

# Massa e leggerezza: qualità urbana lungo le Mura Aureliane a Roma. *Walking through walls*

RICERCA E  
SPERIMENTAZIONE/  
RESEARCH AND  
EXPERIMENTATION

Maria Federica Ottone, Roberta Cocci Grifoni, Graziano Enzo Marchesani,  
Scuola di Architettura e Design "E.Vittoria", Università degli Studi di Camerino, Italia

mariafederica.ottone@unicam.it  
roberta.cocci@unicam.it  
graziano.marchesani@unicam.it

**Abstract.** Questo studio intende focalizzare la sua attenzione sul sistema delle Mura Aureliane, prendendo come riferimento il piano regolatore che ne indica il ruolo di infrastruttura verde al servizio delle aree immediatamente prossime al centro storico. Si propone un rafforzamento del sistema in chiave ambientale, come opportunità per rigenerare spazi aperti di relazione utilizzando la massa muraria come dispositivo ambientale e, al tempo stesso, come memoria e simbolo della Roma storica. L'obiettivo è la rifunzionalizzazione dell'elemento murario come un'isopleta urbana capace di generare comfort termoisolante in virtù dell'inserimento di elementi verdi e dispositivi funzionali in zone della città pervase da materiale lapideo/cemento/asfalto.

**Parole chiave:** Cambiamenti climatici; Outdoor Comfort; Isola di calore urbano; Rigenerazione urbana.

## Introduzione

Roma ha aumentato in modo esponenziale il consumo di suolo, con una stima pari a tre metri quadri al minuto (ISPRA, 2015). Sulla linea del più recente piano regolatore, gli strumenti attuativi hanno già individuato una parziale risposta al fenomeno indirizzando il settore privato verso la costruzione di nuove strutture abitative e di servizio all'interno di quartieri consolidati, sostituendo edifici non più rispondenti alle attuali normative, segnatamente per gli aspetti strutturali ed energetico ambientali. A questo fenomeno di sostituzione edilizia, che ha determinato un fortissimo incremento di strutture ricettive nei quartieri immediatamente prossimi al centro storico, non corrisponde una adeguata risposta in termini di offerta di spazi aperti e di aree dello "stare".

Roma è una delle poche grandi città del mondo che conserva ancora, praticamente intatta, la cinta delle mura, un grande fronte urbano di circa 19 chilometri segnato da 14 porte principali (Fig. 1).

Attualmente la cinta muraria costituisce uno degli ambiti di programmazione strategica proposti dal nuovo Piano Regolatore

Mass and lightness:  
urban quality along the  
Aurelian Walls in Rome.  
*Walking through walls*

**Abstract.** This study focuses on the system of the Aurelian Walls with reference to Rome's regulatory plan, which indicates its role as green infrastructure in service of the areas adjacent to the historical centre of Rome. A proposal is made to reinforce the system with an environmental focus as an opportunity to regenerate open spaces for interaction, using the mass of the walls as an environmental device as well as a memory and symbol of historical Rome. The objective is to reuse the wall as an urban contour line to generate humidity and thermal comfort by virtue of the insertion of green elements and functional devices in areas of the city pervaded by stone, cement, and asphalt.

**Keywords:** Climate change; Outdoor comfort; Urban heat island; Urban regeneration.

Generale della città di Roma (Fig. 2); si tratta di un segnale di grande rilievo, perché le Mura Aureliane non sono solo considerate manufatto storico, oggetto di misure di restauro e manutenzione, ma anche infrastruttura urbana primaria ed in particolare dispositivo ambientale in grado di svolgere un ruolo rilevante nella valorizzazione della forma urbana e nella mitigazione microclimatica.

Nel 2014 si è formato un gruppo di studio spontaneo, chiamato Wall Walk, che ha promosso, attraverso convegni e workshop, una riflessione teorica e progettuale sul tema delle Mura Aureliane, individuando delle aree "sensibili" sulle quali operare delle sperimentazioni sul recupero di spazi pubblici lungo l'antica cinta muraria (Wall Walk, 2014). A partire da questa esperienza, e da una riflessione storico critica sul tema degli spazi pubblici a Roma (Gadayne and Smith, 2013), è emersa la necessità di considerare le Mura come un sistema ambientale dedicato allo spazio pubblico con l'obiettivo di migliorare la qualità della vita in quei quartieri che vengono lambiti dalle Mura stesse. Oggi la cinta muraria è a tratti quasi invisibile perché confusa all'interno di aree degradate della città, nonostante la loro posizione strategica. Tra le aree individuate sono un esempio emblematico di scarsa valorizzazione l'area vicino alla basilica di San Giovanni in Laterano, il quartiere San Lorenzo e Porta Maggiore, quello di Testaccio, e altri ancora.

La rifunzionalizzazione dell'infrastruttura permette di interpretare la cinta muraria come un'"isopleta urbana" con funzioni di mitigazione microclimatica grazie all'attento inserimento di elementi verdi e dispositivi funzionali in aree prevalentemente caratterizzate da materiale impermeabile. Proprio su questi spazi

## Introduction

In Rome, land consumption occurs exponentially, with an estimate of three-square metres per minute (ISPRA, 2015). In the most recent regulatory plan, the tools for implementation have identified a partial response to this phenomenon, instructing the private sector to build new living structures and services within consolidated neighbourhoods and substituting buildings that no longer respond to current standards, especially with regard to structural, energy, and environmental aspects. This building replacement, however, which has created a very strong increase in accommodation in quarters immediately adjacent to the historical centre, has not corresponded to an adequate response in terms of open space and areas for 'being'.

