

RIGENERAZIONE URBANA

Benefici delle nature-based solutions

URBAN REGENERATION

Benefits of nature-based solutions

Katia Perini, Francesca Mosca, Andrea Giachetta

ABSTRACT

L'ambiente urbano è oggi caratterizzato da numerose criticità legate alla cementificazione: tra le principali, il fenomeno isola di calore, causa di diverse problematiche legate alla salute dei cittadini, soprattutto per le fasce di popolazione più deboli come bambini e anziani. Il contributo espone gli esiti di una ricerca finalizzata a individuare una combinazione di nature-based solutions che offra buoni benefici sia dal punto di vista del miglioramento del comfort microclimatico sia dal punto di vista del comfort psicologico per i soggetti destinati a fruire delle aree rigenerate.

Today's urban environment features several critical issues related to what in Italy is called 'cementification': among the main ones, the phenomenon of heat islands, the cause of several problems related to citizens' health, especially for the weaker population groups such as children and elderly people. This paper presents the results of a research focused on identifying a combination of nature-based solutions, offering good benefits both from the point of view of improving microclimate comfort and from the point of view of psychological comfort for the people who will use the regenerated areas.

KEYWORDS

nature-based solutions, rigenerazione urbana, benessere, isola di calore, resilienza

nature-based solutions, urban regeneration, well-being, heat island, resilience

Katia Perini is a Postdoctoral Researcher at the Architecture and Design Department of the University of Genoa (Italy), with research interests in nature-based solutions and integration of green in architecture. Mob. +39 328/21.44.076 | E-mail: katia.perini@unige.it

Francesca Mosca, Architect and Research Fellow at the Department of Architecture and Design of the University of Genoa (Italy), is interested in the environmental sustainability of architectural design, nature-based solutions and interaction between man and natural elements in urban regeneration interventions. Mob. +39 346/49.07.494 | E-mail: moscafrancesca2@gmail.com

Andrea Giachetta is an Associate Professor of Technology of Architecture at the Architecture and Design Department of the University of Genoa (Italy); he is involved in research in the field of sustainable technologies for architecture. Mob. +39 347/96.36.836 | E-mail: andrea.giachetta@unige.it

La cementificazione e l'aumento della densità edilizia sono causa della progressiva riduzione di vegetazione in città e di conseguenti numerose problematiche ambientali legate agli ecosistemi, ma anche alla qualità della vita (Beatley, 2011): tra queste problematiche spicca il fenomeno 'isola di calore', che si verifica in particolare nei periodi estivi, soprattutto a causa delle ingenti quantità di superfici cementificate caratterizzate da un'albedo molto bassa, della presenza di traffico veicolare e di condizionatori e dispositivi impiantistici che disperdono calore nell'ambiente (Taha, 1997). Questo fenomeno, oltre ad avere evidenti conseguenze ambientali sulla biodiversità (EEA, 2019), è una delle principali cause di condizioni patologiche legate a colpi di calore, cali di pressione, ecc., che si verificano soprattutto nelle categorie di persone più deboli come, per esempio, gli anziani. In modo più specifico, tra le cause del fenomeno isola di calore si può indicare l'aumento del rapporto di Bowen (Bowen ratio), ovvero l'aumento del rapporto tra il flusso di calore sensibile e di calore latente dovuto alla sempre minore quantità di vegetazione presente sul territorio urbano (Neonato, Tomasinelli and Colaninno, 2019).

L'introduzione della vegetazione in contesto urbano può avvenire attraverso soluzioni più tradizionali, come la piantumazione di alberi, l'introduzione di aiuole con siepi e tappeto erboso (Scudo and Ochoa De La Torre, 2003) oppure attraverso soluzioni con un più spiccato carattere edilizio che risultano essere, in qualche modo, soluzioni semi-artificiali, seppur prevedendo l'introduzione di elementi naturali. Tra queste soluzioni, si possono ad esempio considerare le coperture verdi di tipo estensivo, intensivo leggero o pesante, con benefici microclimatici e legati alla regimazione delle acque meteoriche (Perini, 2013; Palla and Gnecco, 2018) e al miglioramento delle prestazioni energetiche (Polo-Labarrios et alii, 2020), oppure le facciate verdi, realizzate attraverso sistemi a inverdimento diretto, indiretto semplice o con sistemi contenitori o ancora attraverso sistemi living walls, con substrato in resina espansa o in strati di feltro (Pérez and Perini, 2018), in grado di modificare localmente l'umidità relativa riducendo le temperature superficiali delle porzioni di involucro edilizio su cui vengono applicate (Thomsit-Ireland et alii, 2020).

La ricerca si propone di individuare una combinazione di nature-based solutions che offra benefici sia dal punto di vista del miglioramento del comfort microclimatico sia dal punto di vista del comfort psicologico per i possibili fruitori delle aree esterne riprogettate. Si ritiene infatti che, in relazione al grado di benessere psico-fisico dei cittadini, entrambi gli aspetti siano importanti e che sia quindi corretto cominciare a considerarne le reciproche influenze.

Obiettivi e finalità | Le ricerche sui benefici dell'introduzione di vegetazione in ambiente antropizzato, ad oggi, sono principalmente concentrate alternativamente o sugli aspetti legati al miglioramento del comfort termico (Neonato, Tomasinelli and Colaninno, 2019; Abdi, Hami and Zarehaghi, 2020) o su quelli legati al miglioramento del comfort psicologico (Williams, 2017;

Yin et alii, 2020). L'obiettivo della ricerca qui presentata è quello di approfondire entrambe le tematiche sopra elencate, in particolare in relazione al processo progettuale di rigenerazione di contesti fortemente urbanizzati, con il fine di metterle in relazione per massimizzare contemporaneamente benefici microclimatici e percettivi. In particolare, è stata posta attenzione al ruolo delle nature-based solutions in ambiente urbano come strumento mitigativo delle conseguenze delle attività antropiche e dei cambiamenti climatici, con particolare riferimento agli effetti negativi del fenomeno isola di calore. Inoltre si è voluto indagare sul ruolo potenziale delle nature-based solutions nel favorire la fruizione degli spazi urbani pubblici e conseguentemente il miglioramento della qualità di vita dei cittadini (De Capua and Errante, 2019).

In questa prospettiva il contributo è organizzato come segue: dapprima si illustra la metodologia adottata per l'analisi dei dati microclimatici del sito di progetto e degli effetti generati dall'introduzione delle nature-based solutions applicate in scenari d'intervento alternativi; viene poi descritto l'approccio adottato per indagare i benefici psicologici conseguenti all'introduzione di tali soluzioni e le preferenze progettuali relative agli scenari d'intervento proposti; infine, vengono analizzati i risultati ottenuti con lo scopo di comprendere quali strategie 'green' di intervento possano ritenersi potenzialmente più efficaci sia in termini microclimatici sia in relazione alla capacità di essere accolte con maggior favore dai cittadini. In conclusione il contributo evidenzia le potenzialità dell'approccio metodologico adottato nell'ambito degli studi legati alla risoluzione di alcune delle principali problematiche che caratterizzano oggi gli ambienti antropizzati.

