



**Politecnico
di Torino**



**UNIVERSITÀ
DI TORINO**

Corso di Laurea Magistrale interateneo in Architettura del Paesaggio

Tesi di Laurea Magistrale
A.A. 2025-2026

SPAZIO PUBBLICO E ISOLA DI CALORE

STRATEGIE PROGETTUALI DI MITIGAZIONE A TORINO

Relatrice: Prof.ssa Emma Salizzoni
Co-relatrice: Prof.ssa Federica Larcher

Candidato: Edoardo Presutti

Abstract	3
Introduzione	4
1. DINAMICHE GLOBALI E DETERMINANTI LOCALI DELL'ISOLA DI CALORE	5
1.1 Cambiamento climatico e urbanizzazione	5
1.2 Definizione e cause dell'isola di calore urbana	10
2. ISOLA DI CALORE: GLI IMPATTI	17
2.1 Salute umana	17
2.2 Economia	19
2.3 Società	21
3. L'AZIONE MITIGATIVA DELLE PIANTE IN CITTÀ	23
4. STRATEGIE DI MITIGAZIONE DELL'ISOLA DI CALORE	27
4.1 Le nature-based solutions	27
4.1.1 De-impermeabilizzazione	27
4.1.2 Sistemi di drenaggio superficiale	28
4.1.3 Spazi aperti vegetati	29
4.1.4 Corridoi verdi	30
4.1.5 Soluzioni progettuali sugli edifici	31
4.2 Forma urbana	35
4.3 Riduzione del calore antropico	37
5. ISOLA DI CALORE E SPAZIO PUBBLICO A TORINO SUD: ANALISI E VALUTAZIONE	39
5.1 Geografie del calore urbano: struttura e vulnerabilità del paesaggio di Torino	39
5.1.1 Rischio di isola di calore	39
5.1.2 Genesi ed evoluzione dell'insediamento	43
5.1.3 Morfologia urbana dicotomica	50
5.2 Edificato, spazi aperti e sistema infrastrutturale	53
5.2.1 Funzioni dell'edificato	53
5.2.2 Funzioni degli spazi aperti	55
5.2.3 Analisi del sistema infrastrutturale	57
5.3 Vegetazione e isola di calore urbana	63
5.3.1 Localizzazione e stato di salute	63
5.3.2 La forma urbana e i fattori edafici condizionano lo stato di salute	67
5.4 Vegetazione e acqua come strumenti di mitigazione dell'isola di calore	70
5.4.1 Performance microclimatica	70
5.4.2 Accessibilità ai rifugi climatici	75
5.4.3 Analisi del ruscellamento superficiale	77
6. STRATEGIE DI INTERVENTO PER LA MITIGAZIONE MICROCLIMATICA	79
6.1 Ambiti di azione	79
6.1.1 Pavimentazione	79
6.1.2 Vegetazione	81
6.1.3 Mobilità	83
6.1.4 Edifici	86

7. PROGETTO	91
7.1 Masterplan	91
7.2 Pavimentazioni e materiali	107
7.3 Scelta delle specie vegetali	112
7.3.1 Specie arboree	112
7.3.2 Specie erbacee xerofile	115
7.3.3 Specie erbacee igrofile	115
7.3.4 Miscuglio del prato	116
7.3.5 Specie delle pareti verdi	117
7.3.6 Specie delle coperture a verde	118
7.4 Messa a dimora	119
7.5 Sesti di impianto	121
7.6 Mitigazione microclimatica attesa	124
7.7 Computo estimativo	126
 Bibliografia	 129
Iconografia	131

Abstract

La presente ricerca affronta il tema della mitigazione dell'isola di calore urbana, una sfida globale strettamente connessa al cambiamento climatico e all'urbanizzazione, che compromette l'abitabilità e il benessere termico nei centri urbani. Assumendo come caso studio la città di Torino, la tesi considera la mappatura del rischio sanitario associato all'isola di calore, elaborata tramite il modello meteorologico TERRA_URB di Arpa Piemonte. Le simulazioni individuano nel quadrante compreso tra la zona sud-est di Mirafiori Nord e quella sud-ovest di Santa Rita uno degli ambiti urbani più vulnerabili. Per fronteggiare questa evidente criticità, lo studio definisce una strategia basata sulle Nature-Based Solutions (NBS) e sulla contestuale riduzione del calore antropico. La strategia prevede quattro ambiti d'azione: pavimentazione (de-impermeabilizzazione, ripristino del suolo e posa di materiali drenanti), vegetazione (nuovi impianti, densificazione e completamento dei livelli vegetazionali e sostituzione delle specie vulnerabili), mobilità (pedonalizzazione, istituzione di Zone 30 e rifunzionalizzazione delle sezioni stradali sovradimensionate) ed edificato (pareti e tetti verdi verticali e coperture vegetate). La proposta si concretizza nel progetto di riqualificazione dello spazio pubblico compreso tra corso Siracusa, via De Canal, corso Agnelli e via Del Prete, contribuendo ad un abbassamento termico i cui risultati sono stati stimati e proiettati su un arco temporale di 30 anni. La selezione botanica risponde a rigorosi criteri di resistenza alla siccità, performance microclimatica e qualità compositiva, garantendo la durabilità dei benefici termici nel tempo. Il progetto si configura come una strategia d'azione replicabile in contesti urbani affetti dalle medesime criticità.

Introduzione

Il cambiamento climatico e l'accelerazione dei processi di urbanizzazione rappresentano due delle sfide più complesse e urgenti del XXI secolo. Nei contesti urbani, l'interazione tra l'innalzamento delle temperature globali e la progressiva sostituzione delle coperture naturali con superfici artificiali impermeabili amplifica drasticamente il fenomeno dell'isola di calore urbana. Questo squilibrio microclimatico non costituisce soltanto un'alterazione delle dinamiche termofisiche locali, ma comporta severe ripercussioni sulla salute pubblica, compromette la produttività economica e aggrava le disparità sociali nei comparti cittadini iper-cementificati. Lo spazio pubblico si trova così al centro di una necessaria transizione, configurandosi sia come l'ambito più esposto agli impatti termici sia come il principale campo d'azione per lo sviluppo di strategie di mitigazione microclimatica.

La presente ricerca affronta questo tema assumendo come caso studio la città di Torino. Attraverso l'utilizzo dell'analisi sull'isola di calore a Torino, condotta da Arpa Piemonte, viene individuata l'area che presenta il rischio maggiore, ovvero il quadrante sud-ovest della città, specificamente tra le zone di Mirafiori Nord e Santa Rita, fortemente influenzato dalla contiguità con il distretto industriale e da una quota elevata di popolazione over 65.

Per invertire tale tendenza e incrementare la resilienza climatica locale, lo studio definisce una matrice strategica basata sull'integrazione delle Nature-Based Solutions (NBS) e sulla contestuale mitigazione del calore antropico. L'approccio metodologico si articola capillarmente su quattro ambiti d'azione interconnessi:

- Pavimentazione: mediante interventi prioritari di de-impermeabilizzazione, ripristino biologico del suolo e posa di materiali drenanti ad alta albedo;
- Vegetazione: attraverso la densificazione dei sesti d'impianto, il completamento dei livelli vegetazionali e la sostituzione degli esemplari vulnerabili con specie resistenti agli stress termofisici ed edafici;
- Mobilità: tramite la riduzione delle sezioni stradali sovradimensionate, l'istituzione di zone 30 e la promozione della mobilità attiva;
- Edificato: con l'inserimento di coperture e pareti verdi verticali destinate ad abbattere il carico radiativo sugli involucri edilizi.

La proposta si concretizza nel progetto di riqualificazione dello spazio pubblico compreso tra corso Siracusa, via De Canal, corso Agnelli e via Del Prete. Il progetto dimostra come il ridisegno geometrico e materico delle sezioni carrabili, la conversione delle aree di sosta in spazi aperti vegetati e l'inserimento di sistemi di drenaggio sostenibile (SuDS) — quali i bacini di ritenzione — possano convertire aree critiche in veri e propri "rifugi climatici" in grado di abbattere la temperatura dell'aria. Le simulazioni proiettate su un arco temporale di 30 anni tramite il software i-Tree Eco documentano un abbassamento termico tangibile del canopy layer e un significativo miglioramento dell'indice del benessere bioclimatico percepito (PET). La ricerca si configura, in ultima analisi, come una strategia d'azione strutturata e replicabile in contesti urbani affetti dalle medesime vulnerabilità microclimatiche.