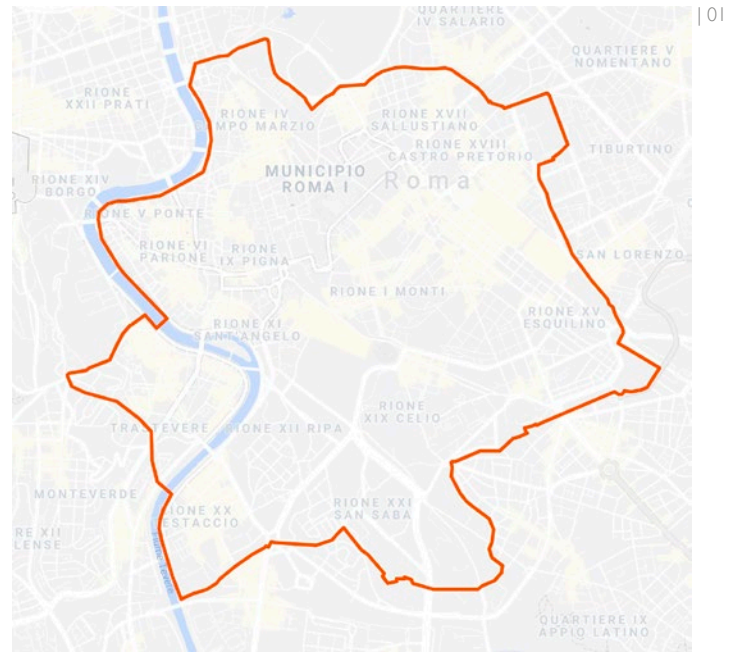
Rome is one of few large cities in the

world whose city walls are maintained practically intact, constituting a large urban façade about 19 kilometres long marked by 14 main gates (Fig. 1).

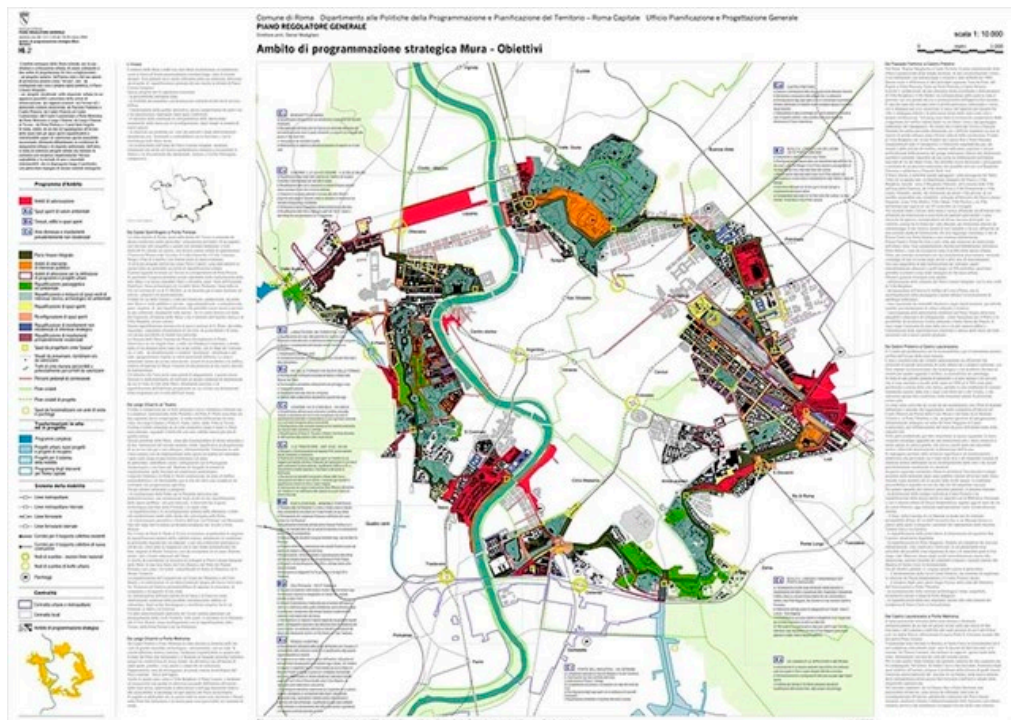
The city walls currently constitute one of the areas of strategic planning proposed by the new General Regulatory Plan (GRP) of the City of Rome (Fig. 2). This is of great importance, because the Aurelian Walls are not only considered a historical construction, the object of restoration measures and maintenance, but also primary urban infrastructure. They represent an environmental device capable of playing an important role in enhancing the urban form and affecting the microclimate. In 2014, a study group called Wall Walk formed spontaneously (Wall Walk, 2014). Through conferences and workshops, the group promoted theoretical and planning considerations regarding the Aurelian Walls, identifying

si propone un'indagine puntuale che, riprendendo il concetto di agopuntura urbana di Manuel Sola Morales riferito al tema della rigenerazione urbana, viene qui declinato come "agopuntura ambientale" (De Solà-Morales, 2008). Dunque partendo dalla questione climatica come componente fondamentale del benessere abitativo urbano, vengono considerati la massa, l'orientamento, i materiali e le loro caratteristiche termofisiche, i sistemi verdi come un insieme di requisiti innegabilmente collegabili fra loro ed indispensabili per il controllo microclimatico delle aree di analisi (Xiaodong *et al.*, 2019; Bartesaghi Koc *et al.*, 2018; Battista *et al.*, 2016).

Nel considerare la massa delle Mura, particolare attenzione viene data all'orientamento e alla capacità del muro di accumulare energia per poi restituirlo con utile sfasamento temporale e poterlo utilizzare durante le stagioni invernale o estiva (Dietrich U., 2018). Le mura acquisiscono una nuova funzione ambientale ed evolvono da sistema di difesa ad elemento di



mediazione climatica capace contrastare fenomeni come quelli delle ondate di calore o effetti di isola di calore urbana (Urban Heat Island, UHI).



Con queste premesse si propone una strategia metodologica basata sulle analisi termofluidodinamiche (tomografie ambientali) di aree urbane, oggetto di innesti puntuali di micro luoghi che si relazionano al contesto, generando macro luoghi, e capaci di dare indicazioni progettuali utili per la mitigazione microclimatica degli spazi aperti e la attenuazione del fenomeno isola di calore urbana (Taha *et al.*, 1988; Oke, 1982).

L'indagine tomografica, già definita come metodologia di indagine basata sulla sezione urbana alle diverse scale con «lo scopo di individuare ed analizzare, attraverso l'uso ripetuto della sezione verticale, gli intensi rapporti tra lo spazio urbano aperto e gli edifici, tenendo conto delle condizioni microclimatiche del sito, ossia la specificità dei singoli luoghi in relazione anche alla conformazione dell'insediamento urbano o paesaggistico», attraverso uno strumento di analisi fluidodinamica computazionale (CFD) (Cocci Grifoni and Ottone, 2013; Cocci Grifoni *et al.*, 2017).

