

REBUS®

REnovation of public Buildings and Urban Spaces

ISOLA DI CALORE URBANA E PROGETTAZIONE DEL COMFORT

Teodoro Georgiadis



Projet cofinancé par le Fonds Européen
de Développement Régional (FEDER)
Project cofinanced by the European Regional
Development Fund (ERDF)

 Regione Emilia-Romagna



REPUBLIC-MED
RETROFITTING PUBLIC SPACES
IN INTELLIGENT MEDITERRANEAN CITIES

1.3
DISPENSA

[02-04-2015]

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

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

SERVIZIO PIANIFICAZIONE URBANISTICA, PAESAGGIO
E USO SOSTENIBILE DEL TERRITORIO

 territorio.regione.emilia-romagna.it/paesaggio

 republicmed@regione.emilia-romagna.it

 Eventi Paesaggio ER

 REBUS L'energia della città

 issu.com/paesaggioer

REPUBLIC-MED REtrotfitting Public spaces in MEDiterranean cities

REBUS® REnovation of public Building and Urban Spaces

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

Progetto a cura di
Regione Emilia-Romagna

Gioco-simulazione

Ideazione/Coordinamento
Elena Farnè, Luisa Ravanello

D.G. PROGRAMMAZIONE
TERRITORIALE E NEGOZIATA,
INTESE. RELAZIONI EUROPEE
E RELAZIONI INTERNAZIONALI.
Enrico Cocchi
direttore

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

Legge/Bando
Elena Farnè
Elettra Malossi
Luisa Ravanello

SERVIZIO PIANIFICAZIONE URBANISTICA, PAESAGGIO E USO SOSTENIBILE DEL TERRITORIO

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

Carte da gioco
Valentina Dessì
Kristian Fabbri
Elena Farnè
Francesca Poli
Luisa Ravanello
Silvia Rossi
Maria Teresa Salomoni

Roberto Gabrielli
dirigente

Luisa Ravanello
coordinamento progetto

Barbara Fucci
Laura Punzo
gruppo tecnico

Marisa Dalla Noce
Lorella Dalmonte
Enrica Massarenti
amministrazione e segreteria

Per la lectio magistralis
in collaborazione
Fondazione Cassa di Risparmio
di Bologna, Genus Bononiae

Simulazioni Envi-Met
Kristian Fabbri, Silvia Rossi

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);
Maurizio Ermeti
(Piano Strategico di Rimini)

Consulenti
Kristian Fabbri
esperto comfort indoor/outdoor

Elena Farnè
progetto formativo
comunicazione

Francesco Guaraldi
rendicontazione

Francesca Poli
immagine grafica coordinata
comunicazione

Silvia Rossi
esperta comfort outdoor

Partner tecnico
Fondazione Democenter-Sipe
Davide Fava
Chiara Pederzini
Matteo Serafini

Modelli 3D
Montaggi video-fotografici
Francesca Poli

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

Lectio Magistralis
Andreas Matzarakis
Università di Friburgo

Docenti lezioni

Valentina Dessì - 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
Luisa Ravanello - Regione
Emilia-Romagna, Servizio
Pianificazione urbanistica,
Paesaggio e Uso sostenibile
del territorio

Esperti in aula

Gabriele Bollini - urbanista,
esperto in VAS
Marianna Nardino - fisico
esperta ENVI-met, CNR Bologna,
IBIMET
Maria Teresa Salomoni
- agronomo paesaggista
ProAmbiente, CNR Bologna,
IBIMET

Tutor d'aula

Francesca Poli - architetto
Silvia Rossi - architetto
Antonello Di Nunzio - ENVI-met
Giulio Roberti - ENVI-met

Facilitatrici in aula

Elena Farnè
Silvia Givone - Sociolab
Margherita Mugnai - Sociolab

Video

Senape TV

LinkedIn

Kristian Fabbri
Silvia Rossi

Facebook

Francesca Poli

Segreteria organizzativa

Francesco Guaraldi

Stampa

Centro Stampa
Regione Emilia-Romagna
Stampato a Bologna
il 3 aprile 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)

- 17** CASO STUDIO
IL PARCO DUCALE DI PARMA

- 18** CONCLUSIONI

- 19** BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

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.