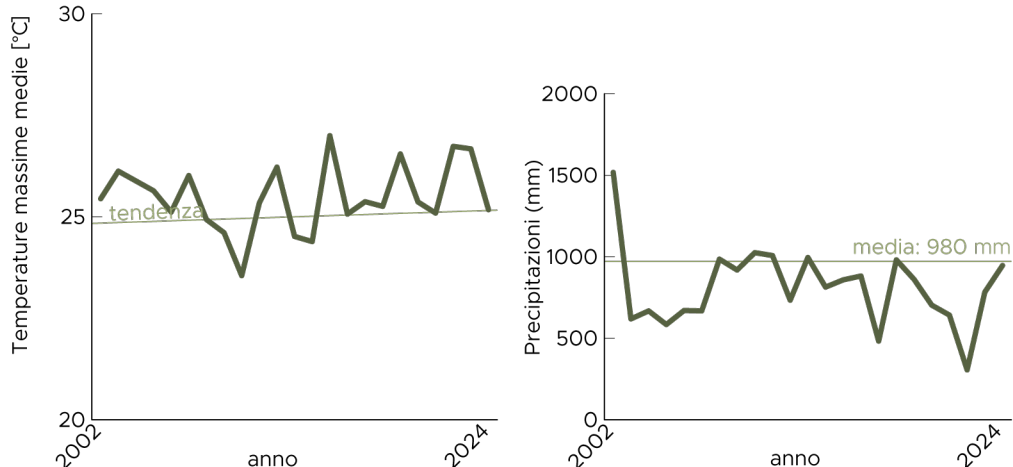
1. DINAMICHE GLOBALI E DETERMINANTI LOCALI DELL'ISOLA DI CALORE

1.1 CAMBIAMENTO CLIMATICO E URBANIZZAZIONE

Il tema della presente relazione, l'isola di calore urbana, è strettamente legato alla sfida più importante del XXI secolo: il cambiamento climatico.

Come definito da ISPRA, con il termine cambiamento climatico si intende un *cambiamento nello stato del clima che persiste per un periodo esteso, tipicamente decenni o più a lungo, e che può essere rilevato da cambiamenti nella media e/o nella variabilità delle sue proprietà*. Il clima della Terra subisce trasformazioni indotte sia da fenomeni naturali, come ad esempio lo spostamento dell'asse terrestre, variazioni dell'attività solare o dell'attività vulcanica, che da processi derivanti dalle attività umane, come l'aumento delle concentrazioni dei gas a effetto serra in atmosfera, la deforestazione e i cambiamenti di uso del suolo.

CONTESTO CLIMATICO ATTUALE



CONTESTO CLIMATICO FUTURO

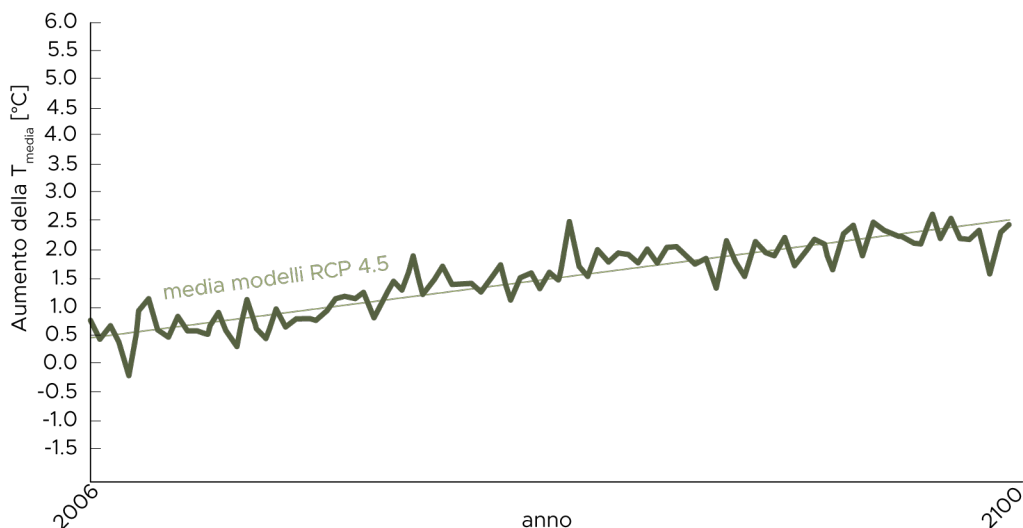


Fig.1 Serie storiche e scenari climatici futuri in Piemonte. Fonte: ARPA Piemonte, 2025

L'isola di calore, senza l'innalzamento della temperatura media globale e senza i fenomeni estremi come le ondate di calore, non avrebbe un peso così importante nelle discussioni all'interno delle istituzioni nazionali ed internazionali.

Come chiarito dall'ultimo rapporto AR6 dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)¹, il cambiamento climatico è un fenomeno legato alle attività umane, principalmente attraverso le emissioni di gas serra, che hanno inequivocabilmente causato l'aumento della temperatura media, che nel periodo 2011–2020 ha raggiunto un valore superiore di 1,1°C rispetto a quello registrato nel periodo 1850–1900. Le emissioni globali di gas serra hanno continuato ad aumentare nel periodo 2010–2019, con contributi storici e attuali diseguali derivanti dall'uso insostenibile dell'energia, dall'uso del suolo e dal cambiamento di destinazione d'uso del suolo, dagli stili di vita e dai modelli di consumo e produzione nelle diverse regioni, tra i paesi e all'interno degli stessi, nonché tra gli individui. I cambiamenti climatici causati dall'uomo stanno già influenzando molti eventi meteorologici e climatici estremi in ogni regione del globo. Ciò ha portato a impatti negativi diffusi sulla sicurezza alimentare e idrica, sulla salute umana, sulle economie e sulla società, nonché a perdite e danni al capitale naturale e alle persone. Le comunità vulnerabili che storicamente hanno contribuito meno agli attuali cambiamenti climatici ne sono colpite in modo sproporzionato.

L'impatto dell'uomo nei cicli naturali della Terra è confermato da molteplici studi.

Cambiamento dell'indicatore		Valutazione del cambiamento osservato	Valutazione del contributo umano
Atmosfera e ciclo dell'acqua	Riscaldamento della temperatura media globale dell'aria in superficie dal 1850-1900		
	Riscaldamento della troposfera dal 1979		Causa principale
	Raffreddamento della bassa stratosfera dalla metà del XX secolo		Causa principale dal 1979 alla metà degli anni '90
	Cambiamenti su grande scala delle precipitazioni e dell'umidità della troposfera superiore dal 1979		
	Espansione della circolazione di Hadley media zonale dagli anni '80		Emisfero sud
Oceano	Aumento del contenuto di calore dell'oceano dagli anni '70		Causa principale
	Cambiamenti di salinità dalla metà del XX secolo		
	Innalzamento del livello medio globale del mare dal 1970		Causa principale
Criosfera	Perdita di ghiaccio marino artico dal 1979		Causa principale
	Riduzione della copertura nevosa primaverile nell'emisfero settentrionale dal 1950		
	Perdita di massa della calotta glaciale della Groenlandia dagli anni '90		
	Perdita di massa della calotta glaciale antartica dagli anni '90		Evidenza limitata e concordanza media
	Ritiro dei ghiacciai		Causa principale
Ciclo del carbonio	Maggiore ampiezza del ciclo stagionale della CO2 atmosferica dall'inizio degli anni '60		Causa principale
	Acidificazione degli oceani		Causa principale
Clima terrestre	Temperatura media dell'aria in superficie sulla terraferma (circa il 40% in più rispetto al riscaldamento medio globale)		Causa principale
Sintesi	Riscaldamento del sistema climatico globale dall'era preindustriale		

media
probabile/alta
molto
estremamente
virtualmente
dato di

Fig. 2 Impatto dell'uomo sui cicli naturali. Fonte: IPCC, 2023

Come indicato dal rapporto, il clima terrestre è ampiamente influenzato dalle attività umane.

In questo contesto di estrema vulnerabilità nei confronti di cambiamenti che non possono essere controllati, e che richiedono la capacità di adattarsi a condizioni nuove ed inospitali, si aggiunge un fenomeno che complica ulteriormente il quadro generale: l'urbanizzazione.

L'urbanizzazione è il secondo processo che caratterizza il periodo storico contemporaneo e consiste nella formazione e crescita delle città. I centri urbani si espandono radialmente, così il paesaggio rurale risulta pressoché connesso alla città grazie al tessuto periurbano, e diventa sempre più difficile osservare la distinzione tra il paesaggio urbano e quello naturale. Attualmente, quasi il 75 % degli europei vive in aree urbane e si prevede che questa percentuale crescerà fino a poco più dell'80 % entro il 2050². In questo contesto di egemonia del suolo urbanizzato, il benessere termico dei cittadini diventa un'esigenza importantissima ancora più difficile da soddisfare rispetto a pochi decenni fa.

Come descritto dal World Cities Report 2024 delle Nazioni Unite³, le città sono al tempo stesso vittime dei cambiamenti climatici e tra i principali responsabili: non solo sono esposte in modo sproporzionato ai loro effetti, ma sono anche respon-

sabili di una quota consistente delle emissioni globali.
 Di seguito un quadro completo degli effetti che il cambiamento climatico determinerà sulle città.



Fig. 3 Evoluzione prevista dell'intensità dei rischi legati al clima e alle condizioni meteorologiche secondo i rappresentanti delle città europee, per regione. Fonte: EEA, 2020

Dal grafico emerge chiaramente il fatto che il caldo estremo e la siccità saranno gli effetti più devastanti sulle città dell'Europa meridionale, con l'aumento maggiore del numero di giorni caratterizzati dalle ondate di calore. L'aumento della temperatura nelle città è superiore a quello delle aree rurali: in altre parole, i dati mostrano come i residenti urbani sono maggiormente esposti all'aumento della temperatura media globale.



