

# *L'ADATTAMENTO CLIMATICO DEI CONTESTI URBANI: PRINCIPALI STRATEGIE DI MITIGAZIONE DELL'ISOLA DI CALORE URBANA*

Domenico D'Olimpio

## **Abstract**

*The study of the factors that determine the microclimatic conditions, with particular reference to the thermal factor, in the urban environment, allows to control the quality of the urban microclimate in terms of mitigation of the environmental discomfort conditions, induced by the interaction of the environmental components of climatic level with the built assets. In order to make our cities more liveable and healthier, it is now essential to know the parameters and factors on which to intervene to control the urban microclimate and its characterizing phenomena, such as the urban heat island, as well as to define the strategies and methods of intervention capable of implementing effective microclimatic improvement and mitigation actions. From this perspective, the quality control of the urban microclimate becomes a new and possible strategy for the definition of sustainable urban environments.*

## **1. Premessa**

Nell'ambito delle attività di ricerca prodotte per il PRIN 2015 “*Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico*”, sono stati approfonditi gli aspetti relativi alle strategie di mitigazione dell'isola di calore urbana, fondamentali negli scenari di adattamento climatico dei contesti urbani. Quest'ultimo, costituisce un importante e oramai improcrastinabile obiettivo da raggiungere, in relazione alla problematicità delle condizioni microclimatiche urbane, spesso correlate a scarso comfort ambientale e a una critica condizione di salubrità dell'aria e dell'ambiente urbano più in generale. Tali situazioni vanno soppesate, nonché acquisiscono un peso estremamente rilevante, in rapporto ai dati che attualmente mettono in relazione la popolazione mondiale con i contesti urbani: oltre il 50% della popolazione mondiale

abita nelle città e, tale percentuale, è destinata ad aumentare sensibilmente, dal momento che si stima che entro la metà di questo secolo salirà fino a circa il 66%. Nel nostro Paese, una ricerca del 2011 pubblicata da Eurostat<sup>1</sup>, indica che circa il 36% della popolazione vive nei grandi centri urbani e il 44% nelle aree definite intermedie, ovvero nelle piccole aree urbane, a definire una situazione che vede circa l'80% della popolazione abitare nei centri urbani, grandi o piccoli che siano.

Attualmente sono in fase di crescente elaborazione e diffusione analisi e studi microclimatici dei contesti urbani finalizzati all'individuazione delle specifiche caratteristiche costitutive e generative delle condizioni microclimatiche urbane, nonché alla definizione delle strategie di risposta maggiormente efficaci ai fini di una loro riconversione qualitativa; riconversione che fundamentalmente deve basarsi sul controllo e sulla mitigazione della problematica dell'isola di calore urbana. Tale problematica fa riferimento al fenomeno della cosiddetta anomalia termica positiva, rilevabile nei contesti urbani, i quali risultano caratterizzati da livelli di temperatura superiori di diversi gradi rispetto a quelli degli ambiti rurali circostanti. Il fenomeno dell'isola termica urbana, se durante il periodo invernale può non costituire alcuna problematicità (al contrario può contribuire a ridurre la differenza di temperatura tra ambiente esterno e temperatura desiderata degli spazi abitati), durante il periodo estivo, può risultare invece determinante nella definizione di criticità termo-climatiche correlate ai livelli di temperatura in ambiente urbano. La problematica dell'isola di calore urbana, assume anche notevole importanza in funzione delle condizioni termiche estive negli spazi abitati, per mitigare le quali, molto spesso, nei contesti urbani, è richiesto un notevole input energetico, funzionale al funzionamento degli impianti di condizionamento degli ambienti indoor e pertanto strettamente connesso a un aumento importante dei consumi energetici per il raffrescamento estivo, che possono risultare aumentati anche fino al 120%. Anche in contesti climatici apparentemente poco sensibili alla problematica del raffrescamento estivo, come ad esempio quello britannico<sup>2</sup>, è stato riscontrato un aumento dei fabbisogni e dei consumi energetici per il raffrescamento estivo degli ambienti dell'ordine del 25%.

