali totali - a seguito di esposizione agli inquinanti atmosferici. Questa ricerca conferma che l'inquinamento atmosferico è oggi il più grande rischio per la salute.**

Il 3.0 GCM NCAR CCSM con lo scenario A1B emissioni di gas serra mostra che in diverse città le temperature medie dovrebbero aumentare da 1 a 4 °C. **L'ondata di caldo europea del 2003, dove l'Italia, la Francia, Spagna, Germania, Portogallo, Svizzera hanno registrato un totale di 72.210 decessi legati al calore, è un esempio particolarmente indelebile del costo potenziale di una mancanza di preparazione al cambiamento climatico. Ondate di calore più elevate e più lunghe influenzano direttamente le condizioni di benessere, in particolare per i gruppi vulnerabili (bambini, anziani, e malati) (Cardelino et al, 1990;. Sillman et al, 1995;. Changnon et al, 1996;. McMichael 2000).**

In una città, il microclima differisce significativamente dalle zone circostanti e può portare al verificarsi di eventi esacerbati di maggiore disagio e ad impatti diretti sulla salute umana come: difficoltà respiratorie, ictus fatali e non fatali e l'alterazione del ciclo del sonno. Kalkstein et al. (2011) ha stimato che, per quaranta grandi città degli Stati Uniti, nei decenni 1975-2004, EHEs (episodi di caldo eccessivo) hanno causato un'ulteriore perdita di 1.300 vite all'anno.

Impatti sociali per elevati valori di EHE includono non solo la mortalità, ma anche la morbilità, causando eccessi nelle ammissioni ospedaliere. Durante l'ondata di caldo di Chicago nel 1995, che durò più di una settimana, più di 1072 presenze in eccesso sono state registrate con un

14. Ondata di calore in Italia: le temperature registrate il 18 Agosto 2012
(© Servizio meteorologico dell'Aeronautica militare)



incremento di circa l'11% rispetto alle condizioni standard. La maggior parte di questi eccessi (56%) necessitano di trattamenti per la disidratazione, colpi di calore e colpi di calore. L'analisi della co-morbilità ha rivelato anche ricoveri in eccesso per le malattie cardiovascolari, diabete, malattie renali e disturbi del sistema nervoso (Semenza et al., 1999). Legate al colpo di calore si hanno diagnosi di disturbi idro-elettrolitici e sbilanciamenti acido-base, insieme a crisi renale acuta a seguito di disidratazione. Un aumento del 20% per polmoniti ed enfisema è stato trovato a causa del clima caldo e umido. Le persone affette da diabete sono altamente vulnerabili ai rischi durante le onde di calore (Semenza et al., 1999).

Durante l'ondata di calore dell'estate del 2003, un EHE di straordinaria proporzione storico ha colpito l'Europa occidentale. È stato infatti stimato che eventi di scala simile non si erano mai verificati negli ultimi 150 anni. Le temperature sono rimaste ben al di sopra della media climatologica per circa tre mesi (1 ° giugno al 31 agosto) su una regione geografica che andava dalla Penisola Iberica fino alla Germania e all'Italia, e principalmente centrata sulla Francia. In quest'ultimo paese, le temperature hanno superato 38 °C per una settimana intera. Questa era 6 °C superiore alla temperatura massima media, mentre le temperature minime giornaliere erano

anche estremamente superiori alla media (Kalkstein et al., 2008). **La mortalità da calore è stata assunta superare i 15000 casi solo in Francia (Koppe et al., 2004; Poumadère et al., 2005).**

Uno studio epidemiologico dell'EHE del 2003 (Conti et al., 2005) ha fortemente sottolineato il ruolo della UHI durante il verificarsi di ondate di calore e ha dimostrato che **l'aumento della mortalità per lo più si è verificato negli anziani residenti nelle città.** Esposizione al calore e durata dell'ondata di calore hanno mostrato avere una particolare forte impatto sulla mortalità delle donne e degli individui precedentemente ospedalizzati per disturbi mentali e malattie cardiovascolari.

È chiaro come sia urgente lo sviluppo di strategie di gestione urbana in grado di ridurre tali forti impatti sulla salute dei cittadini.