Fig.4 Fiume Po in secca, 16 giugno 2022. Fonte: ANSA

Ci troviamo quindi in un momento di transizione verso dei cambiamenti radicali e difficili da normalizzare, che colpiranno tutti trasversalmente. Intervenire ora significa limitare i danni che subiremo a breve termine e mitigare quelli più ingenti a lungo termine.

³La pianificazione e la progettazione urbana offrono un arsenale di strategie altamente efficaci per migliorare la resilienza, eppure, finora, gran parte del loro potenziale rimane inutilizzato. Ciononostante, le numerose opportunità ora disponibili – dai contributi determinati a livello nazionale e dalle politiche urbane nazionali emersi dai recenti programmi di sviluppo globali, alle norme edilizie, alla zonizzazione e ad altri strumenti che possono essere sfruttati a livello locale – per promuovere uno sviluppo sostenibile e a basse emissioni di carbonio. Dai sistemi di energia rinnovabile e dall'edilizia efficiente dal punto di vista della coibentazione ai trasporti integrati e alle soluzioni basate sulla natura, le città hanno a disposizione una varietà di strumenti per migliorare la resilienza e ridurre le emissioni. Tuttavia, vari ostacoli tecnici, finanziari e istituzionali impediscono attualmente l'attuazione di molte di queste soluzioni. Con la giusta volontà politica sia a livello nazionale che locale, compresi finanziamenti adeguati e competenze per sostenere lo sviluppo di soluzioni, le città possono collaborare con le comunità, le imprese e altre parti interessate per promuovere tessuti urbani compatti, integrati ed equi, che vadano a beneficio dei residenti rafforzando al contempo la resilienza.

1.2 DEFINIZIONE E CAUSE DELL'ISOLA DI CALORE URBANA

Nell'inverno del 1806, a Londra, un chimico, farmacista e meteorologo di nome Luke Howard, osservando attentamente la città, studia e misura la quantità di calore che viene generata all'interno della città inglese nel corso dell'inverno: quello proveniente dai fuochi che vengono accesi per riscaldarsi, quello proveniente dai camini, dalle fonderie, dai birrifici, dai motori a vapore e da altri fuochi industriali e delle cucine. La sua analisi⁴ però non si ferma alla stagione invernale, ma prosegue anche in primavera ed estate, quando si rende conto che la temperatura all'interno della città inglese è maggiore di quella registrata al di fuori di essa.

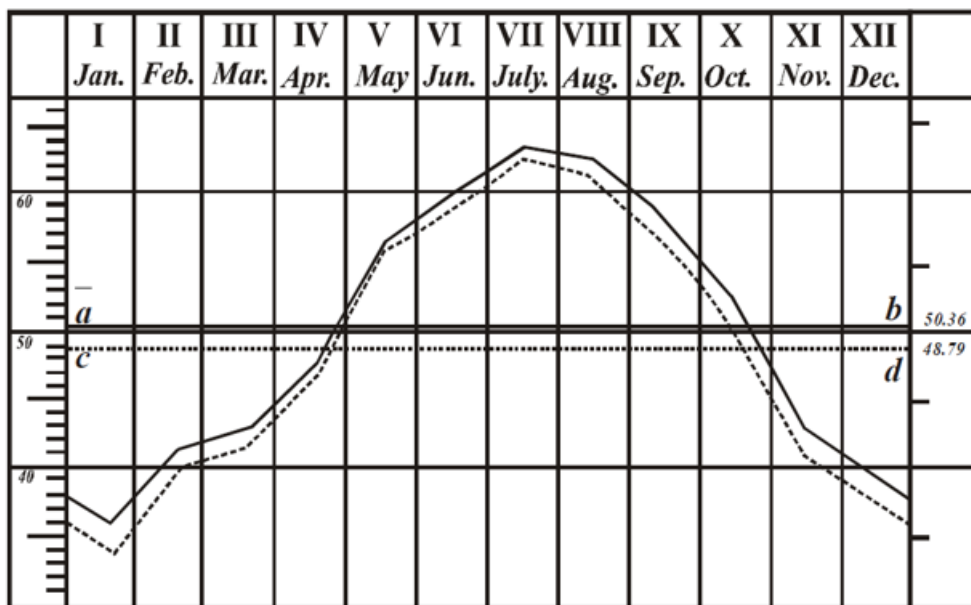


Fig.5 La linea continua rappresenta la media mensile di Londra, mentre la linea tratteggiata rappresenta quella fuori dalla città; le linee orizzontali a-b e c-d corrispondono alle rispettive medie annuali; entrambe le curve sono riportate sulla stessa scala. Fonte: *The Climate of London*, by Luke Howard, IAUC, 2007.

Attraverso la sua osservazione egli identifica quattro cause per la differenza di temperatura dell'aria tra l'interno e l'esterno di Londra:

- Fonti antropogeniche di calore che provocano il riscaldamento atmosferico, in particolare in inverno;
- La geometria delle superfici urbane che intrappola le radiazioni e ostacola la libera radiazione verso il cielo;
- L'effetto della *rugosità* urbana che impedisce il passaggio dei venti leggeri dell'estate;
- La disponibilità di umidità del suolo che determina l'evaporazione in campagna.



Fig.6 Luke Howard. Fonte: thefriend.org

Mentre la prima causa è invocata per spiegare l'eccesso di calore di Londra in inverno, le ultime tre sono utilizzate per spiegare il fatto che *Londra non perde completamente la sua superiorità di temperatura con l'estinzione dei fuochi in primavera*.

In poche parole, Howard è lo scopritore del fenomeno dell'isola di calore urbana. Le sue intuizioni sono state fondamentali per poter giungere ad una conoscenza più raffinata di un fenomeno complesso, che viene ancora oggi studiato in maniera più accurata, attraverso strumenti più sensibili e nuove conoscenze relative ai fenomeni fisici che regolano il trasferimento del calore all'interno della città.

Il lavoro di Howard viene ripreso in modo più corposo, grazie all'affinamento dei dati e degli strumenti nel 1937 da Albert Kratzer. Il climatologo tedesco scrive "Das Klima der Städte" (Il clima delle città), l'opera che rappresenta il primo sforzo sistematico a livello mondiale per raccogliere, mappare e teorizzare la letteratura microclimatica accumulata fino alla prima metà del Novecento. Il testo raccoglie più di 250 articoli scientifici dell'epoca e ha gettato le basi per i successivi modelli analitico-matematici della fisica dell'atmosfera urbana. Kratzer analizza come l'antropizzazione e la sostituzione della copertura vegetale naturale con superfici impermeabili (cemento, asfalto, mattoni) modifichino radicalmente le proprietà termofisiche del suolo. I materiali artificiali, caratterizzati da elevata capacità termica e conducibilità, agiscono come accumulatori termici durante le ore diurne, così il calore viene rilasciato nel corso della giornata e della notte, aumentando la temperatura dell'aria circostante.

Per la prima volta viene utilizzato il termine *isola di calore urbana* e viene documentato estensivamente il differenziale termico tra l'area densamente edificata e il territorio rurale circostante. Kratzer quantifica anomalie termiche urbane che, in condizioni di stabilità atmosferica, forte irraggiamento e calma di vento, possono raggiungere differenze fino a 10°C.

Una cinquantina di anni più tardi, nel 1982, T.R. Oke con *The energetic basis of the urban heat island* quantifica matematicamente il bilancio energetico urbano

e introduce formalmente la distinzione concettuale tra la *canopy layer* (lo strato d'aria sotto la linea dei tetti) e il *boundary layer* (lo strato limite atmosferico sovrastante). Questa differenza è fondamentale per distinguere lo strato di aria che influenza direttamente gli abitanti delle città, da quello che invece li colpisce indirettamente. Nell'ambito della mitigazione dell'isola di calore, le soluzioni si concentrano sulla diminuzione della temperatura dell'aria prossima alla superficie, che è quella che gli abitanti della città attraversano quando vivono lo spazio aperto.

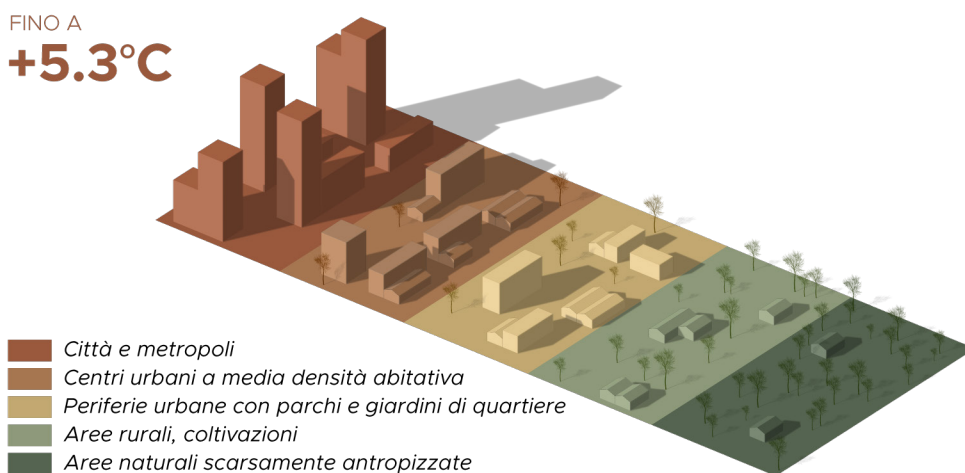
Negli anni '90, l'avvento dei satelliti ha rivoluzionato la modalità di studio del fenomeno, permettendo di osservare la differenza di temperatura tra le superfici, quindi è cambiato il modo in cui i progettisti analizzano e disegnano lo spazio aperto. È stato possibile mappare il fenomeno dell'isola di calore, evidenziando le aree più colpite delle città.