## **2. L'isola di calore urbana**

L'"isola di calore urbana", così denominata in relazione al particolare sistema microclimatico che si genera in corrispondenza delle aree urbane e che si configura come una vera e propria "isola termica", con specifiche caratterizzazioni di temperatura all'interno di un regime climatico e termico di più ampia scala, risulta carat-

<sup>1</sup> l'Ufficio Statistico dell'Unione Europea

<sup>2</sup> la rilevazione è correlata alla città di Londra

terizzata da una differenza di temperatura, tra le aree urbane e le aree rurali circostanti, naturali o comunque caratterizzati da un basso livello di antropizzazione, variabile circa tra 1,5°C e 5,5°C, con valori che possono essere anche maggiormente elevati in relazione a particolari condizioni microclimatico-ambientali che possono instaurarsi all'interno dei contesti urbani. Tale fenomeno termico, benché correlabile a differenti fattori che caratterizzano le atmosfere urbane, tra cui inquinamento e produzione di calore antropogenico, risulta, a una più attenta analisi e osservazione, sostanzialmente correlato alle caratteristiche fisiche dei materiali che costituiscono gli assetti costruiti e alla morfologia dell'assetto urbano, con particolare riferimento agli aspetti morfologici che determinano gli scambi radiativi tra le superfici (suolo, pareti edilizie) e tra le superfici ed il cielo (scambi radiativi regolati da un lato dai fattori di forma e dall'altro dai fattori di vista suolo-cielo, fronti edilizi-cielo). Fattori come la produzione di calore antropogenico e l'inquinamento atmosferico tipico delle aree urbane, risultano, alle più recenti osservazioni e ricerche, non particolarmente incidenti e significative.

Più in particolare si rileva che l'emissione di calore antropogenico, conseguente alle emissioni correlate ai processi di produzione energetica, risulta elevata nel periodo invernale, di alta produzione termica (correlata alle esigenze di riscaldamento degli edifici), ma l'anomalia termica positiva che caratterizza l'isola di calore urbana è sensibilmente rilevabile anche durante il periodo estivo, nell'ambito del quale la produzione ed i consumi energetici funzionali al fabbisogno energetico-termico degli edifici diminuiscono, facendo rilevare differenze di temperatura di diversi gradi tra gli ambiti urbani e quelli rurali all'intorno.

Un altro studio è stato specificamente elaborato in rapporto alle situazioni microclimatiche che si sono verificate in coincidenza con il lockdown che ha bloccato le attività funzionali e produttive nel nostro Paese (IT) dal 9 marzo al 4 maggio 2020, in conseguenza dell'emergenza Covid-19 (D.D'Olimpio, 2021): rilevando i livelli di temperatura che hanno caratterizzato il mese di aprile 2020 (mese in cui il Paese è stato praticamente fermo in quasi tutte le sue attività produttive, contemplando peraltro una situazione di traffico veicolare ai minimi storici) attraverso le banche dati ufficiali, prendendo in considerazione due importanti aree metropolitane, quella di Roma e quella di Milano, e confrontando tali livelli di temperatura con quelli del decennio precedente, si è potuto rilevare che l'inquinamento atmosferico, per quanto possa essere imputato di responsabilità nel trattenimento di energia termica all'interno della "canopia urbana", non sembrerebbe rivestire un ruolo sostanziale nella determinazione del fenomeno dell'isola di calore urbana. A Roma infatti, nel mese di aprile 2020 vi è stata una temperatura media di 15,3°C, a fronte di un inquinamento ambientale praticamente ridotto ai minimi storici data l'assenza di traffico veicolare e di attività produttive di differente natura (inoltre nel mese di aprile viene anche ridotta e, nella seconda parte del mese azzerata, la produzione di calore antropogenico relativa al funzionamento degli impianti di riscaldamento domestici); mentre nel decennio precedente (2011-2020) per ben 7 anni i livelli di temperatura media mensile sono stati inferiori, nonostante livelli di inquinamento ambientale decisamente e significativamente superiori: 13,7°C nel 2018; 14,3°C nel 2017; 13,7°C nel 2015; 14°C nel 2014; 15,2°C nel 2013; 14,1°C

nel 2012; 14,5°C nel 2011.

A Milano la temperatura media nell'aprile 2020 è stata di 15°C, mentre nel decennio 2011-2020 per 6 volte su 9 (escludendo il 2020, anno di riferimento) si è registrata una temperatura urbana inferiore nonostante le emissioni inquinanti in ambiente di gran lunga maggiori: 13,8°C nel 2019; 15°C nel 2017; 14,7°C nel 2015; 14,9°C nel 2014; 13,6°C nel 2013; 12,7°C nel 2012).