Le strategie di adattamento principali devono partire dalle aziende sanitarie locali, che possono intraprendere azioni a vari livelli e fornire informazioni sugli effetti del cambiamento climatico e le sue minacce sulla salute della popolazione urbana. Sistemi di allarme rapido possono essere strumenti molto utili per fornire avvertimenti strategici agli abitanti informandoli sugli eventi meteorologici estremi in arrivo e renderli in grado di reagire. A lungo termine, le forme tattiche di adattamento urbano ai cambiamenti climatici includono la piantagione di alberi, l'adozione di tetti verdi e riflettenti e marciapiedi permeabili che possono ridurre l'intensità e la dimensione dell'isola di calore urbana, e la creazione di regolari piani di emergenza in caso di inondazioni.

conclusioni

Come riportato qui, le caratteristiche specifiche del clima urbano richiedono approccio di studio specializzato e una **visione integrata** per scoprire e esaminare criticamente le soluzioni per le questioni relative alla qualità della vita degli abitanti della città.

La ricerca scientifica deve quindi essere concentrata nella comprensione dei processi che determinano il clima urbano nonché gli effetti che ne derivano per i residenti della città. Politiche urbane per le grandi città, al fine di proteggere le popolazioni vulnerabili, devono essere in grado di proiettare gli effetti dei cambiamenti non solo in vista della modifica del clima globale, ma anche in vista delle modifiche prodotte dai *decision maker* a scala locale. Questo significa sviluppare strumenti in grado di modellare scenari futuri che utilizzino una ampia conoscenza. Tale conoscenza, per essere efficacemente traducibile in strumenti operativi, non può essere basata solo sulla progettazione urbanistica o architettonica, ma deve essere sostenuta da un forte approccio scientifico. Lo stato dell'arte consente ora di applicare ragionevolmente e con successo rappresentazioni realistiche delle principali caratteristiche dell'ambiente urbano e il suo metabolismo. Il principale ostacolo all'utilizzo di tali metodologie non è collegato allo strumento stesso, ma al fatto che l'intelaiatura di un ampio piano generale non sia ancora stata sviluppata, così che i problemi derivanti in diverse città sono avvicinati singolarmente dai policy-maker senza una strategia unitaria. Inoltre, il dialogo tra conoscenza e decisori politici, che dovrebbe essere strategico, è ancora insufficiente.

Alcune amministrazioni pubbliche hanno molto recentemente considerato l'utilizzo di indici bioclimatici come indicatori di benessere: esiste, inoltre, una apertura di un dibattito circa l'opportunità di codificare lo sviluppo economico, al contrario di prodotto interno lordo convenzionale (PIL,) nel calcolo della felicità interna lorda (FIL) (Helliwell et al., 2013).

Pratiche di *governance*, utilizzo del territorio, pianificazione e gestione sono fortemente interconnessi con le minacce del cambiamento climatico. Gli amministratori locali, e l'ambiente di *governance* in generale, possono influenzare ciò che è e sarà realmente fatto. I progressi per affrontare adeguatamente le strategie di mitigazione del cambiamento climatico richiedono una gestione efficiente, politiche basate sulla scienza, finanziamento, coordinamento giurisdizionale, e la partecipazione dei cittadini. La partecipazione dei cittadini, in particolare, dovrebbe rappresentare non solo un obiettivo, ma anche una bussola per i comuni per costruire politiche in cui il benessere della popolazione residente rappresenta saldamente il cuore di un sistema urbano realmente sostenibile.

riferimenti principali e letture consigliate

Bugliarello, G. (2003).