Il fenomeno dell'isola di calore urbana si può quindi definire come:

la misurazione di temperature significativamente più elevate nelle aree urbane rispetto alle zone rurali e rappresenta uno degli effetti climatici più rilevanti causati dall'urbanizzazione e dalle attività umane⁵.

$$\text{Isola di calore urbana} = T_{\text{urb}} - T_{\text{rur}}$$

È stato calcolato che, in media, la differenza di temperature tra aree rurali e quelle urbane varia tra +2,3°C e +5,3°C⁶.



Fonte: elaborazione propria

Perché si verifica e da cosa dipende?

Secondo uno studio del 2011⁷, i fattori causali principali sono tre: *impermeabilità delle superfici*, *calore antropogenico* e *geometria tridimensionale degli edifici*.

Durante il giorno, le superfici impermeabili, che sono caratterizzate da una bassa albedo e un'elevata capacità termica, hanno il maggiore effetto sull'intensità

dell'isola di calore urbana determinando un importante assorbimento di energia proveniente dalla radiazione solare.

Con “albedo” di una superficie si intende la frazione di luce o, più in generale, di radiazione solare incidente che è riflessa in tutte le direzioni. Indica dunque il potere riflettente di una superficie. Le superfici antropiche come l'asfalto o il cemento sono caratterizzate da una bassa albedo.

La capacità termica, in termini fisici, è indicata come la quantità di calore che un oggetto deve scambiare per fare in modo che la sua temperatura vari di 1°C. Nel contesto urbano, maggiore è la capacità termica di un materiale, maggiore sarà la quantità di calore che assorbe attraverso la radiazione solare, disperdendolo nel corso del giorno e della notte, quindi incrementando la temperatura dell'aria in prossimità del materiale stesso.

La combinazione di bassa albedo e alta capacità termica dei materiali urbani è una delle principali cause del fenomeno dell'isola di calore urbana.

Questa energia assorbita viene poi convertita in calore sensibile (rilasciato lentamente anche di notte), che aumenta la temperatura dell'aria.

⁸Tra i vari materiali di pavimentazione impermeabile, l'asfalto si riscalda in misura notevolmente maggiore rispetto agli altri materiali nei giorni estivi e rilascia una quantità considerevole di calore nell'atmosfera attraverso il flusso di calore sensibile e la radiazione infrarossa. Questa emissione infrarossa verso l'alto viene assorbita rapidamente entro meno di 200 m della bassa atmosfera, determinando gli effetti più gravi durante le ondate di calore. La grande capacità termica delle pavimentazioni mantiene alta la temperatura superficiale e continua a riscaldare la bassa atmosfera durante la notte. Pertanto, le superfici pavimentate nelle aree urbane sono uno dei fattori che contribuisce maggiormente all'entità e all'evoluzione dell'isola di calore. La minore conducibilità termica di un materiale di pavimentazione determina il suo veloce riscaldamento e raffreddamento durante il giorno, mentre un'elevata conducibilità termica lo rende più caldo di notte. Da questo punto di vista, il calcestruzzo e l'asfalto non sono materiali adatti alla costruzione di pavimentazioni al fine di mitigare l'effetto isola di calore urbana.

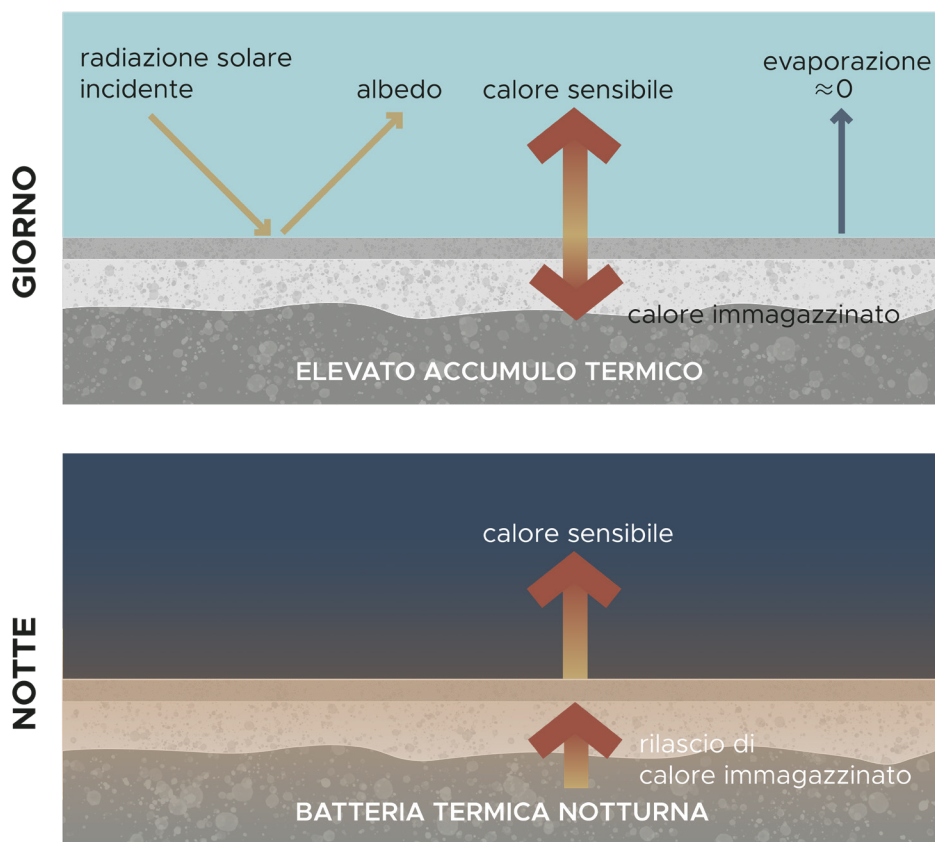


Fig.7 Effetto dei materiali artificiali sull'isola di calore urbana. Fonte: elaborazione propria

Il calore antropogenico, invece, è costituito dalla combustione dei motori dei mezzi di trasporto, il riscaldamento e la climatizzazione degli edifici, i processi produttivi industriali, l'illuminazione stradale e le attività domestiche. Tutti questi fattori contribuiscono positivamente all'intensità dell'isola di calore diurna. Secondo uno studio del 2023⁹, l'aumento di temperatura causato dal calore antropogenico degli edifici e dal traffico sono rispettivamente di 1,44°C e 1,35°C.

La geometria urbana tridimensionale, quindi l'altezza degli edifici e la loro disposizione nello spazio è il terzo ed ultimo fattore.

¹⁰Il microclima urbano è profondamente influenzato dalla topografia e dalla morfologia urbana. La topografia, che comprende latitudine, altitudine ed esposizione modifica il microclima locale influenzando la distribuzione della radiazione solare, la temperatura e la circolazione dell'aria. Ad esempio, la latitudine determina l'angolo di incidenza dei raggi solari.

Alla scala microclimatica urbana, la geometria urbana è un fattore particolarmente influente. La forma e la disposizione degli edifici influenzano la circolazione dell'aria e l'esposizione alla radiazione solare. Il fattore che permette di misurare

quanto la geometria urbana influisce sulla temperatura dell'aria è la porzione di vista del cielo (Sky View Factor, SVF), che varia da 0 (cielo completamente ostruito) a 1 (cielo completamente aperto). Uno SVF basso corrisponde a un'area densamente edificata, con edifici alti e può ridurre la dispersione del calore durante la notte, mantenendo temperature più elevate, mentre durante il giorno fornisce ombreggiamento, riducendo l'assorbimento di calore.

Per quanto riguarda il fattore geometria urbana tridimensionale, esistono tre sottofattori. Tra i sottofattori della geometria urbana tridimensionale c'è il calore aggiuntivo immagazzinato nelle pareti verticali che dà il contributo negativo maggiore all'intensità dell'isola di calore diurna. Questo perché una parte dell'energia solare viene "trattenuta" nei muri e rilasciata solo durante la notte, riducendo in parte la quantità di calore che avrebbe aumentato la temperatura dell'aria durante il giorno.

L'intrappolamento delle radiazioni a onde corte all'interno del canyon urbano contribuisce invece all'intensità dell'isola di calore diurna.