	Livelli di temperatura nei mesi di aprile									
	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011
ROMA	15,3	13,7	16,6	14,3	16,0	13,7	14,0	15,2	14,1	14,5
MILANO	15,0	13,8	16,2	15,0	15,4	14,7	14,9	13,6	12,7	16,7

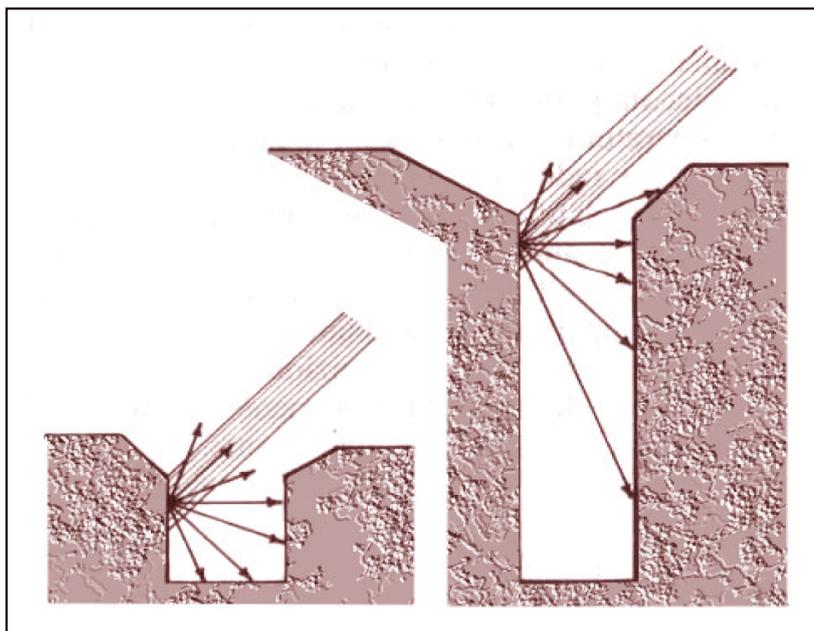
LEGENDA	
	Periodo di riferimento (aprile 2020; assenza di traffico veicolare e di attività produttive per lockdown Covid-19)
	Rilevazioni con temperatura inferiore rispetto il periodo di riferimento

**Tab. 1** – Livelli di temperatura rilevati nel mese di aprile (mese di lockdown totale nel 2020 dovuto all'emergenza Covid-19).

Fondamentalmente la ricerca va ad avvalorare e a sostenere la tesi che l'anomalia termica positiva, tipica dei contesti urbani, sia essenzialmente riconducibile a 5 fattori fondamentali che vanno a determinare altrettante specifiche alterazioni sul bilancio energetico delle zone urbane:

1. Aumento dell'assorbimento della radiazione solare da parte dell'ambiente costruito; generato dalla geometria urbana, da un maggiore sviluppo di superfici esposte al soleggiamento (pareti verticali, tetti) rispetto alla superficie orografica.
2. Diminuzione della radiazione termica dissipata, fenomeno che è anch'esso una conseguenza della complessa geometria e morfologia urbana, in grado di generare dinamiche di riflessioni multiple tra le facciate degli edifici, innescando scambi radiativi che "intrappolano" la radiazione termica diminuendone la dispersione.
3. Aumento dell'accumulo termico nel contesto ambientale interessato dall'assetto urbano, in conseguenza della elevata capacità termica che caratte-

- rezza i materiali da costruzione che costituiscono il contesto costruito.
4. Diminuzione dell'evapotraspirazione del suolo, conseguente alla forte riduzione percentuale di vegetazione rispetto quella che caratterizza le aree rurali e naturali, nonché in conseguenza della presenza di ampie superfici (edifici e suolo) caratterizzate da una elevata impermeabilità.
  5. Diminuzione della dispersione convettiva del calore presente nell'ambiente urbano a causa della riduzione della velocità del vento rispetto le aree non urbanizzate (conseguente all'aumento del cosiddetto fattore di "rugosità" del suolo che determina una minore velocità dei flussi di ventilazione).