LARGE URBAN CONCENTRATION: A NEW PHENOMENON
Earth Science in the City: A Reader, 7-19

Cardelino, C.A., and Chameides, W. L. (1990)

"NATURAL HYDROCARBONS, URBANIZATION, AND URBAN OZONE"
J. Geoph. Res. 95(D9): 13971–13979

Carmin, J., Nadkarni, N., and Rhie, C. (2012)

PROGRESS AND CHALLENGES IN URBAN CLIMATE ADAPTATION PLANNING: RESULT OF A GLOBAL SURVEY
Cambridge, MA: MIT, pp.30

Carter, J.G., Cavan, G., Connelly, A., Guy, S., Handley, J., and Kazmierczak, A. (2015)

CLIMATE CHANGE AND THE CITY: BUILDING CAPACITY FOR URBAN ADAPTATION
Progress in Planning, 95, 1-66

Changnon S.A., Kunkel, K.E. and Reinke, B.C. (1996)

"IMPACTS AND RESPONSES TO THE 1995 HEAT WAVE: A CALL TO ACTION"
Bulletin of the American Meteorological Society 77: 1497–1506

Conti S., Meli P., Minelli G., Solimini R., Toccaceli V., Vichi M., Beltrano C., Perini L. (2005)

"EPIDEMIOLOGIC STUDY OF MORTALITY DURING THE SUMMER 2003 HEAT WAVE IN ITALY"
Environ. Res. 98:390-399

Dickson, E., Baker, J. L., Hoorweg, D., and Tiwari A. (2009)

"URBAN RISK ASSESSMENTS UNDERSTANDING DISASTER AND CLIMATE RISK IN CITIES. URBAN DEVELOPMENT SERIES WORLD BANK"
pp.256

Fabbri, K. (2015)

BUILDING AND FUEL POVERTY, AN INDEX TO MEASURE FUEL POVERTY: AN ITALIAN CASE STUDY
Energy, 89, 244-258

Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewsky, N.E., Redman, C.L., Wu, J., Bai, X., and Briggs, J.M. (2008)

GLOBAL CHANGE AND THE ECOLOGY OF CITIES
Science. 319, 756-760

Heinl M., Tappeiner U., Hammerle A., Leitinger G. (2015)

"DETERMINANTS OF URBAN-RURAL LAND SURFACE TEMPERATURE DIFFERENCES - A LANDSCAPE SCALE PERSPECTIVE"
Landscape and Urban Planning, 134:33-42

Helliwell, J.F., Layard R., and Sachs J. (2013)

WORLD HAPPINESS REPORT 2013. NEW YORK: UN SUSTAINABLE DEVELOPMENT SOLUTIONS NETWORK EDITOR
pp. 154
http://faculty.arts.ubc.ca/jhelliwell/papers/WorldHappinessReport2013_online.pdf

Hung, T.; Uchiyama, D.; Ochi, S. & Yasuoka, Y. (2006)

"ASSESSMENT WITH SATELLITE DATA OF THE URBAN HEAT ISLAND EFFECTS IN ASIAN MEGA CITIES"
Int. J. Appl. Earth Observation and Geoinformation, 8:34–48

Imhoff, M.L., Zhang, P., Wolfe, R.E. and Bounoua, L., (2010)

"REMOTE SENSING OF THE URBAN HEAT ISLAND EFFECT ACROSS BIOMES IN THE CONTINENTAL USA"
Remote Sensing of Environment 114: 504-513

International Association of Urban Climate (www.urban-climate.org)

IPCC Fourth Assessment Report

CLIMATE CHANGE 2007 (AR4)
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE
(<https://www.ipcc.ch/report/ar4/>)

IPCC Fifth Assessment Report

"CLIMATE CHANGE 2013 (AR5)"
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE
(<https://www.ipcc.ch/report/ar5/>)

Kaiser R., Le Tertre A., Schwartz J., Gorway CA., Daley WR., Rubin CH. (2007)

"THE EFFECT OF THE 1995 HEAT WAVE IN CHICAGO ON ALL-CAUSE AND CAUSE-SPECIFIC MORTALITY"
Am. J. Public Health, 97, S158-S162

Kalkstein LS., Greene JS., Mills DM., Perrin AD., Samenow JP., Cohen J-C. (2008)

"ANALOG EUROPEAN HEAT WAVES FOR U.S. CITIES TO ANALYZE IMPACTS ON HEAT-RELATED MORTALITY"
BAMS January:75-85

Kalkstein LS., Greene S, Mills MD., Samenow J. (2011)

"AN EVALUATION OF THE PROGRESS IN REDUCING HEAT-RELATED HUMAN MORTALITY IN MAJOR U.S. CITIES"
Nat. Hazards, 56:113-129

Koppe C., Kovats S., Jendritzky G, Menne B. (2004)

HEAT-WAVES: RISKS AND RESPONSES. WORLD HEALTH ORGANISATION
<http://www.euro.who.int/document/E82629.pdf>

Landsberg H. E.