Questa metodica permette di effettuare un confronto tra i valori delle temperature di progetto e i valori dell'indice di comfort termico Predicted Mean Vote (Fanger, 1972) relativi alla condizione ante operam e post operam, registrate nei periodi estivi. Gli interventi considerati riguardano l'utilizzo di elementi di verde verticale ed orizzontale (Manso and Castro-Gomes, 2015; Olivieri *et al.*, 2017; Santamouris, 2014; Alcazar Saiz *et al.*, 2016), la piantumazione di elementi arborei opportunamente scelti (Brandt *et al.*, 2016; Klemm *et al.*, 2015) e l'utilizzo di dispositivi architettonici temporanei in grado di mitigare i fenomeni di surriscaldamento e di generare qualità urbana nelle aree più esposte al degrado. Le restituzioni tomografiche dei risultati mostrano in maniera chiara gli effetti mitiganti dell'intervento progettuale.

'sensitive' areas to experiment with in recovering public spaces along these ancient city walls. Starting with this experience, and with a critical historical reflection on the theme of public spaces in Rome (Gadeyne and Smith, 2013), the need emerged to consider the walls as an environmental system dedicated to public space with the objective of improving the quality of life in neighbourhoods adjacent to the walls. Today, the walls form a nearly invisible tract because, despite their strategic position, they are mixed in with degraded areas of the city. Among the areas identified, examples of the lack of enhancement include the area near the Basilica of St. John Lateran, the San Lorenzo quarter and Porta Maggiore, Testaccio, and still others. Reuse of this infrastructure will allow the city walls to be interpreted as an urban contour line used to mitigate the

microclimate with the careful insertion of green elements and functional devices in areas of the city primarily characterized by impermeable materials. It is precisely in these spaces that a point-like investigation is proposed. Echoing Manuel Sola Morales' concept of 'urban acupuncture' in reference to urban regeneration, the interventions here are modified as 'environmental acupuncture' (De Solà-Morales, 2008). Therefore, starting from the climate as a fundamental component of well-being in urban living, the mass, orientation, materials, their thermo-physical characteristics, and green systems are considered as a set of requirements that are unavoidably connected and indispensable for controlling the microclimate in these areas (Xiaodong, *et al.*, 2019; Bartesaghi Koc *et al.*, 2018; Battista *et al.*, 2016). In considering the mass of the walls,

Trattandosi di interventi che insistono su una preesistenza soggetta a vincoli, l'ipotesi di agire, oltre che con il verde, con elementi temporanei, mira a rispondere da una parte alla intangibilità di un monumento storico e, parallelamente, ad una forte domanda di qualità urbana e architettonica, intesa nel senso più ampio. Anche la dimensione estetica, resa attraverso una scelta dimensionale adeguata al contesto e ad un accurato studio dei materiali, viene considerata una parte non trascurabile della validità della proposta.

### **Sistema urbano come sistema complesso**

Il clima sta cambiando e la resilienza ai cambiamenti climatici sta diventando fondamentale per le politiche globali e locali. Quest'approccio comporta la ricerca di sinergie tra azioni di mitigazione dei cambiamenti climatici e l'adattamento, ove possibile. Il più noto degli impatti del processo di urbanizzazione sul clima locale è l'isola di calore urbana. Tale termine indica il fenomeno che produce temperature più elevate nelle aree urbane rispetto alle zone circostanti periferiche e rurali limitrofe. L'isola di calore urbana per similitudine ricorda, se rappresentata dalle isoterme (curve a temperatura costante), un'area (isola) circondata da aree suburbane limitrofe caratterizzate da temperature inferiori. Questo fenomeno microclimatico consiste in un significativo incremento della temperatura nell'ambito urbano rispetto alle aree rurali circostanti, con consequenziali differenze di temperatura che nel corso della notte arrivano non infrequentemente ai 5-6 °C (Dimoudi *et al.*, 2013; USGCRP, 2017; Oke, 1995). Le cause del fenomeno sono principalmente in riferimento all'effetto della geometria urbana sul profilo logaritmico del vento, all'effetto dei differenti materia-

particular attention is focused on the orientation and capacity of the wall to accumulate energy and then release it with a useful time shift, using it appropriately during winter or summer periods (Dietrich U., 2018). The walls thereby acquire a new environmental function and evolve from a system of defence to a climate-mediating element capable of contrasting phenomena such as heat waves or the urban heat island (UHI).

With these premises, a methodological strategy is proposed. This is based on the analysis of the thermo-fluid dynamics (environmental tomographies) of urban areas targeted by the precise insertion of micro-places created for the context, which then generate macro-places and provide useful planning indications to mitigate the microclimate of open spaces and attenuate the UHI (Taha *et al.*, 1988; Oke, 1982). Environ-

mental tomography is a method of investigation based on urban sections on different scales. The «scope is to use vertical sections to identify and analyse the close relationships between the urban open space and buildings, considering the microclimate conditions of the site, i.e. the specifics of the individual places», in relation to the structure of the urban settlement or landscape via a tool for computational fluid dynamics analysis (CFD) (Cocci Grifoni and Ottone, 2013; Cocci Grifoni *et al.*, 2017). This method allows the values of temperature and predicted mean vote (Fanger, 1972), a thermal-comfort index, registered in summer periods to be compared in the conditions before and after intervention. The interventions considered entail the use of vertical and horizontal green elements (Manso and Castro-Gomes, 2015; Olivieri *et al.*, 2017; Santamouris, 2014;

li utilizzati per i manufatti urbani e alla presenza o meno del verde. In particolare, il principale fattore che determina il fenomeno di surriscaldamento urbano è legato alle caratteristiche di riflessione ed assorbimento dell'energia solare definito come valore di albedo, ovvero rapporto tra la frazione di radiazione solare riflessa e quella incidente. Principale conseguenza dell'aumento delle temperature nella città è la variazione del microclima urbano e la percezione termica da parte del fruitore cittadino (Cocci Grifoni, 2013).

Negli ultimi anni, anche a causa delle proiezioni locali dei cambiamenti climatici globali, si è tentato di considerare le trasformazioni urbane utilizzando un approccio meteo-climatico-ambientale, attento alla complessità dei fenomeni, nel tentativo di raggiungere la qualità degli spazi aperti urbani anche grazie al raggiungimento del comfort termico ambientale, garantendo benessere. A questo proposito, lo spazio esterno appare come l'interfaccia di scale urbane e architettoniche, e può essere considerato un luogo attivo e dinamico tra edifici.