**Fig. 1** - *La morfologia urbana e la struttura dell'assetto edilizio dei vari settori urbani, con particolare riferimento ai rapporti altezza/distanza tra gli edifici e quindi alla geometria dei cosiddetti "canyon urbani", costituiscono fattori fondamentali nella dinamica dei fenomeni di riflessione e assorbimento della radiazione solare. Tra le facciate di edifici prospicienti si generano infatti fenomeni di riflessione-assorbimento multipli, in funzione delle caratteristiche di albedo degli edifici, del "fattore di vista" tra le facciate e tra edifici e cielo, nonché dei distacchi tra di essi.*

Del resto la riconducibilità del fenomeno dell'isola di calore urbana alle caratteristiche morfologiche e fisico- costitutive degli insediamenti edilizi, è stata testimoniata anche da studiosi di altre epoche, nelle quali la carenza di strumentazioni scientifiche e tecnologiche non andava comunque ad offuscare la capacità di osser-

vazione e di deduzione: nei lavori di Orazio (65-8 a.C.) e Seneca (4 a.C.- 65 d.C.), si rilevava infatti la maggiore “*pesantezza*” dell’aria nel centro urbano rispetto a quella del contesto rurale circostante. In altra epoca e, più precisamente, all’inizio del 1800, Luke Howard<sup>3</sup>, a Londra, formalizza il concetto di “isola di calore urbana” in seguito alle osservazioni dei fenomeni di alterazione della temperatura tra gli ambiti urbani e i contesti rurali, osservazioni che rilevavano come la temperatura negli ambiti urbani fosse superiore di alcuni gradi a quella propria delle zone rurali. Successivamente, circa alla metà dell’800, G.Luigi de Bartolomeis, nella sua opera “*Notizie topografiche e statistiche sugli Stati Sardi*”<sup>4</sup>, riportava: “*Nella stagione invernale il freddo suol essere maggiore nella bassa pianura circostante alla città di Torino, che sulla specola dell’Accademia. E difatti confrontando le osservazioni fatte nell’Orto Botanico adiacente al R.Castello del Valentino con quelle fatte sulla specola ora detta, risulta una differenza di due, di tre e talvolta di quattro gradi nello stato termometrico...*”<sup>5</sup>. Considerando che la differenza di temperatura in questione, ovvero di gradi, faceva all’epoca riferimento alla scala Réaumur, per la quale 1°R corrisponde a 1,25°C (Celsius), si può capire come il fenomeno dell’isola di calore urbana avesse anche a quel tempo, a prescindere da fattori specifici quali ad esempio la differenza di dimensioni con l’attuale agglomerato urbano di Torino (molto più esteso rispetto i 130 ettari che caratterizzavano la superficie del nucleo urbano in quegli anni), la differenza nella emissioni di calore antropogenico in ambiente (in quegli anni non vi era ovviamente traffico veicolare, ecc.), delle caratterizzazioni termiche assolutamente analoghe a quelle attuali. Lo stesso De Bartolomeis conclude “*...nelle città la temperatura si alza più che nelle campagne e nelle terre soffici, ricoperte d’erbe e di piante, poiché nelle prime il calore diretto si unisce al calore riflesso dei raggi solari ripercossi dalle muraglie, dai pavimenti, dai gaz galleggianti e dal numeroso concorso della popolazione, siccome avviene nella città di Torino; laddove nelle seconde v’ha più concentrazione che riflessione di raggi solari, e le stesse piante e verdure assorbono una gran parte del calorico...*”<sup>6</sup>.

L’analisi di queste osservazioni storico-letterarie, nonché scientifiche, porta alla importante conclusione che, rispetto i cinque fattori precedentemente elencati, che concorrono sinergicamente alla determinazione del fenomeno dell’isola di calore urbana, in particolare i primi tre risultano fondamentali e assolutamente significati-

<sup>3</sup> Chimico e meteorologo inglese (1772-1864)

<sup>4</sup> G.L. de Bartolomeis, *Notizie topografiche e statistiche sugli Stati Sardi*, Stamperia Reale; Torino, 1840-47

<sup>5</sup> (op. cit., Tomo del 1840, pag.192)

<sup>6</sup> (op.cit., pag.211)

vi: l'aumento dell'assorbimento della radiazione solare da parte dell'ambiente costruito, la diminuzione della radiazione termica dissipata, l'aumento dell'accumulo termico in conseguenza della elevata capacità termica dei materiali da costruzione. Come descritto nel prosieguo della presente trattazione a proposito delle strategie di intervento per la mitigazione del fenomeno dell'anomalia termica positiva, tali fattori consentono l'individuazione di specifiche risposte tecniche e tecnologiche, in grado di mitigare, ridurre e controllare in maniera efficace la problematica termica urbana.