Metodologia | La ricerca è finalizzata allo studio degli effetti microclimatici della vegetazione in ambito urbano attraverso l'analisi di un caso studio, individuato all'interno del Comune di Genova. La definizione del sito d'intervento è stata indirizzata dal progetto Climactions – Adattamento e Mitigazione ai Cambiamenti Climatici – Interventi Urbani per la Promozione della Salute, finanziato dal Comitato Collaborazione Medica¹ (a cui collaborano, per la città di Genova, il Dipartimento di Architettura e Design e il Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita dell'Università di Genova, insieme a Regione Liguria e Alisa) che intende promuovere l'introduzione di nature-based solutions in contesti densamente edificati per mitigare gli effetti negativi dei cambiamenti climatici sulla salute dell'uomo.

In particolare, è stata selezionata l'area di Genova Cornigliano, all'interno del Municipio VI, dove è stato evidenziato un indice di rischio molto elevato legato alle ondate di calore per le persone più fragili e, in particolare, per le persone anziane (Morabito et alii 2015). Si tratta di un'area urbana residenziale del Comune leggermente decentrata, caratterizzata da un'elevata densità edilizia e dalla presenza di grandi aree produttive e industriali nelle zone limitrofe. La prossimità di stabilimenti con questa destinazione d'uso e la recente realizzazione del nuovo asse di scorrimento a mare, oltre alla vicinanza con

strade ad alto scorrimento e con l'autostrada, penalizzano tale area soprattutto in termini di qualità dell'aria e livello di benessere fisico, ma anche emotivo dei cittadini. Anche rispetto alla qualità degli spazi urbani emergono diverse criticità legate alla scarsa presenza di verde e alla inadeguatezza degli spazi aperti di ritrovo per i residenti che risultano, per la maggior parte dei casi, essere molto vicini a zone soggette a traffico veicolare. La concomitanza di tutte le criticità sopra elencate ha giustificato la scelta del sito e ha quindi confermato la necessità di interventi puntuali di rigenerazione urbana non solo per migliorare le condizioni microclimatiche dell'area ma anche la sua vivibilità.

La prima fase della ricerca ha riguardato il rilevamento delle temperature dell'aria nel periodo estivo dell'anno 2020, per individuare le giornate con criticità maggiori dal punto di vista del comfort e procedere con le simulazioni delle condizioni termiche del sito d'interesse tramite il software Envi-met (versione 4.4.5). In particolare si è fatto riferimento ai dati del portale del Ministero della Salute relativi alle giornate con allerte per ondate di calore emanate per il Comune di Genova, individuando la giornata del primo agosto 2020 come particolarmente critica, con picchi di temperatura dell'aria di 32 °C.

In relazione alla superficie urbana su cui effettuare l'analisi, è stata individuata un'area su cui fosse possibile ipotizzare interventi mirati e che si estendesse a Nord fino a oltre l'asse viario di Via Cornigliano, a Est oltre le sponde del torrente Polcevera, a Ovest fino al termine dell'area residenziale e a Sud fino al mare, con il fine di ottenere risultati il più possibile attendibili che tenessero in considerazione anche i contributi di tutti gli elementi naturali e della conformazione del sito (Fig. 1). Questa scelta è stata dettata dal fatto che il software elabora i dati sulla base di tutti i parametri microclimatici (temperatura, umidità e velocità dell'aria, temperatura media radiante), ma anche sulla base delle caratteristiche fisiche del sito, poiché la presenza di un torrente, del mare o di superficie collinare può influenzare la simulazione della distribuzione delle temperature. I risultati delle prime simulazioni hanno evidenziato come l'area urbana (collocata tra l'asse viario centrale di Via Cornigliano e la linea ferroviaria che segna il distacco tra la zona residenziale e quella industriale) risulti essere quella con il peggior comfort termico e hanno quindi permesso di individuare tre siti d'intervento (Fig. 2): A (Piazza Moisello), B (Piazza Battelli), C (Via Giovanni d'Acri). Nei siti oggetto di studio il parametro UTCI² per la giornata del 1° agosto 2020, alle ore 14:00, raggiunge rispettivamente i seguenti valori: 40,410 °C, 39,271 °C e 38,167 °C, definendo un livello di discomfort termico molto accentuato.

La seconda fase della ricerca, orientata all'individuazione delle soluzioni progettuali più performanti in termini di miglioramento del comfort termico per i singoli siti di progetto, è stata portata avanti innanzitutto attraverso l'individuazione e la stesura di un ventaglio di possibili soluzioni da adottare e poi attraverso la realizzazione di tante simulazioni quante le possibili soluzioni per ogni sito d'intervento,

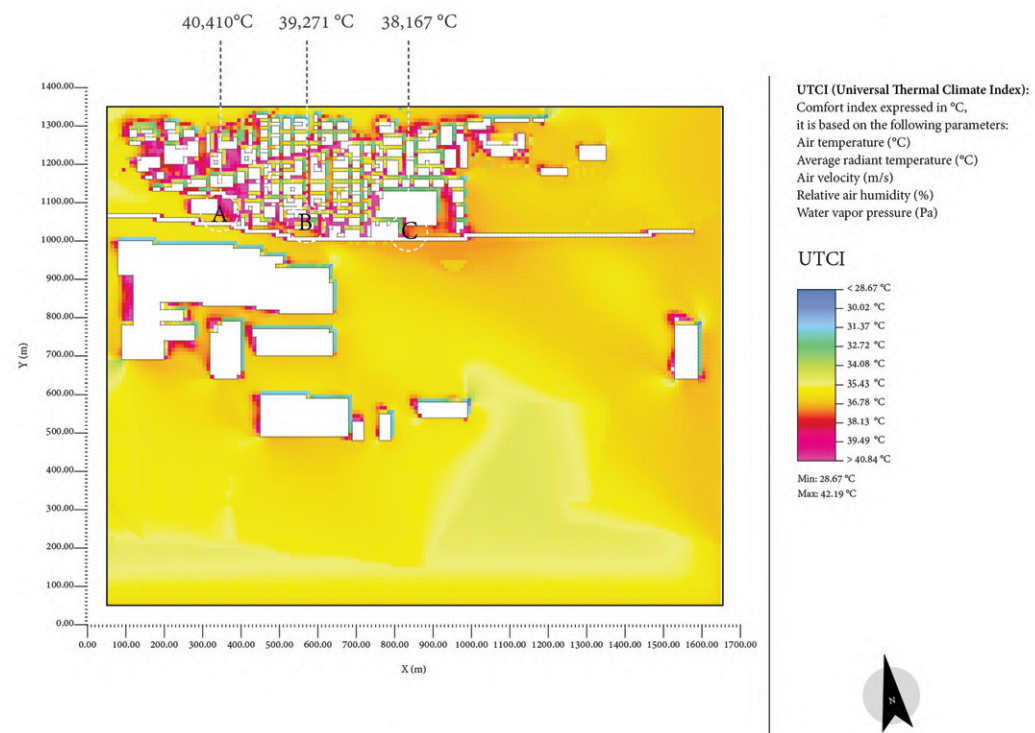


Fig. 1 | Plan of Genova Cornigliano (Municipality of Genoa, Municipality VI Medio Ponente district): the area chosen to simulate the current state is highlighted using Envi-Met 4.4.5 Software (source: Google Earth, 2020).