Diventa di fondamentale importanza, quindi, progettare luoghi di connessione tra il costruito, che rappresentino una "mediazione termodinamica" tra edificio ed ambiente, tra costruito e meteorologia. Questa oscillazione tra spazio aperto e spazio edificato può rappresentare lo scenario all'interno del quale deve svilupparsi un'architettura che vuole progettare un'ipotesi di abitare ambientalmente sostenibile. Si assiste, di conseguenza, alla generazione termodinamica di spazi che dotati di comfort e qualità ambientale si identificano come luoghi, piacevoli da vivere, catalizzatori ed attrattori di attività sociali. Lo spazio da progettare è un insieme complesso di varianti energetiche e ambientali e non un ideale estetico a priori: le nuove forme devono

Alcazar Saiz *et al.*, 2016), the planting of appropriately chosen trees (Brandt *et al.*, 2016; Klemm *et al.*, 2015), and the use of temporary architectural devices capable of mitigating overheating and generating urban quality in the areas most exposed to degradation. The tomographic rendering of the results clearly shows the mitigating effects of the designed intervention.

Since these interventions rest on pre-existing elements subject to restrictions, the idea of using temporary elements in addition to green elements aims to respond to both the intangibility of a historical monument and to a strong demand for urban and architectural quality intended in its broadest sense. The aesthetic aspect, made through a dimensional choice suitable for the context and a careful study of materials, is also considered a necessary part of the proposal's validity.

#### **The urban system as a complex system**

The climate is changing and resilience to climate change is becoming a necessary element of global and local policies. This approach entails a search for synergy between actions to mitigate climate change, and adaptation where possible. The best-known impact of the process of urbanization on the local climate is the urban heat island. In this phenomenon, higher temperatures are produced in urban areas than in the surrounding suburbs and rural areas, with a consequent difference in temperature that can regularly reach 5–6°C at night (Dimoudi *et al.*, 2013; USGCRP, 2017; Oke, 1995). On a temperature contour map, the UHI appears as an area (island) surrounded by adjacent suburban areas with lower temperatures. The causes of the phenomenon are mainly due to the effect

nascere dall'analisi delle forze della natura e non più dalla visione antropocentrica della realtà.

Uno dei punti cardine di tale approccio è proprio quello di cercare progettare luoghi in base alle caratteristiche meteorologiche dell'area (Rahm, 2009). Il risultato è un'architettura non più pensata in senso "strutturale" ma addirittura "orientata climatologicamente". A tal fine è necessaria una attenta analisi spaziotemporale dell'area di progetto per poter valutare con attenzione gli andamenti dei gradienti delle principali variabili fisiche e meteorologiche. A tal proposito è stata sviluppata una metodologia di indagine che ispirandosi alla diagnostica tomografica per immagini permette di ottenere capillari informazioni per l'individuazione di "punti nevralgici" con "patologie ambientali" che possono essere risolte con un'attenta e puntuale progettazione ambientale (Ottone *et al.*, 2018).

#### **Microclima urbano e sua percezione**

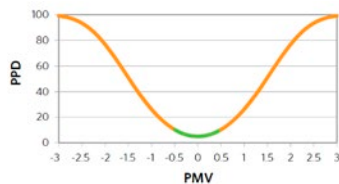
Ad oggi la più efficace definizione analitica delle condizioni di comfort termoigrometrico è quella proposta da P.O. Fanger (Fanger, 1972). Tale modello si basa su considerazioni quantitative legate alle equazioni di equilibrio termico e sulla elaborazione statistica dei risultati di una vasta indagine campionaria condotta su individui sottoposti a condizioni ambientali controllate in ambiente confinato. L'esigenza sulla quale si basa la teoria di Fanger nasce dalla necessità di correlare i parametri di tipo fisico a sensazioni soggettive delle persone esposte. L'indice che si ottiene è quello maggiormente utilizzato in campo internazionale è il Voto medio previsto PMV (Predicted Mean Vote legato al PPD, Predicted Percentage of Dissatisfied) con un range di variabilità compreso tra -3 e 3

of the urban geometry on the logarithmic wind profile, the different materials used for urban construction, and the presence or lack of green elements. In particular, the main factor determining urban overheating is tied to the reflection and absorption of solar energy defined as the albedo, that is, the ratio of reflected solar radiation to incident radiation. A major consequence of the increase in city temperature is variations in the urban microclimate and the perception of temperature by city users (Cocci Grifoni, 2013).

Due to local projections of global climate change, an attempt has been made in recent years to consider urban transformations using a weather-climate-environment approach attentive to the complexity of various phenomena, thereby achieving quality in urban open spaces as well as environmental thermal comfort, guaranteeing well-

being. In this respect, exterior space acts as an interface between the urban and architectural scales, and can be considered an active, dynamic place between buildings.

It is therefore of fundamental importance to design places of connection among the buildings as 'thermodynamic mediation' between the buildings and the environment, between constructions and meteorology. This oscillation between open and built space can represent a scenario for developing architecture that aims for environmentally sustainable living. Spaces are therefore generated thermodynamically that, with their comfort and environmental quality, are identified as pleasant places to live and catalysts and attractors of social activity. The designed space entails a complex set of energy and environmental variables and is not ideal aesthetics a



(percezione molto fredda/percezione molto calda), si veda la figura 3.

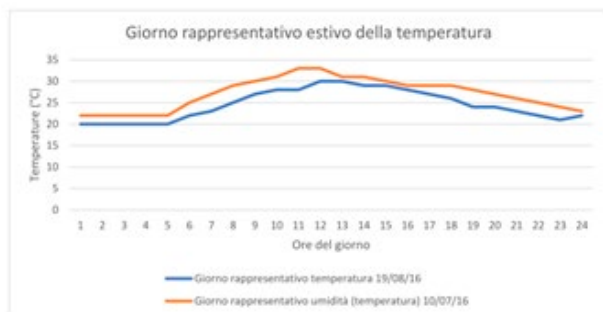
Dal punto di vista termico, facendo riferimento alle classificazioni generali (Köppen, 1936), l'area di studio all'interno della Città di Roma rientra nel dominio del clima temperato mediterraneo con inverni miti ed estati calde. Di particolare interesse per questo studio è la stagione estiva che mediamente può essere rappresentata come calda, umida e tendenzialmente siccitosa. È presente una notevole variabilità microclimatica all'interno del suo territorio e una notevole influenza del fenomeno UHI che tende a surriscaldare le aree più centrali.