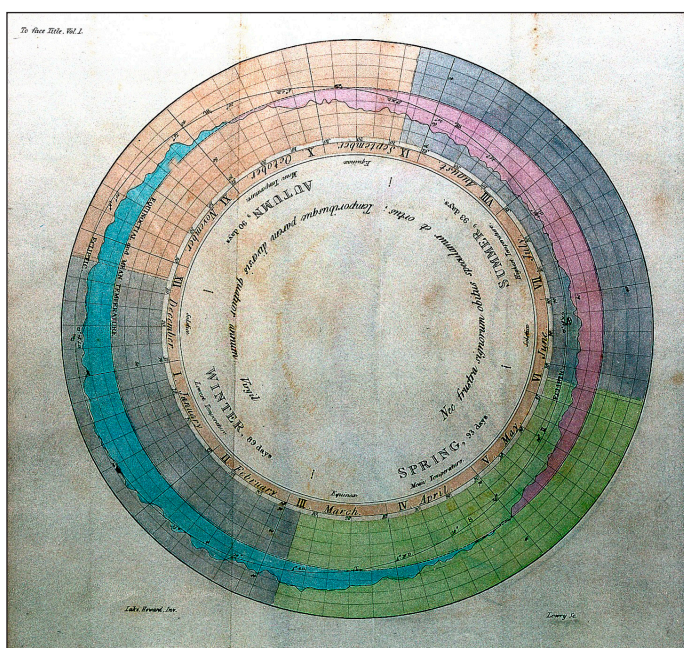
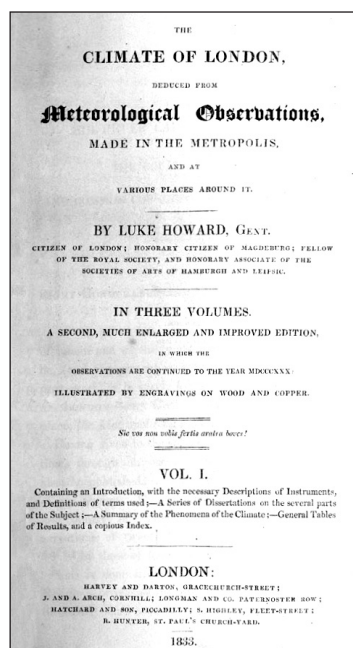
Lo studio delle relazioni che regolano il rapporto fra clima e città ha origine antiche ed il primo lavoro sistematico è dovuto a Luke Howard (1772-1864) che nel 1833 pubblicò 'The climate of London' (img.1-2) che, di fatto, segna la nascita della climatologia urbana come scienza applicata. Howard riuscì 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).

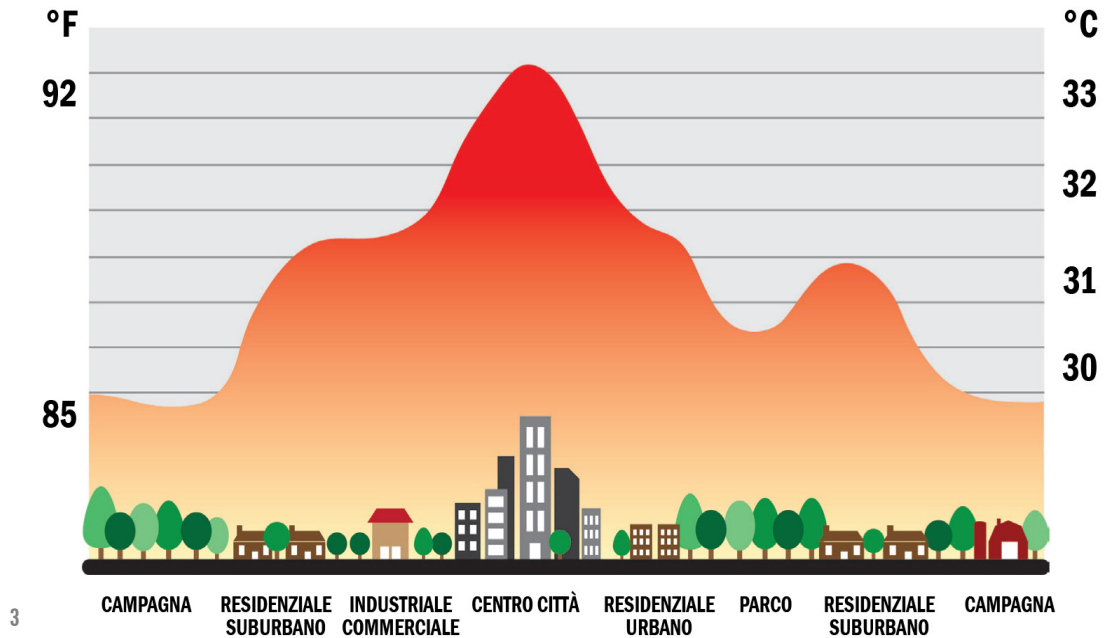
Seppur questo importante studio avesse aperto la strada per un maggior apporto speculativo di ricerca nel settore urbano, bisogna attendere fino a quasi la metà del secolo successivo per rinascere un interesse concreto nello studio delle relazioni clima-città. E' solo verso la fine degli anni '80, vuoi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