Fig. 2 | Output of Envi-Met 4.4.5 simulations of the current state for the area of Genoa Cornigliano: plan with distribution of UTCI parameter (°C) for the day 1st August 2020 at 2:00 p.m. at an altitude of 1 m above sea level (credit: F. Mosca, 2020).

per poi procedere con una comparazione dei risultati e con la selezione delle proposte più efficienti. Le possibili soluzioni individuate comprendono alberi, arbusti, coperture verdi, facciate verdi, specchi d'acqua, pensiline con piante rampicanti, pavimentazioni con albedo elevata, tappeti erbosi (Figg. 3, 4). Dopo aver ipotizzato la collocazione delle otto nature-based solutions elencate nelle tre aree d'intervento, sono state effettuate le relative simulazioni software, facendo riferimento agli stessi dati climatici utilizzati per l'analisi preliminare dello stato di fatto, in modo da poter effettuare un confronto con quest'ultima e poter quindi verificare l'efficacia degli interventi.

A seguito dell'analisi dei risultati, queste stesse nature-based solutions sono state tra loro

combinare al fine di ottenere due scenari progettuali differenti che avessero però analoga resa in termini di aumento del livello di comfort termico (Figg. 5-7). È importante sottolineare il fatto che le simulazioni sono state realizzate sempre in relazione alle condizioni termiche più critiche a cui la città è stata sottoposta nell'anno 2020. Per questo motivo sono state poi eseguite anche simulazioni in altri due periodi caratterizzati da temperature diverse: in particolare, giugno 2020, per confrontare il livello massimo di stress termico con quello in condizioni estive più ordinarie, e gennaio 2020, per verificare che non si incorresse nella predisposizione a eventuali discomfort termici in condizioni invernali. In regime invernale, lo studio delle ombre ha dimostrato come il punto A e il

punto B, nelle ore più calde della giornata, siano totalmente soleggiati; per tale motivo in entrambe le proposte progettuali sono state posizionate delle sedute anche in aree non totalmente ombreggiate in estate, così da poter essere utilizzate comodamente nella stagione fredda. Il punto C, al contrario, in condizioni invernali risulta essere totalmente in ombra, quindi la posizione delle strutture ombreggianti per il periodo estivo non è comunque particolarmente condizionata dalle necessità del periodo invernale.

In relazione agli aspetti compositivi, sebbene i vincoli posti dai risultati delle simulazioni abbiano limitato notevolmente la gamma di soluzioni da adottare, si è cercato comunque di variare la disposizione degli elementi in funzione delle peculiarità di ogni sito. Dal punto di vista progettuale gli scenari sono stati pensati in modo tale che potessero offrire ai residenti e ai fruitori non solo le stesse condizioni di comfort microclimatico, come evidenziato precedentemente, ma anche gli stessi servizi (per esempio il numero di parcheggi) e le stesse proporzioni tra superficie stradale e superficie pedonale, talvolta maggiormente inverdita, altre volte meno; tale peculiarità è stata imposta per evitare che, per lo stesso punto, uno scenario risultasse sbilanciato rispetto a un altro.

Infine sugli scenari progettuali ipotizzati è stato condotto un approfondimento sui possibili benefici psicologici generati dall'introduzione di tali soluzioni e sulle preferenze degli utenti attraverso la formulazione di un questionario strutturato in tre sezioni: la prima sui dati anagrafici dei soggetti intervistati, necessaria per la valutazione delle risposte in relazione a età, titolo di studio e municipio di residenza; la seconda sulla valutazione della percezione di benefici della vegetazione su benessere fisico e mentale; la terza sulla valutazione degli scenari progettuali. Tale questionario è stato somministrato attraverso l'utilizzo di piattaforme di social network a un campione non omogeneo di cittadini residenti nei nove Municipi del Comune di Genova.

Risultati | L'analisi dei dati provenienti dalle simulazioni preliminari sullo stato di fatto del sito di progetto ha permesso di avere un quadro più chiaro e completo riguardo le condizioni di comfort termico in regime estivo per gli abitanti: è stato infatti possibile stabilire quali fossero le aree più critiche sia durante il giorno che durante la notte. In particolare, si è notato che durante il giorno le aree più sollecitate risultano essere quelle a ridosso della linea ferroviaria, e quindi quelle della zona più a Sud dell'area analizzata attraverso le simulazioni; durante la notte, invece, le aree con temperatura dell'aria superiore sono quelle nella zona Nord dell'area analizzata evidenziata in Figura 1. Tale scenario risulta essere coerente con le ipotesi avanzate in fase di studio preliminare in quanto la parte più a Nord del quartiere è più ricca di vegetazione, motivo per cui di giorno le temperature hanno massime più ridotte. Il parametro UTCI, considerato per valutare il livello di comfort, ha mostrato per le ore 14:00 della giornata del 1° agosto 2020 un intervallo di valori tra 28,67 °C e 42,19 °C.

Successivamente all'individuazione dei punti d'intervento e alla modellazione e realizzazione di simulazioni puntuali per tutte le ipotesi di nature-based solutions utilizzabili per gli scenari di progetto è stato possibile comparare i risultati delle singole soluzioni e individuare quelle più performanti e quelle meno efficienti. In questa fase è stato importante valutare sia la distribuzione della temperatura dell'aria sia il parametro UTCI per i singoli punti d'interesse: così facendo si è potuto constatare che non sempre soluzioni che comportavano una modesta riduzione delle temperature garantivano allo stesso tempo un buon miglioramento del comfort termico. Dall'analisi dei dati è emerso che le soluzioni con migliore rendimento sono state quelle che generano sia un'ombra propria sia una portata sul sito di progetto, quindi alberi e pensiline per le quali si è verificata una variazione dell'UTCI di oltre 5 °C: in particolare, per il sito A si è verificata una riduzione del parametro UTCI da 41,60 °C a 35,85 °C per lo scenario 1 e 35,91 °C per lo scenario 2; per il sito B da 40,59 °C a 35,49 °C per lo scenario 3 e 35,08 °C per lo scenario 4; infine, per il sito C da 40,14 °C a 34,43 °C per lo scenario 5 e 33,57 °C per lo scenario 6 (Figg. 8-10; Tab. 1-3). Per le altre soluzioni, invece, come indicato in Figura 4, i contributi sono risultati decisamente più modesti, soprattutto in termini di incremento del comfort termico.

L'intervista, promossa attraverso l'utilizzo di piattaforme di Social Networking, ha raccolto 859 risposte e ha innanzitutto evidenziato una percezione da parte dei soggetti intervistati di un contributo molto positivo della vegetazione rispetto ad aree cementificate della città in termini non solo di miglioramento del benessere fisico ma anche psicologico durante la fruizione (Fig. 11); inoltre, l'intervista ha evidenziato la sostanziale preferenza da parte dei soggetti coinvolti per gli scenari che prevedono l'introduzione di alberi piuttosto che di pensiline con vegetazione rampicante. In particolare, per gli scenari 1, 3 e 5 (Fig. 3) si è ottenuta una preferenza sostanziale del 72%, 85% e 84% rispetto agli scenari alternativi (Fig. 12). L'analisi dei risultati è stata poi approfondita attraverso lo studio di associazioni tra variabili indipendenti (età, genere, etc.) e variabili dipendenti di maggiore interesse (preferenze estetiche, percezione del benessere) per comprenderne le relazioni.