"WORLD SURVEY OF CLIMATOLOGY"
Amsterdam Elsevier publ. co., 1986

Li, K., and Yu, Z., (2008)

"COMPARATIVE AND COMBINATIVE STUDY OF URBAN HEAT ISLAND IN WUHAN CITY WITH REMOTE SENSING AND CFD SIMULATION"
Sensors, 8(10): 6692–6703

McMichael, A.J. (2000)

"THE URBAN ENVIRONMENT AND HEALTH IN A WORLD OF INCREASING GLOBALIZATION: ISSUES FOR DEVELOPING COUNTRIES"
Bulletin of the World Health Organization 78: 1117–1126

Mirzaei, P. A., and Haghighat, F. (2010)

"APPROACHES TO STUDY URBAN HEAT ISLAND - ABILITIES AND LIMITATIONS"
Build. Environ. 45, 2192–2201

Mishra, V., Ganguly, A.R., Nijssen, B., and Lettenmaier, D.P. (2015)

CHANGES IN OBSERVED CLIMATE EXTREMES IN GLOBAL URBAN AREAS
Environ. Res. Lett. 10, 1-10

- Nakicenovic, N., Alcamo, J., Davis, J., Vries, B., Fenhann, J., Gaffin, S., Gregory, K., Grübler, A., Yong Jung, T., Kram, T., Lebre La Rovere, E., Michaelis, L., Mori, S., Morita, T., Pepper, W., Pitcher, H., Price, L., Riahi, K., Roehrl, A., Rogner, H. H., Sankovski, A., Schlesinger, M., Shukla, P., Smith, S., Swart, R., van Rooijen, S., Victor, N., Dadi Nakicenovic, Z.
"SPECIAL REPORT ON EMISSIONS SCENARIOS: A SPECIAL REPORT OF WORKING GROUP III OF THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE"
 Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 2000
 (Online at: <http://www.grida.no/climate/ipcc/emission/index.htm>)
- Oke, T., R. (2006)
"TOWARDS BETTER SCIENTIFIC COMMUNICATION IN URBAN CLIMATE"
 Theoretical and Applied Climatology 84: 179-190
- Peng, S.; Piao, S.; Ciais, P.; Friedlingstein, P.; Otle, C.; Bréon, F-M.; Nan, H.; Zhou, L. & Myneni, R. B. (2012)
"SURFACE URBAN HEAT ISLAND ACROSS 419 GLOBAL BIG CITIES"
 Environmental Science & Technology, 46: 696-703
- Poumadère M., Mays C., Le Mer S., Blong R. (2005)
"THE 2003 HEAT WAVE IN FRANCE: DANGEROUS CLIMATE CHANGE HERE AND NOW"
 Risk Analysis, 25(6):1483-1494
- Rey G., Fouillet A., Bassemoulin P., Frayssinet P., Dufour A., Jouglà E., Hemon D. (2009)
"HEAT EXPOSURE AND SOCIO-ECONOMIC VULNERABILITY AS SYNERGISTIC FACTORS IN HEAT-WAVE-RELATED MORTALITY"
 Eur. J. Epidemiol., 24:495-502
- Rhinane, H., Hilali, A., Bahi, H., Berrada, A., (2012)
"CONTRIBUTION OF LANDSAT TM DATA FOR THE DETECTION OF URBAN HEAT ISLANDS AREAS CASE OF CASABLANCA"
 Journal of Geographic Information System, 4:20-26
- Roclv J., Forsberg B., Ebi K., Bellander T. (2014)
"SUSCEPTIBILITY TO MORTALITY RELATED TO TEMPERATURE AND HEAT AND COLD WAVE DURATION IN THE POPULATION OF STOCKHOLM COUNTY, SWEDEN"
 Global health action 7:1-11
- Rosenfeld, D. (1999)
TRMM OBSERVED FIRST DIRECT EVIDENCE OF SMOKE FROM FOREST FIRES INHIBITING RAINFALL
 Geophys. Res. Lett., 26, 3105–3108.
- Rosenfeld, A.H., Akbari, H., Bretz, S., Fishman, B.L., Kurn, D.M., Sailor, D. Taha, H. (1995)
"MITIGATION OF URBAN HEAT ISLANDS: MATERIALS, UTILITY PROGRAMS, UPDATES"
 Energy and Buildings 22: 255–265
- Rosenzweig, C., Hammer, S. A., Solecki, W. D., Mehrotra, S.
CLIMATE CHANGE AND CITIES: FIRST ASSESSMENT REPORT OF THE URBAN CLIMATE CHANGE RESEARCH NETWORK
 Cambridge University Press, 2011.
- Semenza J C., McCullough JE., Flanders WD., McGeehin MA., Lumpkin JR. (1999)
"EXCESS HOSPITAL ADMISSIONS DURING THE JULY 1995 HEAT WAVE IN CHICAGO"
 Am. J. Prev. Med., 16(4):269-399
- Souch, C., and Grimmond, S. (2006)
"APPLIED CLIMATOLOGY: URBAN CLIMATE"
 Progress in Physical Geography 30(2):270-279
- Taha, H. (1997)
"URBAN CLIMATES AND HEAT ISLANDS: ALBEDO, EVAPOTRANSPIRATION AND ANTHROPOGENIC HEAT"
 Energy and Buildings 25: 99–103
- UN. (2012)
"THE 2012 REVISION OF THE WORLD POPULATION PROSPECTS"
 (<http://esa.un.org/wpp/>)
- U.S. Census Bureau (2009)
YOUR GATEWAY TO CENSUS 2000
<http://www.census.gov/main/www/cen2000.html>
- Voogt, J.A., and Oke, T.R. (2003)
"THERMAL REMOTE SENSING OF URBAN AREAS"
 Remote Sensing of Environment, 86: 370–384
- Water Scarcity Drafting Group (2006)
WATER SCARCITY MANAGEMENT IN THE CONTEXT OF WFD
 SCG agenda point 8b WGB/15160506/25d
http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/pdf/comm_droughts/8a_1.pdf