3

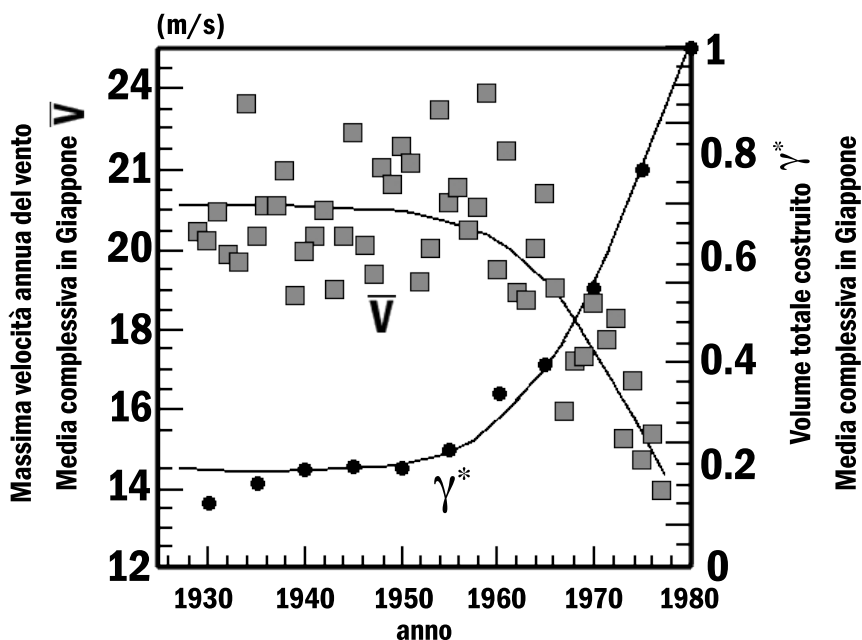
globale, che la forma della città incomincia ad essere modellata anche in senso fisico e non solo più prettamente urbanistico, incominciando anche a diffondersi in un più vasto pubblico non specialista il termine di **'isola di calore urbana'** che sembra sintetizzare in forma assiomatica un complesso 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