Conclusioni | Lo studio condotto ha messo in luce quale importanza abbia l'analisi approfondita dei livelli di UTCI in contesti urbani fortemente antropizzati e quale effetto possano avere soluzioni di riqualificazione urbana basate sull'impiego di nature-based solutions nel migliorare i valori di questo parametro, soprattutto in relazione alla riduzione degli effetti 'isola di calore' i quali possono determinare una riduzione della vivibilità degli spazi pubblici e situazioni di rischio sanitario. Lo studio ha posto inoltre le basi metodologiche per un confronto fra differenti soluzioni 'green' potenzialmente applicabili, indicando possibili combinazioni delle stesse per ottenere analoghi benefici in termini di miglioramento del comfort microclimatico.

Nella valutazione del benessere dei cittadini (anche in termini di salute pubblica) si è ri-

tenuto importante non trascurare la percezione psicologica degli stessi rispetto ai diversi possibili scenari di riqualificazione basati sull'impiego di nature-based solutions. L'utilizzo dello strumento questionario ha messo in evidenza una predilezione degli utenti per soluzioni a verde con minor componente di artificializzazione (ad. es. alberature in luogo di pensiline con vegetazione rampicante). L'analisi comparata delle prestazioni microclimatiche e degli effetti psicologici del verde in ambito urbano sembra costituire un promettente ambito di ricerca in relazione a un miglioramento dei livelli di comfort nelle aree aperte e

in termini di tutela della salute del cittadino.

I limiti del presente studio sono legati alla mancanza di approfondimenti in relazione alla reale fattibilità tecnica e ai costi dei diversi scenari d'intervento considerati. Questa ricerca, tuttavia, costituirà la base per un'applicazione più concreta dove anche questi aspetti verranno analizzati. Il Comune di Genova, nell'ambito del citato Climactions, è infatti in procinto di realizzare un progetto pilota in una delle tre zone prese in analisi dal presente studio proprio grazie ai risultati in esso emersi. Il progetto pilota prevederà la piantumazione di specie vegetali monitorandone gli effetti microclimatico-

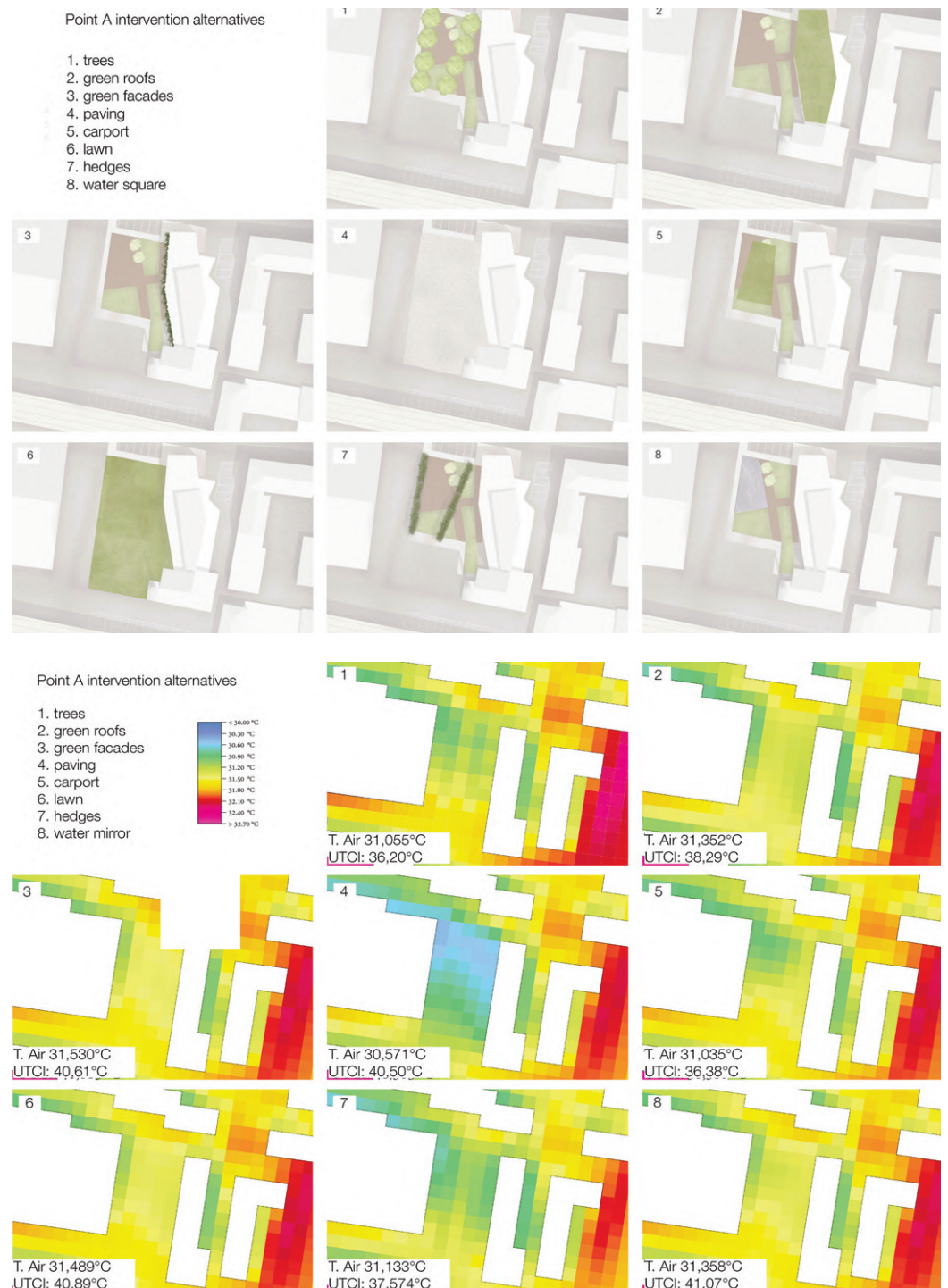


Fig. 3 | Plans of application of the eight nature-based solutions identified for Point A – Piazza Moisello, Genova Cornigliano (credits: F. Mosca, 2021).

Fig. 4 | Envi-Met 4.4.5 simulations of the current state and intervention scenarios for Point A (Piazza Moisello) with data referring to the day 1st August 2020 at 2:00 p.m. at an altitude of 1 m above sea level (credit: F. Mosca, 2020).