La riduzione della velocità del vento derivante dalla presenza degli edifici diminuisce l'intensità dell'isola di calore diurna. Ciò accade perché l'aria sopra la città si scalda meno velocemente nelle ore centrali del giorno, perché parte del calore rimane "bloccato" nelle superfici impermeabili o nel volume inferiore dei canyon urbani, determinando poi l'aumento della temperatura dell'aria nelle ore notturne.

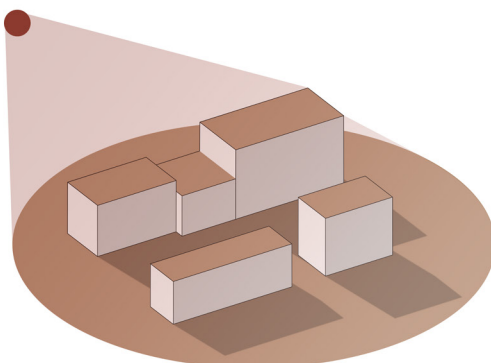


Fig.8 Superfici impermeabili con elevata capacità termica. Fonte: elaborazione propria

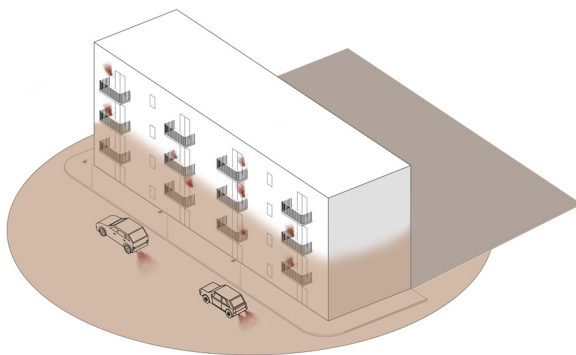


Fig.9 Calore antropogenico. Fonte: elaborazione propria

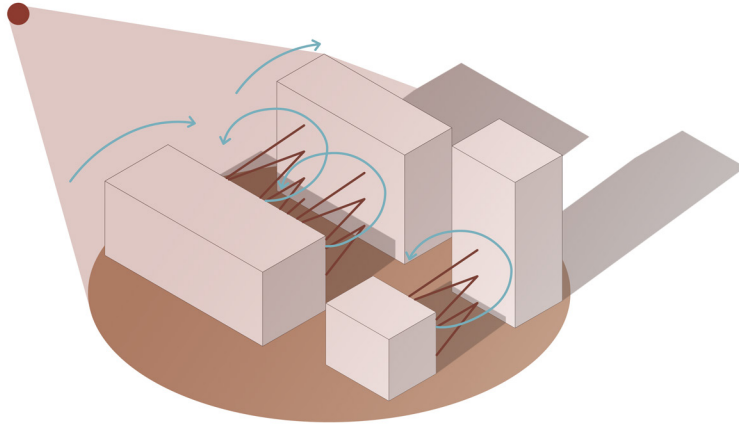


Fig.10 Fenomeno dell'urban canyon. Fonte: elaborazione propria

In sintesi, il microclima urbano è il risultato di una complessa interazione tra fattori naturali e antropici. La topografia stabilisce le condizioni climatiche di base, mentre la geometria urbana e le proprietà dei materiali modificano gli scambi termici e radiativi. La vegetazione svolge un ruolo fondamentale nella mitigazione degli effetti negativi dell'isola di calore, attraverso processi di raffreddamento naturale. È importante infine distinguere l'isola di calore urbana della superficie, che è misurata attraverso la temperatura dei materiali che compongono le superfici (Land Surface Temperature – LST), a differenza dell'isola di calore urbana misurata attraverso la temperatura dell'aria presente nello strato di copertura (Canopy Layer Urban Heat Island – CLUHI), che è lo strato di aria compreso tra la superficie del suolo e i tetti degli edifici, dove si verifica il microclima urbano più direttamente percepito dagli abitanti. La seconda è misurata attraverso la temperatura dell'aria a circa 2-5 m di altezza dal suolo.

2. ISOLA DI CALORE: GLI IMPATTI

L'isola di calore urbana non è solo un fastidio estivo che ci si dimentica quando le temperature tornano a scendere in autunno, ma porta con sé delle conseguenze negative estremamente concrete che riguardano la salute, l'economia e le relazioni sociali dei cittadini.

2.1 SALUTE UMANA

Il caldo estremo può avere effetti sempre più gravi oltre i 35°C, aggravati ulteriormente dall'elevata umidità¹¹.

Il corpo umano normalmente si raffredda attraverso: l'emissione di onde elettromagnetiche (nel campo dell'infrarosso), lo scambio di aria e acqua dalla superficie cutanea (convezione), il contatto diretto con oggetti più freddi (conduzione) e l'evaporazione di acqua prodotta dalle ghiandole sudoripare che ricoprono la superficie cutanea.

Quando la temperatura esterna è maggiore di quella della pelle, l'unico meccanismo disponibile per il controllo della perdita di calore è l'evaporazione attraverso la sudorazione. Alcuni fattori, ambientali, come ad esempio l'umidità, l'assenza di correnti d'aria, o alcuni fattori individuali, possono modificare questo tipo di risposta e determinare un incremento della temperatura corporea con rischio di danni diretti (disidratazione, crampi, lipotimia ed edemi, stress da calore, colpo di calore)¹².

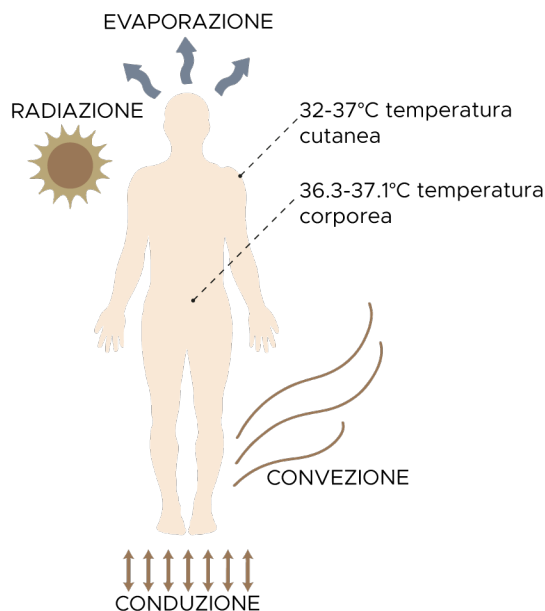


Fig.11 La termoregolazione umana.

Fonte: Piano Nazionale di Prevenzione degli effetti del caldo sulla salute e i sistemi di allarme della rete dei servizi medici, Ministero della salute, luglio 2019.

L'isola di calore amplifica l'effetto delle ondate di calore, esponendo la popolazione a temperature più elevate.

L'intensità dell'isola di calore, che varia a livello spaziale a causa del calore estremo, ha implicazioni concrete sulla vulnerabilità al calore e sugli esiti negativi per la salute delle popolazioni¹³.

L'invecchiamento della popolazione e la crescente prevalenza di malattie non trasmissibili (malattie respiratorie e cardiovascolari, diabete, demenza, malattie renali e muscoloscheletriche) rendono le popolazioni più vulnerabili agli effetti negativi del calore. Le città non sono progettate per ridurre al minimo l'accumulo e la generazione di calore urbano, con una perdita di spazi verdi e l'uso di materiali edilizi inadeguati che amplificano l'esposizione umana al calore eccessivo.

La consapevolezza tra gli operatori sanitari e il pubblico rimane insufficiente riguardo ai rischi per la salute causati dal calore. Gli operatori sanitari dovrebbero adeguare le loro linee guida, la pianificazione e gli interventi per tenere conto della crescente esposizione al calore, nonché per gestire gli aumenti acuti dei ricoveri associati alle ondate di calore. Interventi pratici, fattibili e spesso a basso costo a livello individuale, comunitario, organizzativo, governativo e sociale possono salvare vite umane¹⁴.

Questo discorso diventa ancora più serio se si pensa che l'Italia è il paese che presenta l'età media più elevata all'interno dell'Unione Europea, con ben 49 anni.

Esiste inoltre un'associazione statisticamente significativa tra un aumento della temperatura di 1°C e un aumento del 2,1% della mortalità correlata alle malattie

legate alle temperature elevate, insieme a un aumento dell'1,1 % della morbilità¹⁵. Questo vuol dire che il disagio provato dalle persone in salute, corrisponde ad una condizione di debilitazione per le persone che presentano malattie croniche e si traduce in modo concreto nell'abbassamento della loro aspettativa di vita.