Per effettuare una attenta valutazione delle condizioni meteorologiche dell'area sono stati analizzati i dati rilevati dalla stazione meteorologica di Roma Ciampino, riferiti all'anno rappresentativo (anno 2016) del decennio analizzato 2009-2018. I dati elaborati sono: temperatura (°C), umidità relativa (%), velocità del vento (m/s) e direzione del vento (espressa in gradi). Me-

dante un algoritmo proprietario (Pierantozzi *et al.*, 2012) sono stati calcolati i giorni rappresentativi (Tirabassi and Nasseti, 1999) per gli scenari estivi e invernali. Il giorno rappresentativo individuato (indicatore meteorologico sintetico e rappresentato da un giorno reale in grado di descrivere le condizioni meteorologiche estive per l'area di studio) è il 19 agosto. Nella figura 4 sono rappresentati gli andamenti della temperatura e dell'umidità, nella figura 5 la rosa dei venti della forzante meteorologica Vento.

### Definizione dell'isopleta funzionale

Le Mura Aureliane sono qui considerate come una linea "isopleta" che, anche se nascosta e poco rappresentata negli itinerari urbani tradizionali, si ritiene essere in grado di raccogliere le diverse istanze derivanti dai luoghi che esse lambiscono, tra loro molto diversi ma appartenenti ad un unicum che è la città di Roma e il suo centro storico.



priori; the new forms should grow out of an analysis of the forces of nature and no longer out of an anthropocentric vision of reality.

One of the key aspects of this approach is precisely the goal of designing places based on the meteorological characteristics of the area (Rahm, 2009). The resulting architecture is no longer thought of in a 'structural' sense but may even be 'oriented to the climate'. To this end, careful spatial-temporal analysis of the area is necessary to be able to carefully assess the gradients of the main physical and meteorological variables. In this respect, a method of investigation was developed that, inspired by tomographic image diagnostics, allows capillary information to be obtained to identify 'nerve points' with 'environmental pathologies' that can be resolved with careful, precise environmental design (Ottone *et al.*, 2018).

### Urban microclimate and its perception

Today, the most effective analytical definition of the conditions of humidity and temperature is the one proposed by P.O. Fanger (Fanger, 1972). This model is based on quantitative considerations tied to the equations of thermal balance and the statistical analysis of a vast sample study made on individuals subjected to controlled environmental conditions in a confined environment. The drive for Fanger's theory is based on the need to correlate physical parameters with the subjective feelings of people exposed to the conditions. The index thus obtained, i.e. the PMV (predicted mean vote, which is tied to PPD, the predicted percentage of dissatisfied) has a range from -3 to 3 (very cold to very hot; Fig. 3) and is the one mostly used internationally.

From the thermal point of view, the area of study within the City of Rome is classified as a temperate Mediterranean climate, with mild winters and hot summers (Köppen, 1936). Of particular interest for this study is the summer, which on average is hot, humid, and relatively dry. There is notable microclimate variability within the territory, but the significant influence of the UHI tends to cause overheating in the most central areas.

To carefully evaluate the weather/climate conditions of the area, data obtained from the Rome Ciampino weather station were analysed, referring to the representative year (2016) in the decade analysed 2009-2018. The data include temperature (°C), relative humidity (%), wind speed (m/s), and wind direction (expressed in degrees). Through a proprietary algorithm (Pierantozzi *et al.*, 2012), the represent-

ative days were calculated (Tirabassi and Nasseti, 1999) for winter and summer scenarios. The representative day is synthetic weather-climate indicator represented by a real day that describes the summer meteorological conditions for the area of study. In this situation it was identified as 19 August. Figure 4 shows the temperature and humidity trends and figure 5 shows the wind rose of the wind weather-climate force.

### Definition of the functional contour line

In this research, the Aurelian Walls are viewed as a 'contour line' that, even if hidden and little represented in traditional urban itineraries, is deemed capable of embracing the various demands deriving from adjacent places, which are very diverse but pertain to a single unit, i.e. the city of Rome and its historical centre.

Le questioni principali che emergono nell'analisi progettuale promossa dal nuovo Prg sono individuabili nel riconoscimento della cinta muraria come grande segno della struttura del territorio e contemporaneamente l'esigenza di una riconfigurazione di questo manufatto fortemente irregolare e non completamente conservato. La sua "nuova definizione" come dispositivo ambientale capace di mitigare gli effetti d'isola di calore urbana avviene grazie all'innesto di strategie passive (Fig. 6) opportunamente scelte dopo l'analisi dello stato di fatto (ante operam). Gli schemi proposti offrono diverse configurazioni utilizzando le mura come elemento del paesaggio urbano che contribuisce, con la sua massa, a fornire comfort e benessere se lo si accompagna con interventi misurati, temporanei e/o reversibili, funzionalmente caratterizzati in base alla collocazione all'interno dell'anello delle Mura, così come schematizzati nella figura 7 tramite pittogrammi.

Per ogni azione di mitigazione sono stati evidenziati i valori dei parametri termofisici caratteristici del materiale quali albedo, verde, permeabilità.

Per le analisi di simulazione numerica dello stato di fatto (ante operam) e di progetto (post operam) si è utilizzato uno strumento di modellazione termofluidodinamica (ENVIMET, 2019) capace di rappresentare, mediante isolinee cromatiche, i valori di temperatura, umidità, intensità del vento e valori dell'indice di comfort PMV.

Le schematizzazioni proposte hanno come obiettivo quello di validare una metodologia per la definizione di un sistema ambientale complesso, basato sull'ipotesi di "agganciare" le trasformazioni ad una infrastruttura preesistente di pregio, e immaginando che questa metodologia possa essere analogamente utilizzata in molti casi dove alcuni elementi urbani caratterizzanti e