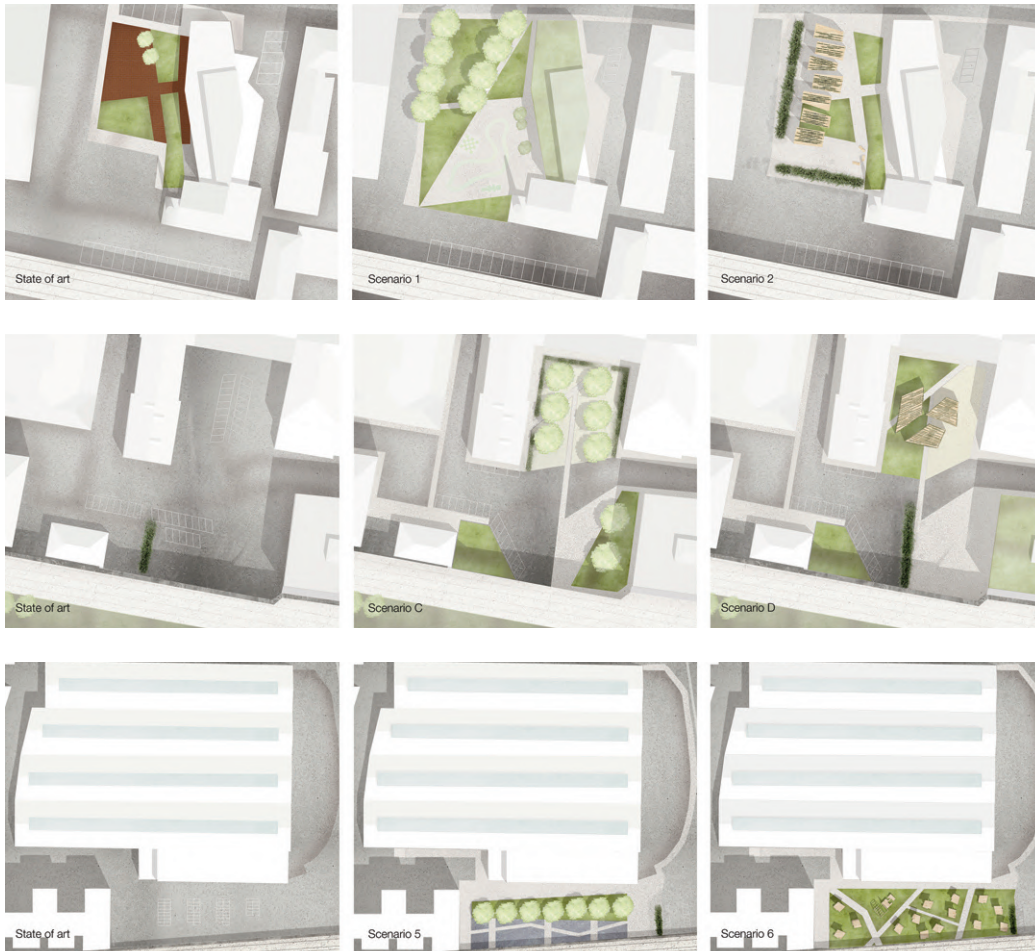


Fig. 5-7 | Plans of the current state and intervention scenarios with the introduction of trees and wooden canopies with climbing vegetation for points A, B, C (credits: F. Mosca, 2021).

ambientali e analizzando le opinioni dei residenti con interviste semi strutturate.

Increased building density and what in Italy is called ‘cementification’ are bringing about the progressive reduction of vegetation in the city and, consequently, numerous environmental problems related to ecosystems, but also to the quality of life (Beatley, 2011): the ‘heat island’ phenomenon is outstanding among these issues. This phenomenon occurs particularly in summer, especially due to the large amount of cement surfaces with a very low albedo, the presence of road traffic and air conditioners and equipment that disperse heat into the environment (Taha, 1997). This phenomenon, in addition to having obvious environmental consequences on biodiversity (EEA, 2019), is one of the main causes of pathological conditions linked to heatstroke, low blood pressure, etc., which occur above all in weaker categories of people such as, for example, the elderly. More specifically, one of the causes of the heat island phenomenon is the increase in the Bowen ratio, i.e. the increase in the ratio between the flow of sensible and latent heat due to the steadily decreasing amount of vegetation present in the urban territory (Neonato, Tomasinelli and Colaninno, 2019).

The introduction of vegetation in an urban context can take place applying more traditional solutions, such as the planting of trees, the in-

troduction of flowerbeds with hedges and turf (Scudo and Ochoa De La Torre, 2003), or using solutions with a more pronounced building character that are, in some ways, semi-artificial solutions, even though they provide for the introduction of natural elements. Among these solutions, we can for example consider green roofs of an extensive, light intensive or heavy intensive type, with microclimate benefits and related to the regulation of rainwater (Perini, 2013; Palla and Gnecco, 2018) and the improvement of energy performance (Polo-Labarríos et alii, 2020), or green façades, made through direct greening systems, simple indirect greening or container systems, or living wall systems, with foam resin substrate or felt layers (Pérez and Perini, 2018), capable of locally modifying the relative humidity by reducing the surface temperatures of the portions of the building envelope on which they are applied (Thomsit-Ireland et alii, 2020).

This study seeks to identify a combination of nature-based solutions offering benefits both in terms of improving microclimate comfort and psychological comfort for the potential users of the redesigned outdoor areas. It is believed that, in relation to the degree of psycho-physical well-being of citizens, both aspects are important and that it is, therefore, correct to start considering how they influence each other.

Aims and objectives | Research on the benefits of introducing vegetation into the anthropogenic environment, to date, has mainly fo-

cused either on aspects related to the improvement of thermal comfort (Neonato, Tomasinelli and Colaninno, 2019; Abdi, Hami and Zarehaghi, 2020) or on aspects related to the improvement of psychological comfort (Williams, 2017; Yin et alii, 2020). In the research presented here, the aim is to investigate both of the above issues, particularly in relation to the design process of regenerating highly urbanised contexts, with the aim of developing the relations between them in order to maximise microclimate and perceptual benefits simultaneously. Special attention has been paid to the role of nature-based solutions in the urban environment as a tool to mitigate the consequences of human activities and climate change, with particular reference to the negative effects of the heat island phenomenon. Furthermore, an investigation was made into the potential role of nature-based solutions in favouring the use of public urban spaces and consequently the improvement of citizens’ quality of life (De Capua and Errante, 2019).

With this in mind, this study has been set up as follows: first, the methodology adopted to analyse the microclimate data of the project site and the effects generated by the introduction of nature-based solutions applied in alternative intervention scenarios is illustrated; then, the approach adopted to investigate the psychological benefits resulting from the introduction of such solutions and the design preferences related to the proposed intervention scenarios is described; finally, the results obtained are analysed in order to understand which ‘green’ intervention strategies can be considered potentially more effective both in microclimate terms and in relation to their ability to be more favourably received by citizens. In conclusion, this contribution highlights the potential of the methodological approach adopted in the context of studies related to the resolution of some of the main problems that characterise today’s man-made environments.

Methodology | This research seeks to study the microclimate effects of vegetation through the analysis of a case study, identified within the Municipality of Genoa. Definition of the intervention site was directed by the Ciimactions project – Adaptation and Mitigation to Climate Change – Urban Interventions for Health Promotion, financed by CCM (Comitato Collaborazione Medica)¹, a joint project involving – for the city of Genoa – the Department of Architecture and Design and the Department of Earth, Environmental and Life Sciences of the University of Genoa, together with the Liguria Regional Authority and Alisa, which aims to promote the introduction of nature-based solutions in densely built-up contexts to mitigate the negative effects of climate change on human health.