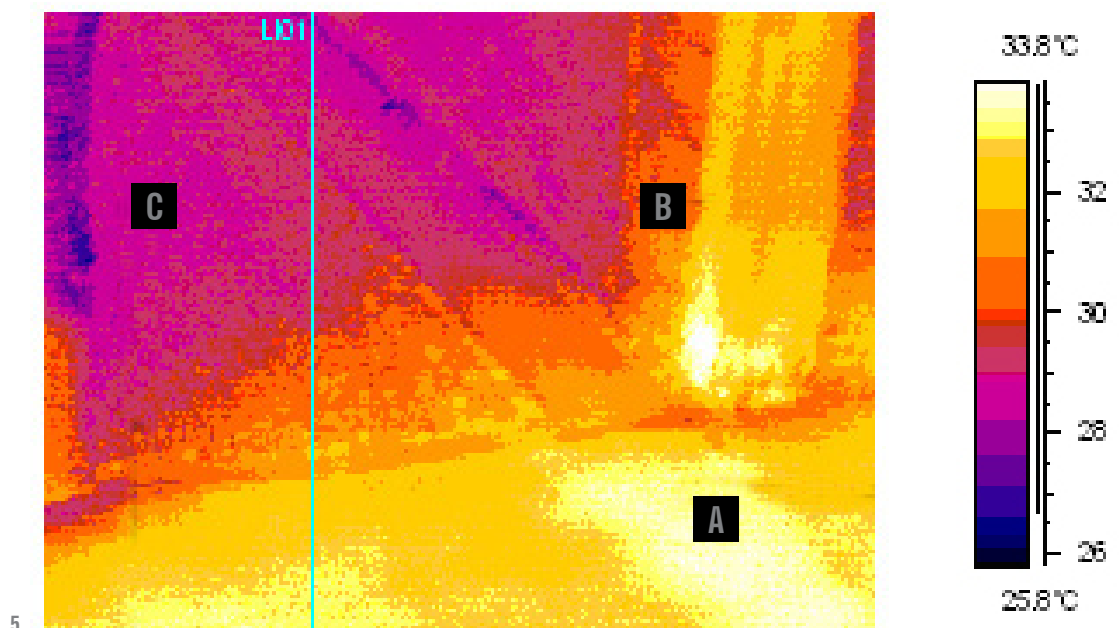
Il costruito dell'ambiente antropizzato presenta rispetto a quello naturale una elevata differenza in termini di proprietà ottiche e termiche delle superfici.

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.**

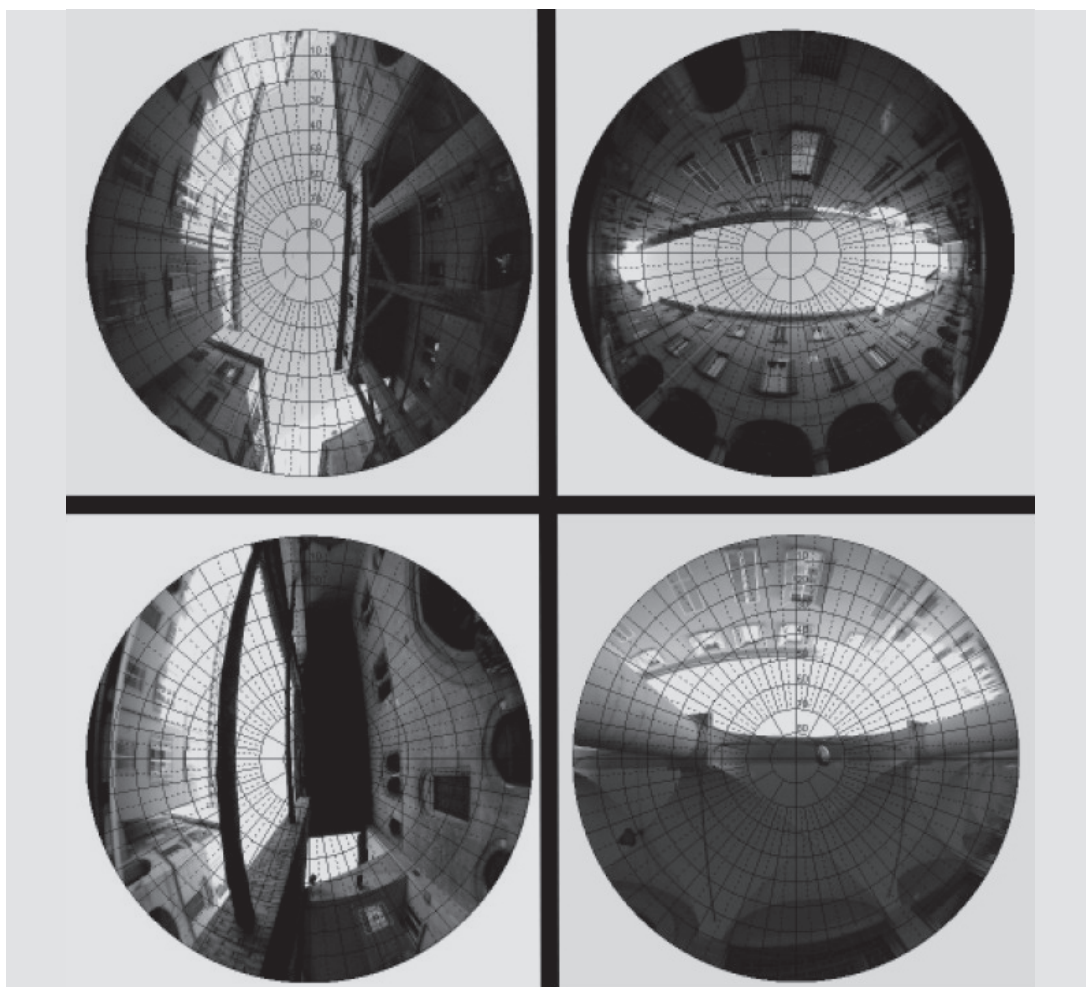
Stiamo quindi entrando in un livello di interazione dove **le decisioni urbanistiche (che riguardano il posizionamento delle volumetrie), ovvero politiche, esercitano un influsso diretto sulle**