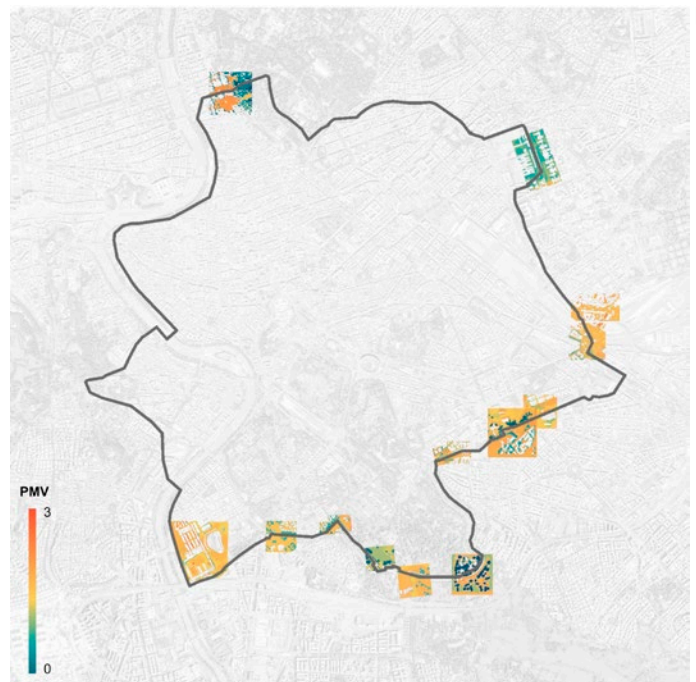
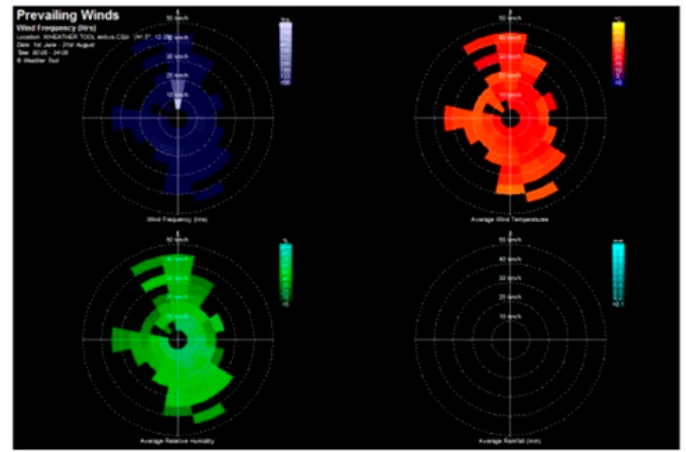
The main questions emerging from the design analysis promoted by the new GRP derive from recognition of the city walls as a great symbol of the territorial structure and the need to reconfigure this highly irregular and not entirely preserved construction. Its 'new definition' as an environmental device capable of mitigating the effects of the urban heat island occurs by inserting passive strategies (Fig. 6) appropriately chosen after analysis of the current state (before intervention). The schemes proposed present different configurations using the wall as an urban landscape element that contributes, with its mass, to providing comfort and well-being if accompanied by measured, temporary, and/or reversible interventions characterized functionally based on their location within the ring of the wall (Fig. 7). For each mitigation action, the character-

istic thermo-physical values of the materials such as albedo, green-ness, and permeability are highlighted.

To numerically simulate the current state (before intervention) and designed state (after intervention), a thermo-fluid dynamics modelling tool was used (ENVIMET, 2019) to represent temperature, humidity, wind strength, and values of the PMV index using coloured contour lines.

The proposed schematizations aim to validate a method to define a complex environmental system based on the idea of 'hooking' the transformations onto a prestigious pre-existing infrastructure. This method may likewise be used in many cases where some characteristic urban elements spread throughout the territory may constitute a 'nervous system' of future transformations.

The pictograms represented schemati-



cally are clarified further through the key words 'cover', 'green portico', 'offset', etc. This apparent simplification in reality follows analysis that considers both the dimensional quantitative parameters and qualitative parameters such as materials, climate data, separation from pre-existing elements, orientation, etc. The expected interventions regard light or textile coverings, green horizontal and vertical architectural elements, pavilions, and temporary elements. The expected functions are primarily aimed at cultural and collective recreation. The system should be coordinated and made synergic through the identification of complementary functions that are strongly connected not only with the adjacent urban fabric, but also with the entire ring of the walls.

As an open system, the progressive increase in points on the contour line

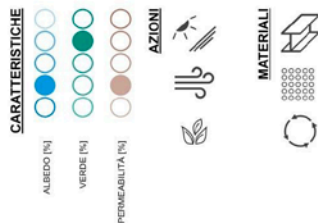
correspond to an analogous increase in the environmental quality of the system as a whole but do not detract from the value of each individual intervention. As can be seen in the general framework, the areas identified as those most suitable for transformation (south-east and south-west sides of the ring marked in red on the GRP) are also those with the most problems since they are abandoned areas that are not very safe. Their reactivation would allow this aspect to turn around dramatically through the use of public spaces, of which there are very few.

#### Discussion of the results

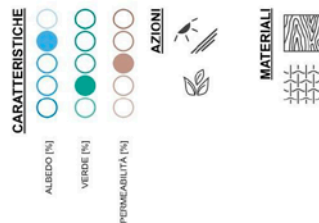
Environmental acupuncture allows for the insertion of interventions in 'climate-strategic' positions that have been appropriately identified after carefully studying the history of the area. As shown in figure 6, some

07 |

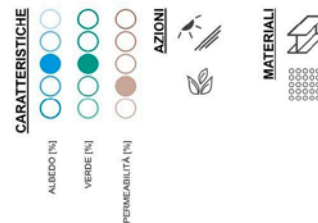
**Multi-level (A)**



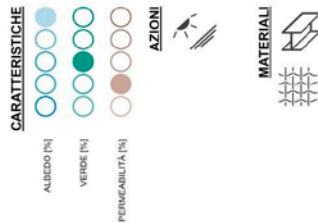
**Mantle (B)**



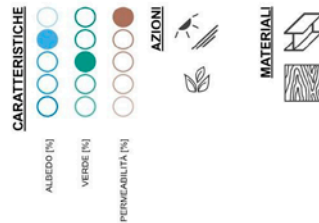
**Cavity + Green + Offset (C)**



**Inside-Out (D)**



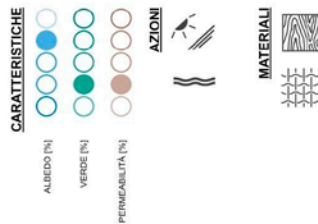
**Green "portico" (E)**



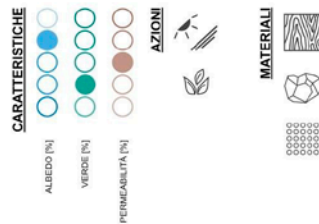
**Double face (F)**



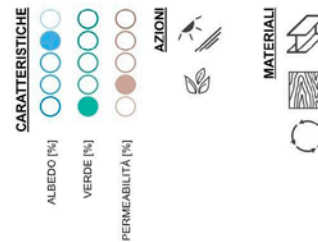
**Screen + Water garden (G)**



**Green "piazza" (H)**



**Overlooking (I)**



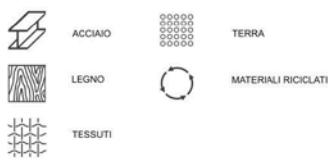
**CARATTERISTICHE**



**AZIONI**



**MATERIALI**



diffusi sul territorio possano costituire la nervatura delle future trasformazioni.