In particular, the area of Cornigliano, within the district of Genoa called Municipality VI, was selected, being the place where a very high-risk index related to heat waves has been highlighted for the most fragile people and, in particular, for the elderly (Morabito et alii, 2015). This is a slightly decentralised residential urban area of the municipality, characterised by a high building density and the presence of large manufacturing and industrial areas in the surrounding areas. The proximity of industrial plants and the

recent construction of the new road to the sea, in addition to the proximity of highways and the motorway, penalise this area especially in terms of air quality and the level of physical, but also emotional well-being of citizens. With regard to the quality of urban spaces, a number of critical points also emerge, linked to the poor presence of park areas and the inadequacy of open spaces for residents to meet, most of those which do exist being very close to areas subject to vehicle traffic. The concurrence of all the criticalities listed above justified the choice of the site and therefore confirmed the need for specific urban regeneration interventions not only to improve the microclimate conditions of the area but also its liveability.

The first phase of the research involved a survey of air temperatures during the summer period of the year 2020, in order to identify the days with greatest criticality from the point of view of comfort, and to proceed with the simulations of the thermal conditions of the site of interest using Envi-met software (Version 4.4.5). Particular reference was made to the data on the Ministry of Health portal regarding the days with heat wave alerts issued for the Municipality of Genoa, identifying the day of 1st August 2020 as particularly critical, with air temperature peaks of 32 °C.

In relation to the urban surface on which to carry out the analysis, a suitable area was identified for studying targeted interventions, extending to the north beyond the Via Cornigliano, to the east beyond the banks of the Polcevera stream, to the west as far as the end of the residential area and to the south as far as the sea, seeking to obtain results that could be as reliable as possible, and could also take into account the contributions of all the natural elements and the layout of the site. This choice was dictated by the fact that the software processes the data on the basis of all the microclimate parameters (temperature, humidity and air speed, mean radiant temperature), but also on the basis of the physical characteristics of the site, since the presence of a stream, the sea or a hilly surface can affect the way the temperature distribution is simulated (Fig. 1). The results of the first simulations highlighted how the urban area (located between the central road of Via Cornigliano and the railway line that marks the separation between the residential and the industrial area) is the one with the worst thermal comfort. They, therefore, allowed identification of three intervention sites: A (Piazza Moisello), B (Piazza Battelli), C (Via Giovanni d'Acqui; Fig. 2). At the sites under study, the UTCI² parameter for the day of 1st August 2020, at 2:00 p.m., reached the following values respectively: 40.410 °C, 39.271 °C and 38.167 °C, defining a very pronounced level of thermal discomfort.

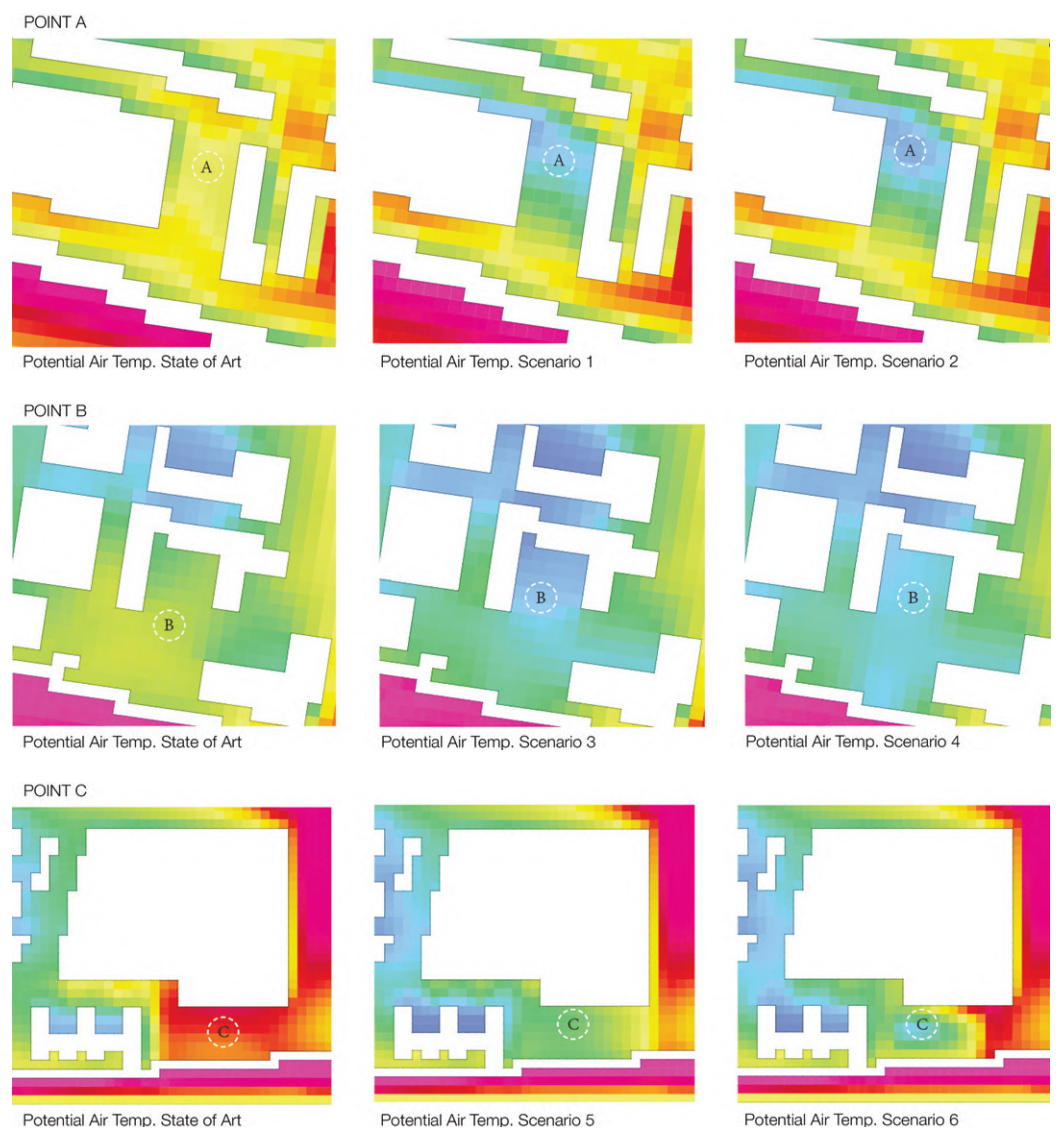
The second phase of the study, aimed at identifying the design solutions able to provide the best performance in terms of improving thermal comfort for the individual project sites, was carried out first of all by identifying and drawing up a range of possible solutions to be adopted and then by carrying out as many simulations as possible for each intervention site, to then proceed with a comparison of the results and the selection of the most efficient proposals. The

possible solutions identified include trees, shrubs, green roofs, green façades, ponds, canopies with climbing plants, paving with a high albedo, grass carpets (Figg. 3, 4). After deciding where to place the eight possible nature-based solutions in the three intervention areas, the corresponding software simulations were carried out, referring to the same climate data used for the preliminary analysis of the status quo, in order to allow a comparison with the latter and thus verify the effectiveness of the interventions.