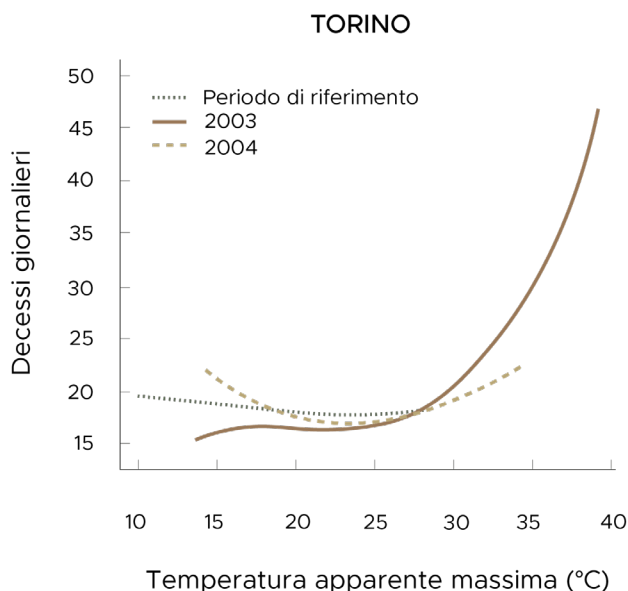


Fig.12 Relazione tra mortalità e temperatura a Torino, nel 2003. Fonte: Cambiamenti climatici ed eventi estremi. Rischi per la salute in Italia, APAT Rapporto 77/2007

Durante l'estate del 2003, caratterizzata da un'ondata di calore, a Torino si è verificato un aumento del 44,9% delle morti di individui aventi un'età uguale o maggiore di 75 anni.

Gli eccessi maggiori di mortalità sono legati a patologie del sistema nervoso centrale, cause cardiovascolari, respiratorie e malattie alle ghiandole metaboliche/endocrine.¹⁶

Oltre a ciò, bisogna chiedersi: quali sono le categorie di persone più vulnerabili all'isola di calore, a prescindere dalla propria condizione di salute?

2.2 ECONOMIA

Il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente¹⁷ sottolinea il fatto che, in condizioni estreme, le ondate di calore, oltre a causare un aumento della mortalità, determinano una serie di ripercussioni socioeconomiche quali la perdita della capacità lavorativa e della produttività del lavoro. L'Organizzazione Internazionale del Lavoro¹⁸ (ILO) prevede, sulla base di un aumento della temperatura globale di 1,5°C entro la fine di questo secolo, che nel 2030 potrebbero andare persi in tutto il mondo l'equivalente di 80 milioni di posti di lavoro a tempo pieno a causa dello stress da calore, con conseguenti perdite economiche globali pari a 2,3 trilioni di dollari USA. In media, le città potrebbero perdere il 5,6% del loro PIL entro la fine del secolo.

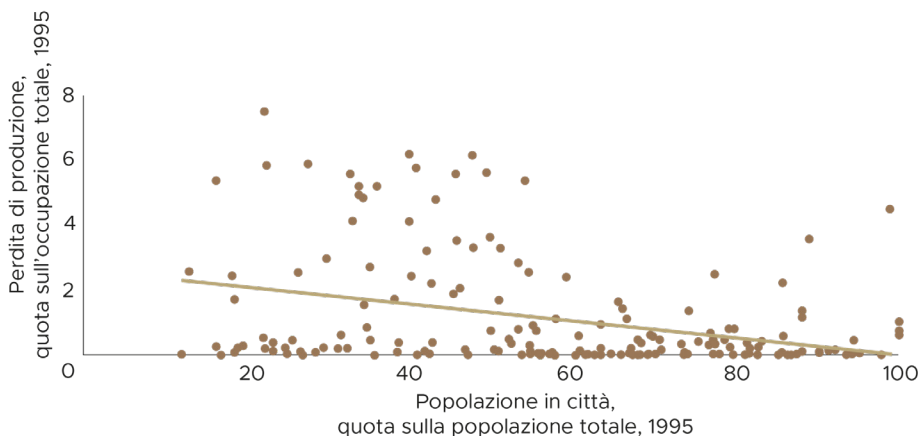


Fig.13 Correlazione tra la perdita di produttività stimata causata dallo stress termico e dall'urbanizzazione, in 183 stati del mondo, 1995 (percentuale). Fonte: ILO, Working on a warmer planet. The impact of heat stress on labour productivity and decent work, 2019.

I lavoratori più colpiti sono quelli che non possono proteggersi dal caldo eccessivo perché lavorano negli spazi aperti: operai edili e stradali, giardinieri e manutentori, operatori ecologici, riders e altri ancora.

Uno studio del 2021¹⁹ afferma che la riduzione della produttività causata dal calore eccessivo determina una riduzione della retribuzione settimanale media di circa il 2,2% per ogni giorno con temperatura superiore a 32°C.

Gli effetti negativi sulla salute umana si sovrappongono a quelli economici quando, facendo un ragionamento che prescinde dall'etica, si considera l'effetto che le malattie e gli infortuni provocati dal calore eccessivo si trasformano in perdita di produttività, quindi di reddito, sia per il lavoratore che per il datore di lavoro. A questa perdita economica si aggiunge la mancata produttività dei familiari che devono prendersi cura del lavoratore malato e i maggiori costi a carico del settore sanitario.

Le famiglie e i lavoratori che possono permettersi i sistemi di raffrescamento degli ambienti interni saranno sottoposti ad aumenti dei costi dell'energia, dovuti ad un aumento dell'intensità e della durata delle ondate di calore. L'aumento della richiesta energetica nelle città porta già attualmente ad un aumento del costo in bolletta (escludendo l'effetto dell'inflazione, della speculazione e dei conflitti), dovuto alla necessità dei fornitori di adeguare le infrastrutture alla portata richiesta.

Entro il 2050, il raffreddamento degli ambienti rappresenterà circa il 30-50% del carico elettrico di picco in molti paesi²⁰.

La spesa delle famiglie per il raffreddamento degli ambienti rappresenta già il 5-15% del reddito medio in molte parti del mondo, rendendo il raffreddamento inaccessibile per gran parte della popolazione.

2.3 SOCIETÀ

Come già evidenziato negli impatti negativi sull'economia, l'isola di calore urbana agisce come un amplificatore delle barriere di classe.

Avere una buona disponibilità economica permette di avere già una casa isolata termicamente, oppure di intervenire isolandola con un cappotto termico. Allo stesso tempo un reddito elevato permette di installare e attivare l'impianto di raffrescamento. La discriminante che distingue i cittadini che possono godere del comfort termico e quelli che subiscono gli effetti dell'isola di calore è quindi la disponibilità economica.

Chi si trova in condizioni di marginalità economica e sociale rimane spesso confinato in comparti urbani iper-cementificati, subendo in modo diretto danni alla salute, calo della produttività e, paradossalmente, subendo gli effetti del calore emesso dagli impianti di raffrescamento degli edifici adiacenti.

Si può affermare che l'isola di calore agisce indistintamente su tutto lo spazio urbano in relazione alle caratteristiche fisiche di tale spazio, ma gli effetti del fenomeno ricadono in maniera più o meno severa a seconda delle possibilità economiche dell'individuo.

Uno studio del 2025²¹ realizzato a Londra ha messo in luce il fatto che le disparità socio-economiche si riflettono anche sugli effetti negativi dell'isola di calore: le popolazioni asiatiche (39,10°C) e nere (39,00°C) devono affrontare temperature più elevate rispetto ai gruppi bianchi (38,57°C). Allo stesso modo, i lavoratori a basso reddito sopportano ambienti più caldi (39,12°C) rispetto a chi ricopre ruoli dirigenziali (38,52°C), rafforzando le disuguaglianze termiche che possono esacerbare i rischi per la salute.

Sorprendente risulta la correlazione tra il calore eccessivo in città e l'aumento di reati domestici e contro i partner. Rispetto alle giornate più fresche, i tassi complessivi di criminalità aumentano dell'1,72% e del 1,90% quando la temperatura massima giornaliera supera rispettivamente i 24°C e i 32°C²². Questa relazione tra calore e criminalità è molto più forte nei quartieri a basso reddito. L'aumento di questi crimini in relazione alle temperature eccessive è dovuto alla riduzione dell'autocontrollo e all'aumento dell'aggressività connessa all'insonnia legata all'impossibilità di dormire adeguatamente durante le notti calde.

Il tasso di criminalità risulta maggiore nei quartieri periferici delle città.

Nell'ottica di intervento di mitigazione microclimatica su scala urbana è importante quindi dare priorità ai quartieri periferici, che presentano le condizioni peggiori in termini sociali.

3. L'AZIONE MITIGATIVA DELLE PIANTE IN CONTESTO URBANO

Per capire l'importanza della presenza delle piante in città, è sufficiente fare esperienza della differenza di temperatura esistente tra un bosco e un ambiente fortemente impermeabilizzato.

Le piante, nel contesto urbano, possono essere considerate come degli strumenti di mitigazione dei picchi termici estivi grazie ai meccanismi fisiologici che regolano il loro stesso organismo. La loro capacità di mitigare l'effetto dell'isola di calore è fortemente legata alla capacità dell'uomo di assicurare caratteristiche edafiche consone allo sviluppo della pianta, in assenza delle quali, qualsiasi specie vegetale non è in grado né di fornire i benefici termici, né in primis di sopravvivere.