I pittogrammi rappresentano in modo schematico altrettante proposte, rese più esplicite attraverso delle parole chiave: *mantello*, *green portico*, *offset*, ecc. Questa apparente semplificazione è in realtà successiva ad un lavoro di analisi realizzato tenendo conto di parametri quantitativi dimensionali; ma anche parametri qualitativi come materiali, dati climatici, distacchi dalla preesistenza, orientamento, ecc.

Gli interventi previsti riguardano coperture leggere o tessili, verde architettonico orizzontale e verticale, padiglioni ed elementi temporanei. Le funzioni previste sono prevalentemente orientate ad uno scopo culturale e ludico insieme. Un sistema che dovrebbe essere coordinato e sinergico attraverso l'individuazione di funzioni complementari e fortemente connesse con il tessuto urbano adiacente, ma anche con l'intero anello delle Mura.

Come un sistema aperto, la progressiva intensificazione dei punti dell'isopleta corrisponde ad una altrettanta intensificazione delle qualità ambientali del sistema preso nel suo insieme peraltro senza nulla togliere al valore di ogni singolo intervento.

Come si vede dal quadro generale, le aree individuate come quelle più vocate alla trasformazione (lato Sud-Est e Sud-Ovest dell'anello e segnate in rosso sul PRG), sono anche quelle con maggiori problematicità in quanto aree abbandonate e poco sicure. La loro riattivazione consentirebbe una forte inversione di tendenza nell'uso degli spazi pubblici, di cui si avverte una forte carenza.

**Discussione dei risultati** L'agopuntura ambientale consente di innestare interventi in posizioni "climaticamente strategiche" ed opportunamente in-

very critical situations are seen in the before-intervention state in the large areas most exposed to solar radiation, those with few trees, and those characterized by materials with a low albedo. The distribution of the interventions described in figure 7 entail the insertion of devices for green or cool covering in the areas with the most solar radiation; permeable devices that act as a diaphragm for areas where, by analysing the horizontal and vertical sections of the wind field, it is possible to channel flows and increase natural ventilation; and devices to decrease the amount of impermeable surface area and its conversion into elements with improved thermo-physical characteristics capable of more effectively managing the albedo and water regulation.

The results in figure 8 show a PMV index of humidity and temperature

comfort close to zero (colours near turquoise), i.e. point-like improvement in the perceived conditions. Figure 9 instead shows the results of climate mitigation also in areas connecting the sites of intervention. These results highlight the potential of environmental acupuncture to act precisely with focused environmental strategies and to obtain positive results on a much wider spatial scale.

#### Conclusion

Environmental acupuncture allows for point-like interventions in 'nerve' areas of the infrastructure and those that are the most active from an energy standpoint. This concept defines the local character of the interventions, referring to the small scale and to the very simple strategies described in the previous section, in order to improve the perceived thermal comfort in an

area much broader than the area of intervention. Improvement of the environmental characteristics in some problematic areas of the city united by the contour line of the walls appears in this study as a strategy to reactivate places and make them attractive for both inhabitants of adjacent neighbourhoods and those who experience the city and its historical centre, moving from one quarter to another. The historical centre appears to be suffocated by the massive presence of tourists, who suffer from a lack of comfortable, welcoming areas, especially in the summer when there is a greater demand for adequate public spaces to host people and events. The strategy proposed offers technicians and administrators a tool for useful evaluation to consider the relationship between the small scale and comprehensive strategies of city government.

I risultati rappresentati in figura 8 mostrano come, puntualmente, ci sia un miglioramento delle condizioni percettive, indicato dalla prossimità allo zero dell'indice di comfort termoisometrico PMV (viraggio cromatico verso il turchese). In figura 9 si osserva, invece, il risultato di mitigazione climatica anche nelle aree di connessione delle zone di intervento.

Il risultato evidenzia la potenzialità della agopuntura ambientale di agire puntualmente con strategie ambientali mirate ed ottenere risultati positivi su scala spaziale molto più ampia.

#### Conclusioni

L'azione di agopuntura ambientale consente di intervenire puntualmente in quelle zone "nevralgiche" ed energeticamente più attive dell'infrastruttura. Il concetto definisce bene il carattere locale degli interventi riferendosi alla piccola scala e a strate-



gie molto semplici, come descritto nel paragrafo precedente, in modo da avere miglioramenti del comfort termico percepito su un'area spaziale maggiore rispetto a quella dell'intervento. Il miglioramento delle caratteristiche ambientali in alcune aree problematiche della città unite dall'isopleta delle Mura appare in questo studio una strategia per riattivare luoghi e renderli attrattivi non solo per gli abitanti dei quartieri adiacenti le Mura, ma anche per coloro che vivono la città e il suo centro storico spostandosi da un quartiere all'altro. Il centro storico appare soffocato dalla presenza massiccia di turisti che soffrono della mancanza di aree confortevoli e accoglienti, soprattutto nella stagione estiva dove maggiori sono le richieste di spazi pubblici adeguati ad accogliere persone ed eventi. La strategia proposta offre a tecnici e amministratori uno strumento di valutazione utile per ragionare sul rapporto tra piccola scala e strategia complessiva di governo della città.

#### REFERENCES

Alcazar Saiz, S., Olivieri, F. and Neila, J. (2016), "Green roofs: Experimental and analytical study of its potential for urban microclimate regulation in Mediterranean-continental climates", *Urban Climate*, Vol. 17, pp. 304-317.

Bartasaghi Koc, C., Osmond, P. and Peters, A. (2018), "Evaluating the cooling effects of green infrastructure: a systematic review of methods, indicators and data sources", *Solar Energy*, Vol. 166, pp. 486-508.

Battista, G., Carnielo, E. and De Lieto Vollaro, R. (2016), "Thermal impact of a redeveloped area on localized urban microclimate: A case study in Rome", *Energy and Buildings*, Vol. 133, pp. 446-454.

Brandt, L., Derby Lewis, A., Fahey, R., Scottd, L., Darlingd, L. and Swanston, C. (2016), "A framework for adapting urban forests to climate change", *Environmental Science & Policy*, Vol. 66, pp. 393-402.