Following the analysis of the results, these same nature-based solutions were combined with each other in order to obtain two different design scenarios that had a similar yield in terms of increasing the level of thermal comfort (Figg. 5-7). It is important to underline the fact that the simulations were always carried out in relation to the most critical thermal conditions which the city went through in the year 2020. For this reason, simulations were also carried out in two other periods characterised by different temperatures: in particular, June 2020, to compare the maximum level of thermal stress with the level in more ordinary summer conditions, and January 2020, to verify that there was no predisposition to thermal discomfort in winter conditions. In

winter conditions, the study of shade showed that point A and point B are totally sunny during the hottest hours of the day; for this reason, in both design proposals, seats were also positioned in areas that are not totally shaded in summer, so that they can be comfortably used in the cold season. Point C, on the contrary, is totally shaded in winter conditions, so the position of the shading structures for the summer period is not particularly conditioned by the needs of the winter period.

Concerning layout, although the constraints posed by the results of the simulations considerably limited the range of solutions to be adopted, an attempt was still made to vary the arrangement of the elements according to the peculiarities of each site. From the design point of view, the scenarios were conceived in such a way that they could offer residents and users not only the same conditions of microclimate comfort, as highlighted above, but also the same services (e.g. number of parking spaces) and the same proportions between road and pedestrian areas, sometimes more green, sometimes less; this peculiarity was imposed to avoid that, for the same point, one scenario would be unbalanced compared to another.



Figg. 8-10 | Comparison between the current state and performance of project scenarios at intervention points A, B, C (credits: F. Mosca, 2021).

Site	Day	Wind Speed (m/s)	Potential Air Temperature (°C)	Relative Humidity (%)	Mean Radiant Temperature (°C)	UTCI (°C)
State of Art	01/08/20	1,12	31,52	66.42	65,17	41,20
Scenario 1	01/08/20	0,59	30,59	70.94	64,72	35,85
Scenario 2	01/08/20	0,85	30,45	71.54	65,41	35,91

Site	Day	Wind Speed (m/s)	Potential Air Temperature (°C)	Relative Humidity (%)	Mean Radiant Temperature (°C)	UTCI (°C)
State of Art	01/08/20	0,14	30,77	69,02	62,84	40,59
Scenario 3	01/08/20	0,21	30,33	71,37	43,38	35,49
Scenario 4	01/08/20	0,97	30,43	70,76	41,08	35,08

Site	Day	Wind Speed (m/s)	Potential Air Temperature (°C)	Relative Humidity (%)	Mean Radiant Temperature (°C)	UTCI (°C)
State of Art	01/08/20	1,84	31,47	67,15	64,08	40,14
Scenario 5	01/08/20	2,53	30,66	70,61	58,75	34,43
Scenario 6	01/08/20	2,04	30,43	71,09	40,72	33,57

Table 1-3 | Comparison of microclimate data simulated by the Envi-Met 4.4.5 software for the current state and project scenarios at points A, B, C (credits: F. Mosca, 2021).

Finally, an in-depth study was carried out on the hypothesized design scenarios concerning the possible psychological benefits generated by the introduction of such solutions and on users' preferences through the formulation of a questionnaire structured in three sections: the first on the personal data of the subjects interviewed, necessary to assess the answers in relation to age, educational qualification and municipality of residence; the second on evaluation of the perception of benefits of vegetation on physical and mental well-being; the third on the evaluation of the design scenarios. This questionnaire was then administered through the use of social network platforms to a non-homogeneous sample of citizens residing in the nine municipalities of the Municipality of Genoa.

Results | Analysis of the data coming from the preliminary simulations on the actual state of the project site made it possible to have a clearer and more complete picture regarding the thermal comfort conditions in summer for the inhabitants: it was in fact possible to establish which were the most critical areas both during the day and during the night. In particular, it was noticed that during the day the most stressed areas are those close to the railway line, and therefore those in the southern of the area analysed through the simulations; during the night, instead, the areas with higher air temperatures are those in the northern of the analysed area, highlighted in Figure 1. This scenario is consistent with the hypotheses put forward in the preliminary study phase, since the northernmost part of the district is richer in vegetation, which is why the daytime temperatures have lower maximums. The UTCI parameter, taken into account to assess the level of comfort, for 2:00 p.m. of the day of 1st August 2020 showed values ranging from a minimum of 28.67 °C to a maximum of 42.19 °C.

After the intervention points were identified and punctual simulations were modelled and made for all the hypotheses of nature-based solutions that could be used for the project scenarios, it was possible to compare the results of the individual solutions and identify those that were more efficient and those that were less efficient. At this stage, it was important to evaluate both the air temperature distribution and the UTCI parameter for the individual points of interest: this showed that solutions that led to a modest reduction in temperature did not always guarantee a good improvement in thermal comfort at the same time. The analysis of the data showed that the solutions with the best performance were those generating both their own shade and flow on the project site, i.e. trees and canopies for which a change in UTCI of more than 5 °C occurred: in particular, for site A, the UTCI parameter went down from 41.60 °C to 35.85 °C for scenario 1 and 35.91 °C for scenario 2; for site B from 40.59 °C to 35.49 °C for scenario 2 and 35.08 °C for scenario 4; finally, for site C from 40.14 °C to 34.43 °C for scenario 5 and 33.57 °C for scenario 6 (Fig. 8-10; Tab. 1-3). For the other solutions, however, as shown in Figure 4, the contributions were definitely more modest, especially in terms of increased thermal comfort.

The interviews were promoted through the

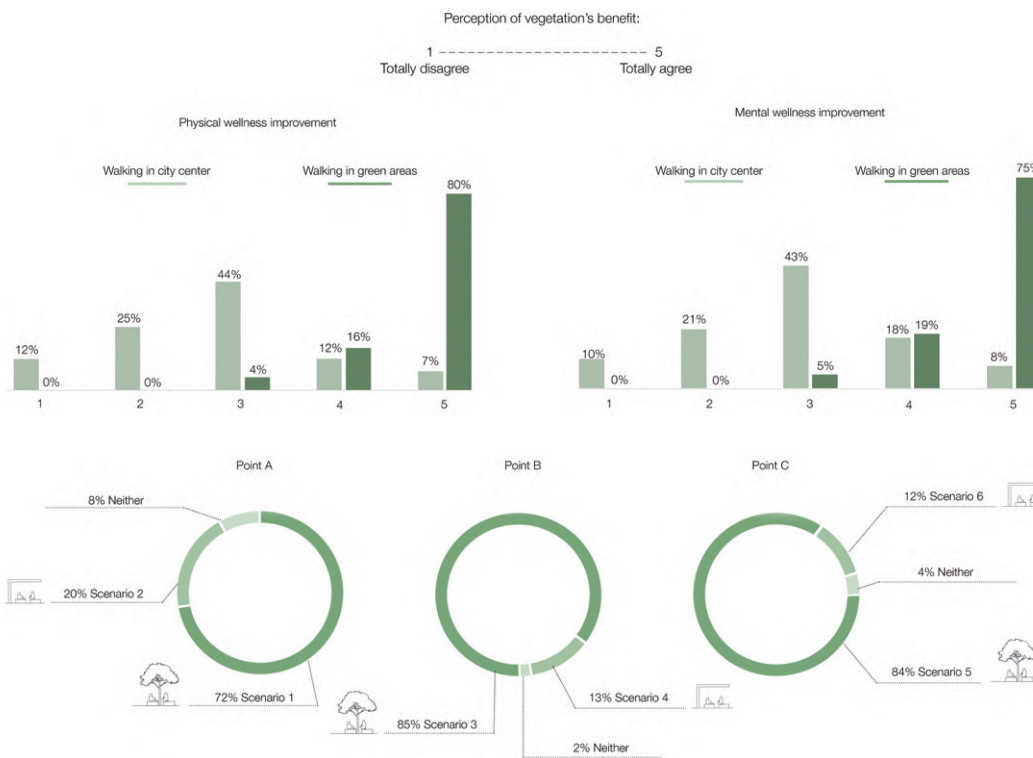


Fig. 11 | Diagram showing how the interviewees perceive the benefits of vegetation (credit: F. Mosca, 2021).