### 3. Strategie e tecnologie per la mitigazione ed il controllo dell'isola di calore urbana

La presa di coscienza delle conseguenze, di livello locale (discomfort termico urbano, scarsa qualità microclimatica dell'ambiente urbano, aumento dei fabbisogni energetici per la climatizzazione estiva degli edifici) e di livello globale, dell'isola di calore urbana, ha portato alla definizione di specifiche strategie tecnico-operative e di specifici progetti di intervento relazionati ai contesti urbani. Fondamentalmente, le strategie di riferimento fondamentali risultano essere due:

- Aumento della vegetazione all'interno delle aree urbane (aree verdi, infrastrutture verdi, green roof, ecc.);
- Aumento dell'albedo relativo alle superfici artificiali (strade, superfici edilizie verticali e coperture)

Per quanto concerne le strategie di implementazione della vegetazione negli ambiti urbani, la tabella 2 illustra le differenti opzioni possibili, correlandole ad una stima del livello di efficacia in relazione alla mitigazione della temperatura:

TIPOLOGIA DELL'IMPIANTO VEGETAZIONALE	Efficacia stimata nell'azione di mitigazione della temperatura urbana A - Alta; M - Media; B - Bassa
Parchi urbani	A
Foreste urbane	A
Verde d'arredo	M/B in funzione delle caratteristiche dimensionali
Verde attrezzato	M
Orti urbani	M
Green roof, verde pensile	M/B In funzione del numero di green roof nell'area urbana

**Tab.2** - Possibili tipologie di impianti vegetazionali in ambito urbano ed efficacia di mitigazione climatica stimata

Il fattore di albedo delle superfici artificiali riveste un ruolo importante in relazione alla determinazione della quantità di energia solare ad onda corta riflessa e, pertanto, del più o meno elevato quantitativo energetico immagazzinato o re-

irraggiato come radiazione termica ad onda lunga.

Per ciò che riguarda le strategie basate sull'aumento dell'albedo delle superfici urbane artificiali (pavimentazioni ed edifici), diverse ricerche di livello nazionale e internazionale hanno consentito di definire delle linee d'azione operative di riferimento. Ad esempio, nell'ambito del progetto MAIN<sup>7</sup> (“MAteriaux INtelligent”), cofinanziato dal Programma MED dell'Unione Europea, sono state individuate strategie e soluzioni tecniche in grado di controllare in maniera specifica quei fattori generativi dell'isola di calore urbana illustrati precedentemente, ovvero l'aumento dell'assorbimento della radiazione solare da parte degli assetto costruiti, la diminuzione della radiazione termica dissipata e l'aumento dell'accumulo di energia termica. Più specificamente, la strategia di riferimento è quella di implementare e massimizzare la riflessione dell'energia solare incidente e la riemissione dell'energia assorbita. Ciò può essere attuato con soluzioni di “cool roof” e “cool pavements” che, dal punto di vista fisico-tecnico, vanno a riflettere la radiazione solare incidente, nonché a riemettere (attraverso irraggiamento nel campo dell'infrarosso) la frazione di radiazione solare comunque assorbita, attraverso l'uso di materiali, soluzioni di finitura e pitture, ad elevata riflettanza solare e a elevata emissività termica.

Ricerche specifiche di riferimento, che considerano prioritariamente tali strategie funzionali alla mitigazione dell'isola di calore urbana e che hanno quantificato, in termini di diminuzione delle temperature, la specifica efficacia di mitigazione, sono quelle elaborate alla *School of Urban Studies & Planning*<sup>8</sup>, della Portland State University (Oregon, USA). Tra i risultati degli studi, molto articolati e di grande rilevanza, risulta una sintesi degli effetti di mitigazione della temperatura urbana correlati alle differenti strategie tecnico-attuative, riportata nella tabella 2.

<sup>7</sup> Progetto Coordinato dal Dipartimento di Ingegneria “Enzo Ferrari” dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, conclusosi ad Arezzo con il convegno “*Gli effetti ed i risvolti negativi dell'isola di calore urbana*”, il 14 maggio 2015.