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.

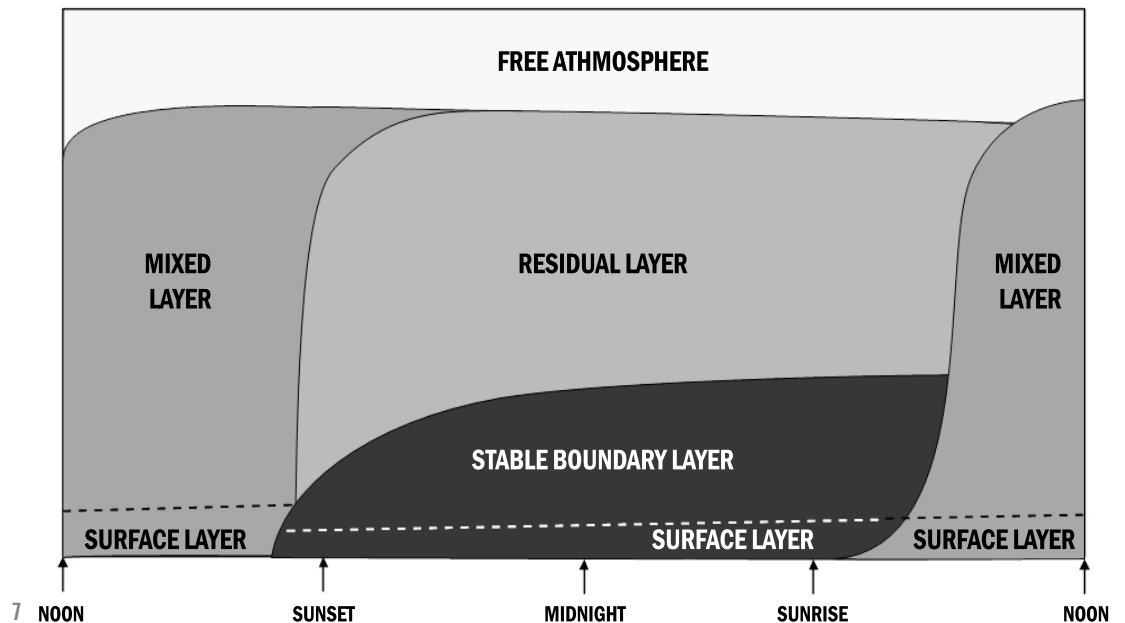
C. PROCESSI NELLO STRATO LIMITE URBANO

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.