Fig. 12 | Diagram showing interviewees' preferences concerning the project scenarios proposed in the questionnaire (credit: F. Mosca, 2021).

use of social networking platforms. They led to the collection of 859 answers, and first of all highlighted a perception by the interviewees of a very positive contribution by vegetation compared to concrete areas of the city, in terms of improvement of physical but also psychological well-being when used (Fig. 11); moreover, they also showed how the people involved preferred scenarios involving the introduction of trees, to canopies with climbing vegetation. In particular, for scenarios 1, 3 and 5 (Fig. 3) there were substantial preferences of 72%, 85% and 84% respectively for the alternative scenarios (Fig. 12). The results were then analysed more in-depth through the study of associations between independent variables (age, sex, etc.) and dependent variables of greatest interest (aesthetic preferences, perception of well-being) in order to understand their relationships to each other.

Conclusions | The study conducted highlighted the importance of in-depth analysis of UTCI levels in highly anthropised urban contexts and the effect that nature-based urban regeneration solutions can have in improving the values of this parameter, especially in relation to reducing 'heat island' effects that can lead to situations of

health risk as well as diminished liveability of public spaces. The study also laid out the methodological foundations for a comparison between different potentially applicable 'green' solutions, indicating possible combinations of them to obtain similar benefits in terms of improving microclimate comfort.

In assessing the well-being of citizens (also in terms of public health), it was considered important not to neglect how the citizens themselves psychologically perceive the various possible redevelopment scenarios based on the use of nature-based solutions. The use of the questionnaire tool showed users generally preferred green solutions with a lower component of artificialisation (e.g. trees instead of canopies with climbing vegetation). Comparative analysis of the microclimate performance and psychological effects of green areas in urban settings seems to be a promising field of research for improving comfort levels in open areas and in terms of protecting citizens' health.

The limits of this study are linked to the lack of in-depth studies on the real technical feasibility and costs of the different intervention scenarios considered. However, this research will form the basis for a more practical application where

these aspects will also be analysed. The Municipality of Genoa, as part of the Climactions project, is in the process of implementing a pilot project in one of the three areas analysed in this study, thanks to the results of the study. The pilot project will involve the planting of plant species, monitoring the microclimate and environmental effects and analysing the opinions of the residents through semi-structured interviews.

Notes

1) The project involves six urban areas in Italy (Turin, Genoa, Bologna, Rome, Bari and Palermo). More information at the webpage irib.cnr.it/project/climactions-adattamento-e-mitigazione-ai-cambiamenti-climatici-interventi-urbani-per-la-promozione-della-salute [Accessed 23 April 2021].

2) UTCI (Universal Thermal Climate Index), suggested by EU COST Action 730 for the evaluation of thermal well-being in relation to outdoor environments. This parameter, expressed in °C, is calculated through a relationship based on air temperature, mean radiant temperature, relative air humidity, air speed and water vapour pressure.

References

- Abdi, B., Hami, A. and Zarehaghi, D. (2020), "Impact of small-scale tree planting patterns on outdoor cooling and thermal comfort", in *Sustainable Cities and Society*, vol. 56, 102085, pp. 1-12. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.scs.2020.102085 [Accessed 23 April 2021].
- Beatley, T. (2011), *Biophilic Cities, Integrating Nature into Urban Design and Planning*, Island Press, Washington.
- De Capua, A. and Errante, L. (2019), "Interpretare lo spazio pubblico come medium dell'abitare urbano | Interpreting public space as a medium for urban liveability", in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 6, pp. 148-161. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/6142019 [Accessed 23 March 2021].
- EEA – European Environment Agency (2019), *The European Environment – State and outlook 2020 – Knowledge for transition to a sustainable Europe*, Publications Office of the European Union, Luxembourg. [Online] Available at: eea.europa.eu/publications/soer-2020 [Accessed 17 April 2021].
- Morabito, M., Crisci, A., Gioli, B., Gualtieri, G., Toscano, P., Di Stefano, V., Orlandini, S. and Gensini, G.

F. (2015), "Urban-hazard risk analysis – Mapping of heat-related risks in the elderly in major Italian cities", in *PLoS one*, vol. 10, issue 5, e0127277, pp. 1-18. [Online] Available at: doi.org/10.1371/journal.pone.0127277 [Accessed 15 March 2021].

Neonato, F., Tomasinelli, F. and Colaninno, B. (2019), *Oro Verde – Quanto vale la natura in città*, Il Verde Editoriale Milano.

Palla, A. and Gnecco, I. (2018), "Green Roofs to Improve Water Management", in Pérez, G. and Perini, K. (eds), *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability*, Butterworth-Heinemann, pp. 203-213. [Online] Available at: doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00019-7 [Accessed 15 April 2021].

Pérez, G. and Perini, K. (eds) (2018), *Nature based strategies for urban and building sustainability*, Butterworth-Heinemann. [Online] Available at: doi.org/10.1016/C2016-0-03181-9 [Accessed 25 March 2021].

Perini, K. (2013), *Progettare il verde in città – Una strategia per l'architettura sostenibile*, FrancoAngeli, Milano.

Polo-Labarríos, M. A., Quezada-García, S., Sánchez-Mora, H., Escobedo-Izquierdo, M. A. and Espinosa-Paredes, G. (2020), "Comparison of thermal performance between green roofs and conventional roofs", in *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 21, 100697. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.csite.2020.100697 [Accessed 25 March 2021].

Scudo, G. and Ochoa De La Torre, J. M. (2003), *Spazi verdi urbani – La vegetazione come strumento di progetto per il comfort ambientale negli spazi abitati*, Esse-libri-Simone, Napoli.

Taha, H. (1997), "Urban climates and heat islands – Albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat", in *Energy and Buildings*, vol. 25, issue 2, pp. 99-103. [Online] Available at: [doi.org/10.1016/S0378-7788\(96\)00999-1](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(96)00999-1) [Accessed 23 April 2021].

Thomsit-Ireland, F., Essah, E. A., Hadley, P. and Blanuša, T. (2020), "The impact of green facades and vegetative cover on the temperature and relative humidity within model buildings", in *Building and Environ-*

ment, vol. 181, 107009. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107009 [Accessed 23 March 2021].

Williams, F. (2017), *The nature fix – Why Nature Makes us Happier, Healthier, and more Creative*, W. W. Norton & Company, New York.

Yin, J., Yuan, J., Arfaei, N., Catalano, P. J., Allen, J. G. and Spengler, J. D. (2020), "Effects of biophilic indoor environment on stress and anxiety recovery – A between-subjects experiment in virtual reality" in *Environment International*, vol. 136, article 105427, pp. 1-10. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.envint.2019.105427 [Accessed 14 April 2021].