un progetto di

organizzato con



in collaborazione con



Comune di Modena



Comune di Parma



Comune di Rimini



Piano Strategico Rimini

partner tecnico scientifico



POLITECNICO MILANO 1863

DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA E STUDI URBANI

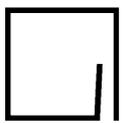


Consiglio Nazionale delle Ricerche sede di Bologna



PROAMBIENTE

con gli ordini professionali



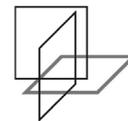
architettibologna



ORDINE ARCHITETTI PPC PROVINCIA DI MODENA



ORDINE DEGLI ARCHITETTI PIANIFICATORI PAESAGGISTI E CONSERVATORI DELLA PROVINCIA DI PARMA



ordine degli architetti pianificatori paesaggisti e conservatori della provincia di rimini



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bologna



ORDINE DEGLI INGEGNERI PROVINCIA DI MODENA



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PARMA



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI RIMINI



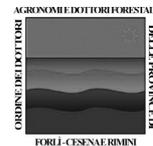
ORDINE DEI DOTTORI AGRONOMI E DOTTORI FORESTALI DELLA PROVINCIA DI BOLOGNA



Ordine dei Dottori Agronomi e Dottori Forestali della Provincia di Modena



ORDINE DEI DOTTORI AGRONOMI E DEI DOTTORI FORESTALI DELLA PROVINCIA DI PARMA



AGRONOMI E DOTTORI FORESTALI REGIONE EMILIA ROMAGNA FORLÌ - CESENA - RIMINI



Federazione Regionale dei Dottori Agronomi e dei Dottori Forestali dell'Emilia-Romagna

media partner



URBAN DESIGN



social media partner