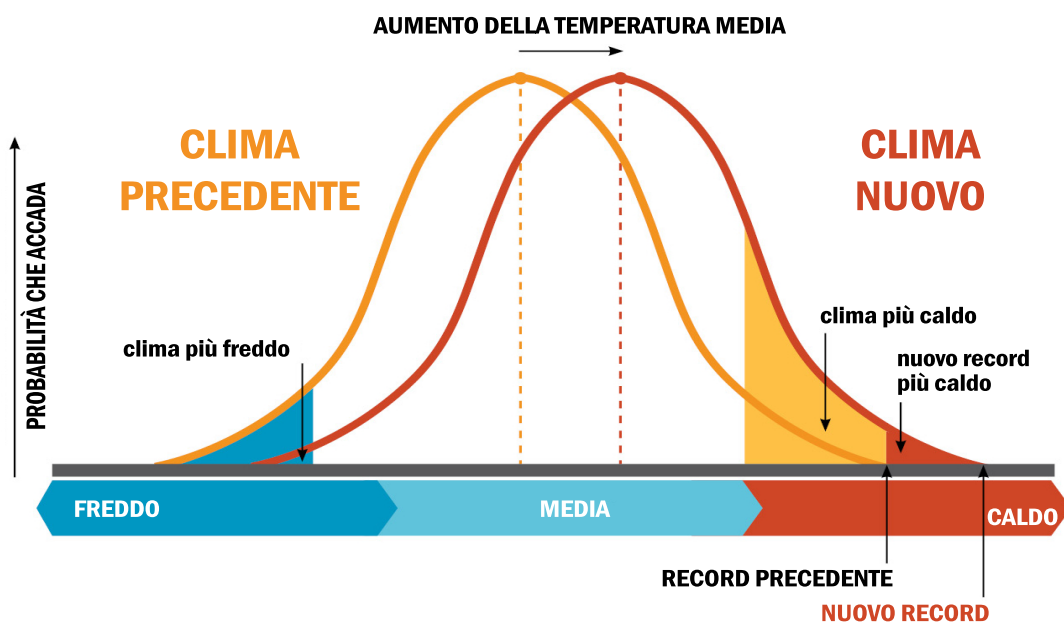
Analizziamo infine l'aspetto che ha avuto più diffusione, grazie alla popolarità prodotta dai mass media, che è quello relativo alle **onde di calore**

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.

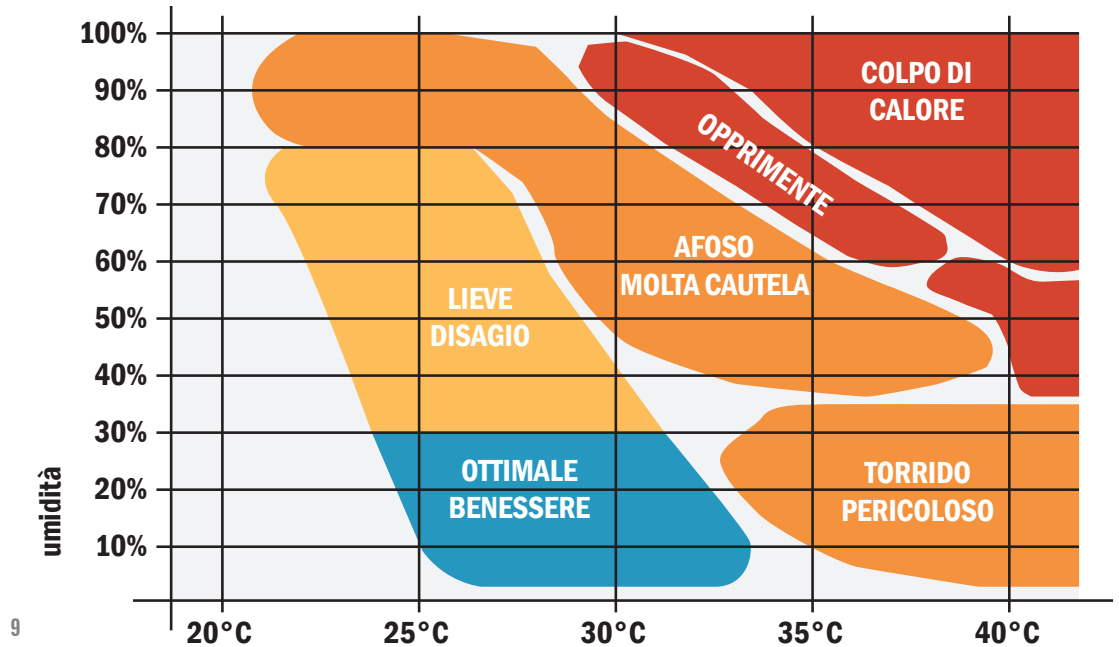
Esiste una grande varietà di indici bioclimatici basata su formulazioni empiriche che si applicano a diverse situazioni: per esempio esistono indici che meglio si applicano in situazioni calde ed altri a fredde, o con più o meno accentuate velocità del vento. La scelta è spesso di tipo squisitamente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

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.