<sup>8</sup> *Nature-Based Designs to Mitigate Urban Heat: The Efficacy of Green Infrastructure Treatments in Portland, Oregon* Yasuyo Makido, Dana Hellman and Vivek Shandas; 2019

	ADD GREEN	GREEN ROOF	ROOF ALBEDO	ROAD ALBEDO	COMBINATION
Zona urbana/Quartiere di dimensione rilevante/edilizia intensiva	-0,5	-0,1	-0,2	-0,2	-0,7
Distretto urbano con ampi assi viari (canyon urbani)	-1,5	-0,5	-1,2	-1	-3,4
Zona urbana/quartiere di dimensioni medie/edilizia semintensiva	-1,5	-0,1	-0,2	-0,8	-2,2
Zona/distretto industriale	-1	-0,4	-1,4	-0,9	-3,2
Zona urbana vegetata	-1,1	0,0	-0,2	-0,5	-1,7
Zona semi-rurale	-2,6	-0,1	-0,2	-0,8	-3,3

**Tab. 2** – *Diminuzione dei livelli di temperatura urbana dovuta alle differenti strategie di implementazione della vegetazione e dell'albedo in rapporto a differenti ambiti urbani, stimati nella citata ricerca "Nature-Based Designs to Mitigate Urban Heat: The Efficacy of Green Infrastructure Treatments in Portland".*

#### 4. Conclusioni

La problematica dell'inquinamento termico degli assetti urbani, con annesse tutte le conseguenze di natura climatica, energetica, economica e, non ultime, quelle relative alle condizioni di comfort ambientale e legate alla salute umana, risulta oramai chiara e declinata nei suoi aspetti fondamentali. Altrettanto chiare e delineate sono le strategie tecniche di riferimento per una efficace risposta in termini di mitigazione e controllo della problematica. E' altresì chiaro, tuttavia, che l'uso episodico e rarefatto, nell'ambito dei contesti urbani, di tali strategie e soluzioni tecniche di intervento, non potrà conseguire apprezzabili risultati in relazione ad una problematica riferita alla scala urbana complessiva. Risulta pertanto fondamentale e imprescindibile una strategia di politica e programmazione urbana che sovrintenda le delineate strategie tecnico-attuative: E' assolutamente necessario che specifici e innovativi strumenti normativi vengano studiati ed emanati, a livello nazionale e a quello locale delle pubbliche amministrazioni, per raggiungere l'auspicabile obiettivo di diffondere al massimo l'utilizzazione delle strategie di mitigazione climatica nell'ambito dei contesti urbani, ovviamente laddove ciò risulti fattibile nel rispetto e nella considerazione dei caratteri architettonici dei luoghi urbani.

## Riferimenti bibliografici

- A. Muscio (Università di Modena e Reggio Emilia), “*Il progetto MAIN (programma MED) per la riqualificazione “nearly zero-energy” degli edifici*”, atti del convegno “*Smart Facility & Energy Management – Progetti innovativi di servizi e tecnologie per edifici, infrastrutture e reti delle città intelligenti*”; Bologna, 24 ottobre 2014.
- E. Carattin, A. Musacchio, V. Tatano, “*Riflessioni eco-logiche urbane. Strategie di mitigazione del fenomeno delle isole di calore: cool roof e green roof*”; in “*Il clima cambia le città. Strategie di adattamento e mitigazione nella pianificazione urbanistica*”; Francesco Musco, Edoardo Zanchini (a cura di); Franco Angeli, Milano, 2014.
- F. Cotana, F. Rossi, M. Filippini, A.L. Pisello (Università degli Studi di Perugia, CIRIAF- Centro Interuniversitario di Ricerca sull’Inquinamento da Agenti Fisici), “*Progetto “Albedo Control”: una risposta sostenibile al riscaldamento globale*”; in *Ambiente & Sicurezza - Il Sole 24 Ore* n.5; 9 marzo 2010.
- D.D’Olimpio, “*La Progettazione del Microclima Urbano*”; Edizioni Kappa, Roma, 2008
- M.Colacino (Istituto di Fisica dell’Atmosfera – CNR – Roma), “*Considerazioni in tema di clima urbano*”; in *Nimbus* n.13-14, Anno IV n.3/4 - luglio-dicembre 1996; Società Meteorologica Subalpina, Torino, 1996
- G.L. De Bartolomeis, “*Notizie topografiche e statistiche sugli Stati Sardi*”, Stamperia Reale, Torino, 1840-47.
- Yasuyo Makido, Dana Hellman, Vivek Shandas, “*Nature-Based Designs to Mitigate Urban Heat: The Efficacy of Green Infrastructure Treatments in Portland*”, Portland, Oregon (USA); 2019