Cocci Grifoni, R. (2013), "Outdoor interfaces: la progettazione del comfort outdoor - Outdoor Interfaces: Designing Comfort Outdoor", *Teorie e sperimentalismo progettuale per la ricerca in tecnologia dell'architettura*, Florence University Press, Firenze.

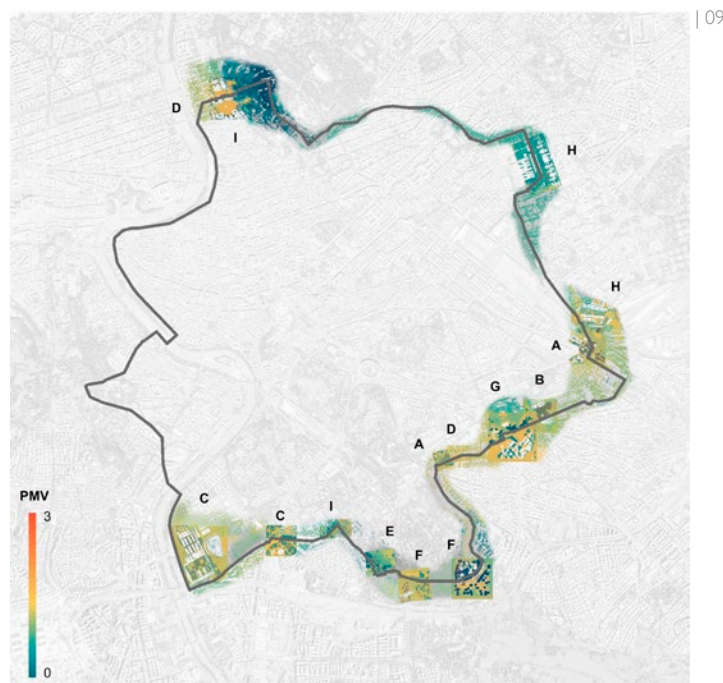
Cocci Grifoni, R. and Ottone, M.F. (2013), "Tomographic ENvironmental Sections (TENS): un nuovo approccio (complesso) per il progetto degli spazi aperti", in Marucci, G. (ed.), *Naturalmente. architettura. Il progetto sostenibile*, Di Baio Editore, Milano.

Cocci Grifoni, R., Ottone, M.F. and Prenna, E. (2017), "Tomographic Environmental Sections for Environmental Mitigation Devices in Historical Centers", *Energies*, Vol. 10, p. 351.

de Solà-Morales, M., Kenneth Frampton, H. and Ibelings, H. (2008), *A Matter of Things*, nai010 publishers, Rotterdam.

Dietrich, U. (2018) "Urban street canyons - impact of different materials and colours of facades and ground and different positions of persons on outdoor thermal comfort", *International Journal of Sustainable Development and Planning*, Vol. 13, n. 5, pp. 582-593.

Dimoudi, A., Kantzioura, A., S, Z., Pallasb, C. and Kosmopoulos, P. (2013), "Investigation of urban microclimate parameters in an urban center", *Energy and Buildings*, Vol. 64, pp. 1-9.



Envimet (2019), "Start decoding urban nature", available at: <https://www.envi-met.com/> (accessed 1 January 2020).

Fanger, P.O. (1972), *Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering*, McGraw-Hill.

Gadeyne, J. and Smith, G. (2013), *Perspectives on Public Space in Rome, from Antiquity to the Present Day*, Routledge.

ISPRA (2019), "Il consumo di suolo di Roma Capitale", available at: <http://www.isprambiente.gov.it/it/news/il-consumo-di-suolo-di-roma-capitale> (accessed 1 January 2020).

Klemm, W., Heusinkveld, B.G., Lenzholzer, S. and Hove, B.V. (2015), "Street greenery and its physical and psychological impact on thermal comfort", *Landscape and Urban Planning*, Vol. 138, pp. 87-98.

- Köppen, W. (1936), "Das geographische System der Klimate", *Handbuch der Klimatologie*, Vol. 1.
- Manso, M. and Castro-Gomes, J. (2015), "Green wall systems: A review of their characteristics", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 41, pp. 863-871.
- Oke, T. (1982), "The energetic basis of the urban heat island", *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, Vol. 108, pp. 1-24.
- Oke, T. (1995), "The Heat Island of the Urban Boundary Layer: characteristics, causes and effects", in Ermak, J.E., Davenport, A.G., Plate, E.J. and Viegas, D.X. (Eds.), "Wind Climate in Cities", *NATO ASI Series*, Vol. 277, pp. 81-107.
- Olivieri, F., Cocci Grifoni, R., Redondas, D., Sánchez-Reséndiz, J.A. and Tascini, S. (2017), "An experimental method to quantitatively analyse the effect of thermal insulation thickness on the summer performance of a vertical green wall", *Energy and Buildings*, Vol. 150, pp. 132-148.
- Ottone, F., Cocci Grifoni, R. and D'Onofrio, R. (2018), *Urban GenHome. Nuove opportunità di trasformazione degli spazi urbani*, Expectations edition, LetteraVentidue.
- Pierantozzi, M., Tascini, S., Cocci Grifoni, R. and Passerini, G. (2012), "Assessing the representativeness of thermal comfort in outdoor spaces", *Outdoor Spaces, International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, Vol. 155, pp. 835-846.
- Rahm, P. (2009), *Architecture météorologique*, Archibooks, France.
- Santamouris, M. (2014), "Cooling the cities - A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments", *Solar Energy*, Vol. 103, pp. 682-703.
- Taha, H., Akbari, H., Rosenfeld, A.H. and Huang, Y.J. (1988), "Residential cooling loads and the urban heat island - the effects of albedo", *Building and Environment*, Vol. 23, n. 4, pp. 271-283.
- Tirabassi, T. and Nasseti, S. (1999), "The representative day", *Atmospheric Environment*, Vol. 33, n. 15, pp. 2427-2434.
- USGCRP (2017), "About USGCRP", available at: <https://www.globalchange.gov/about> (accessed 1 January 2020).
- Wall Walk (2014), available at: <https://wallwalkproject.wixsite.com/wallwalk> (accessed 1 January 2020).
- Xiaodong, X., Chenhuan, Y., Wei, W., Ning, X., Tianzhen, H. and Qi, L. (2019), "Revealing urban morphology and outdoor comfort through genetic algorithm-driven urban block design in dry and hot regions of China", *Sustainability*, Vol. 11, n. 13, pp. 1-19.