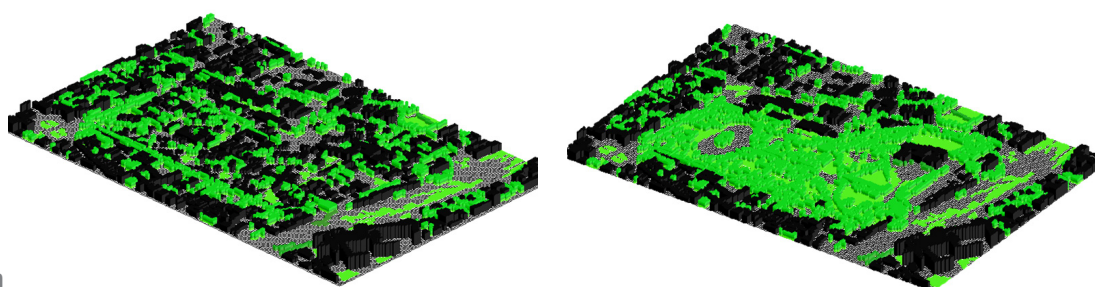
Le successive analisi del comfort e degli altri parametri fisici condotte su queste due ipotesi di architettura urbana hanno indiscutibilmente dimostrato come la presenza del Parco ducale rappresenti un formidabile strumento di mitigazione urbana.

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.

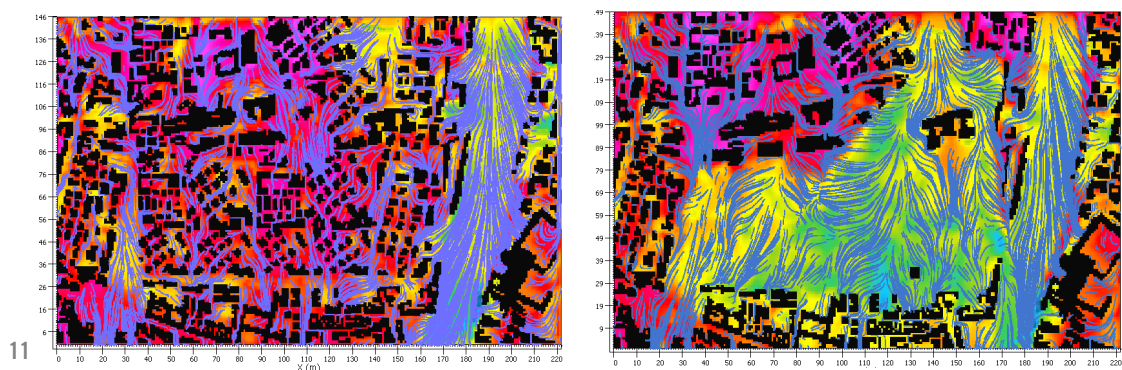
In queste simulazioni è evidente come la permeabilità di una città meno compatta, rappresentata questa permeabilità dalla presenza del parco, faccia sì che i flussi drenanti penetrino molto più in profondità con una conseguente migliore azione mitigante.

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

un progetto di



Projet cofinancé par le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER)
Project cofinanced by the European Regional Development Fund (ERDF)



in collaborazione con



Comune di Modena



Comune di Parma

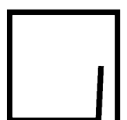


Comune di Rimini



Piano Strategico Rimini

e gli ordini professionali



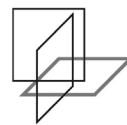
architettibologna



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



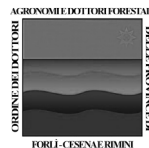
ORDINE DEI
DOTTORI AGRONOMI
E DOTTORI FORESTALI
DELLA PROVINCIA
DI BOLOGNA



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
DELLA PROVINCIA DI
FORLÌ-CESENA/RIMINI



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

media partner



FONDAZIONE
CASSA DI RISPARMIO
IN BOLOGNA



GENUS BONONIAE
MUSEI NELLA CITTÀ