I principali fenomeni fisici che determinano la diminuzione della temperatura, connessi alla presenza di piante in ambiente urbano sono:

- *L'ombreggiamento*: le chiome degli alberi e le strutture vegetali intercettano la radiazione solare diretta, riducendo l'energia assorbita dal suolo, dalla pavimentazione e dalle superfici verticali degli edifici. Una minore quantità di energia assorbita determina un minore riscaldamento delle superfici antropiche; quindi, l'aria prossima al suolo risulta più fredda;
- *L'evapotraspirazione*: le piante trasferiscono acqua dal suolo verso l'atmosfera attraverso l'apparato radicale e i tessuti linfatici che giungono agli stomi fogliari: l'evaporazione dell'acqua richiede energia, cioè calore latente che viene sottratto dall'aria e dalle superfici, determinando un raffrescamento locale. Questo è uno dei meccanismi più importanti per il raffrescamento "attivo" della vegetazione;
- *L'elevata capacità termica e inerzia*: il suolo coperto dalla vegetazione (è sufficiente la sola presenza di specie erbacee) ha una capacità termica elevata, cioè, è necessaria una grande quantità di energia (calore) per aumentare la temperatura dello stesso di 1°C. Allo stesso tempo presenta anche un'elevata inerzia, cioè la lentezza con la quale risponde ai cambiamenti termici dell'ambiente esterno. Al contrario, i materiali antropici quali cemento ed asfalto, si caratterizzano per alta capacità termica e bassa inerzia, di conseguenza sono in grado di assorbire e dissipare grandi quantità di calore, contribuendo in modo importante al fenomeno dell'isola di calore urbana.

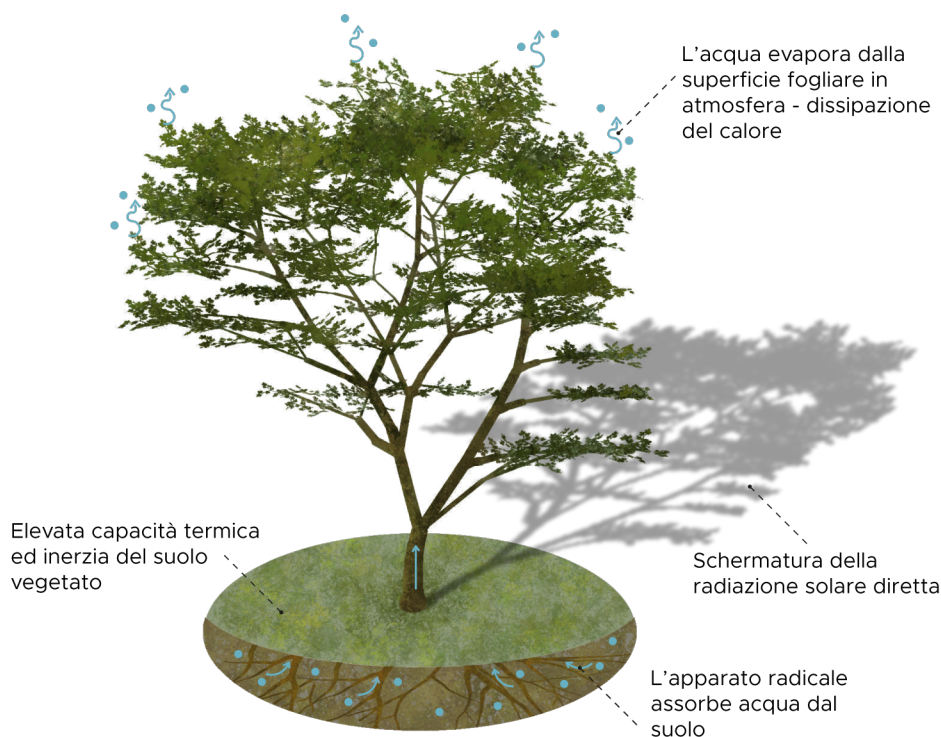


Fig.14 La mitigazione microclimatica delle piante in città. Fonte: elaborazione propria

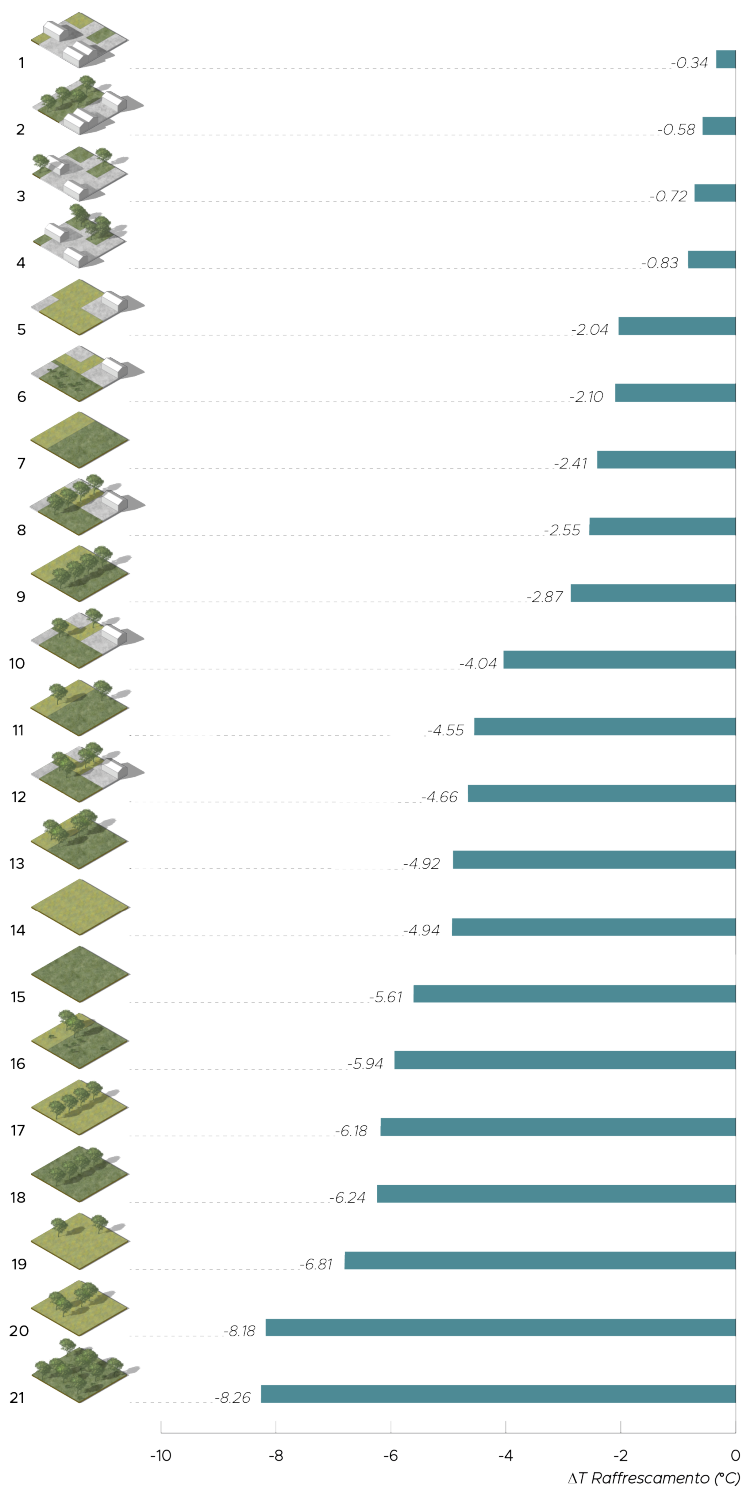
L'evaporazione e la traspirazione possono essere particolarmente vantaggiose per il raffreddamento notturno, che consente alle temperature urbane di abbassarsi durante la notte e di fornire un periodo di minore stress termico (in confronto, superfici come il cemento rilasciano calore durante la notte, contribuendo al riscaldamento anche in assenza del Sole).

Si può quindi affermare che l'aumento della copertura del suolo attraverso la messa a dimora di specie vegetali e la de-impermeabilizzazione dello stesso diminuiscono l'impatto del fenomeno dell'isola di calore.

Uno studio del 2020²³ svolto a Sydney si è occupato di studiare come le caratteristiche morfologiche e spaziali degli elementi artificiali e naturali influiscono sul fenomeno dell'isola di calore urbana; quindi, quali configurazioni spaziali sono migliori per combatterlo. Lo studio è stato realizzato per unità spaziale, con diverse percentuali di impermeabilità del suolo e con diversi elementi vegetali (prato, arbusti e alberi) in disposizioni diverse, irrigati e non irrigati.

L'effetto di mitigazione dell'isola di calore è stato calcolato come riduzione della temperatura superficiale (LST), quindi come raffrescamento delle superfici.

Di seguito un'elaborazione basata sullo studio, riguardante l'effetto di raffrescamento diurno delle diverse soluzioni di infrastrutture verdi in estate.



Risulta che le chiome fitte degli alberi provocano significativi cali della temperatura superficiale durante il giorno (fino a 8,0°C in meno rispetto alle superfici impermeabili) e gli alberi disposti in file o piccoli gruppi circondati da prato e arbusti irrigati forniscono un raffreddamento costante, indipendentemente dall'ora e dalla stagione (0,5-0,6°C).

Il prato e gli arbusti senza copertura arborea possono ottenere una moderata diminuzione della temperatura superficiale se le superfici vegetate sono adeguatamente irrigate (2,0-4,9°C). Inoltre, gli alberi in disposizione sparsa, posizionati sopra o vicino a superfici vegetate con un'irrigazione adeguata, sono risultati più efficaci nel ridurre la temperatura superficiale (fino a 6,0°C) rispetto a quelli circondati da pavimentazioni (fino a 2°C).

È evidente che le maggiori performance di raffrescamento della vegetazione avvengono quando l'irrigazione è costante e permette un'evapotraspirazione intensa nel periodo più caldo dell'anno. In assenza dell'irrigazione – condizione tipica del verde urbano pubblico – è necessario dare priorità alla messa a dimora di specie vegetali che tollerano lo stress idrico e termico.

4. STRATEGIE DI MITIGAZIONE DELL'ISOLA DI CALORE

4.1 LE NATURE-BASED SOLUTIONS

La necessità di ridurre la temperatura in città presuppone un approccio a livello macroscopico, che sappia però intervenire puntualmente e in modo capillare. In quest'ottica le nature-based solutions rappresentano un alleato efficace contro un problema sistemico come l'isola di calore urbana.

Le soluzioni basate sulla natura sono definite come azioni volte a proteggere, gestire in modo sostenibile e ripristinare ecosistemi naturali o modificati, che affrontano le sfide sociali in modo efficace e adattivo, apportando al contempo benefici sia al benessere umano che alla biodiversità.

IUCN, Nature-based Solutions to address global societal challenges, 2016

Nella pratica, in ambiente urbano, le NBS si traducono in interventi progettuali classificabili nelle seguenti categorie²⁴:

- De-impermeabilizzazione
- Sistemi di drenaggio superficiale
- Spazi aperti vegetati
- Corridoi verdi
- Soluzioni progettuali sugli edifici

4.1.1 DE-IMPERMEABILIZZAZIONE

La de-impermeabilizzazione costituisce l'intervento strutturale prioritario per il contrasto all'isola di calore urbana. Questa strategia consiste nella rimozione selettiva o massiccia dei manti artificiali impermeabili (asfalto, calcestruzzo, vecchie pavimentazioni sigillate) e nel contestuale ripristino delle funzioni biologiche e termiche del suolo urbano, oppure nell'impossibilità di ripristinare il suolo urbano perché soggetto al transito pedonale o veicolare, la messa in posa di materiali drenanti.

La de-impermeabilizzazione interrompe il ciclo di assorbimento e dissipazione costante del calore agendo su tre fattori microclimatici principali:

- *Abbattimento del calore sensibile*: sostituire superfici minerali scure con suolo vivo, coperture erbose, arbustive o arboree o materiali drenanti a maggiore albedo, riduce drasticamente l'energia immagazzinata dalle superfici orizzontali della città;
- *Dissipazione del calore*: il suolo de-impermeabilizzato, se correttamente ripristinato, trattiene l'umidità meteorica grazie alla micro e macroporosità. La successiva evaporazione diretta dal terreno e la traspirazione fogliare della vegetazione inserita (evapotraspirazione) convertono l'energia solare in calore latente, determinando un raffrescamento attivo e misurabile dell'aria

circostante;

- *Aumento del contenuto idrico del suolo*: per un suolo de-impermeabilizzato e coperto da materiali drenanti, l'acqua meteorica può finalmente infiltrarsi negli orizzonti del suolo, aumentandone il contenuto idrico e fornendo acqua alle specie arboree e arbustive in prossimità. Questo determina un miglioramento dello stato di salute delle specie vegetali, quindi un aumento della loro capacità mitigativa.

Sotto il profilo progettuale, la de-impermeabilizzazione deve essere considerata come il primo passo verso la realizzazione di ulteriori interventi, volti a determinare effetti mitigativi di portata maggiore.

4.1.2 SISTEMI DI DRENAGGIO SUPERFICIALE

I sistemi di drenaggio superficiale sostenibile (noti anche come *SuDS - Sustainable Drainage Systems*) sono soluzioni progettuali volte alla gestione dell'acqua meteorica in superficie, imitandone il ciclo idrologico naturale.

Il funzionamento dei sistemi di drenaggio superficiale si articola su due azioni chiave:

- *Laminazione e controllo della portata*: strutture come i canali vegetati o i bacini di detenzione intercettano il ruscellamento superficiale delle aree pavimentate, riducendo i picchi di piena che mettono in crisi il sistema fognario urbano durante gli eventi meteorici intensi;
- *Infiltrazione e ricarica della falda*: sfruttando la gravità e la topografia del terreno, l'acqua viene trattenuta temporaneamente in aree concave (come i rain gardens) per essere indirizzata verso gli strati profondi del suolo, contrastando il deficit idrico sotterraneo causato dall'urbanizzazione.

Nell'ambito della mitigazione delle temperature, l'obiettivo è quello di utilizzare l'acqua meteorica come riserva in grado di dissipare calore attraverso l'evaporazione. A questo scopo i bacini di ritenzione sono progettati come depressioni poco profonde ricoperte di vegetazione, in grado di intercettare e stoccare l'acqua meteorica per brevi periodi di tempo. Il tipo di suolo, la profondità della conformazione del terreno e il tipo di vegetazione determinano l'efficienza e la capacità di trattamento di un'area di bioritenzione. Sono posti a una quota inferiore rispetto alle pavimentazioni circostanti e circondati da vegetazione igrofila. I bacini di ritenzione raccolgono le acque piovane dalle aree circostanti; aumentano la capacità di stoccaggio e alleggeriscono la pressione sui sistemi di trattamento delle acque superficiali e di fognatura. Offrono l'ulteriore vantaggio di immagazzinare l'acqua per un successivo riutilizzo in condizioni di siccità, fornendo al contempo un habitat e arricchendo la diversità degli spazi verdi pubblici²⁵. Nell'ambito della mitigazione microclimatica determinano la diminuzione della temperatura dell'aria attraverso l'evaporazione dell'acqua.



Fig.15 Bacino di ritenzione all'interno di un parco. Fonte: lifebeware.eu

4.1.3 SPAZI APERTI VEGETATI

Uno degli strumenti più efficaci per il contrasto all'isola di calore è rappresentato dagli spazi aperti vegetati. All'interno di questa macrocategoria troviamo i parchi, i giardini, i giardini di quartiere e i pocket gardens. La manutenzione e la creazione di spazi verdi aperti rappresentano uno degli elementi chiave necessari per realizzare uno sviluppo urbano in grado di stare al passo con il cambiamento climatico. Questi spazi possono avere dimensioni differenti a seconda della densità del costruito e aiutano le città a raffreddare e migliorare la qualità dell'aria, fornendo ombra. Le aree non pavimentate inoltre assorbono e attenuano la velocità delle acque piovane, riducono la quantità di acqua che entra nella rete fognaria e minimizzano lo scarico delle acque piovane e fognarie, contribuendo alla gestione del rischio di alluvioni urbane e garantendo uno stato di salute migliore alle specie vegetali.

La messa a dimora di specie arboree in sesti di impianto densi e compatti determina la nascita di rifugi climatici, ovvero veri e propri spazi aperti all'interno dei quali è possibile sostare e trarre beneficio in termini di comfort termico, a differenza dello spazio aperto non vegetato.

I pocket gardens invece sono dei piccoli spazi aperti vegetati, spesso racchiusi dal limite dell'edificato circostante. Possono nascere sotto la spinta indipendente dei cittadini e garantiscono funzioni quali il relax, attività sportive, aree cani e piccoli orti urbani.



Fig.16 Pocket garden. Fonte: modular.london

4.1.4 CORRIDOI VERDI

I corridoi verdi sono fasce vegetate all'interno del tessuto urbano, che hanno la funzione di collegare gli spazi aperti areali. Nell'ottica dell'ecologia urbana i corridoi verdi collegano i nodi della rete, rappresentati dagli spazi aperti vegetati.

La forma lineare dei corridoi verdi spesso coincide con le strade della città, sulle quali possono nascere queste infrastrutture verdi. Le strade, infatti, sono una risorsa importantissima in città, che deve essere sfruttata per differenziare le funzioni che genera. È importante riprogettare le strade affinché non siano solamente delle infrastrutture di trasporto dei veicoli su ruota, ma possano essere considerate spazio aperto pubblico, fruibile da tutte le tipologie di utenti (compresi i ciclisti), che devono trovare uno spazio termicamente confortevole, che possa anche trasformarsi in occasione di sosta, gioco e svago.

La trasformazione delle strade è sempre vincolata alla sezione della strada stessa. Sezioni ampie permettono la progettazione di spazi che ospitano funzioni diverse dal movimento degli utenti. Quando la sezione è stretta è però possibile inserire fasce vegetate, con livelli vegetazionali che possono comprendere arbusti e specie erbacee. Le strade più fresche, con ampie chiome degli alberi, favoriscono gli spostamenti a piedi e l'interazione sociale e generano maggiori entrate nel settore del commercio al dettaglio e dell'ospitalità. Viali vegetati e i boulevard sono tra le tipologie urbane più attraenti, storicamente dimostratesi efficaci nel migliorare l'attività commerciale, aumentare le imposte immobiliari e accrescere il prestigio e l'appetibilità delle città. Fungendo fin dall'inizio da corridoi ambientali, sono fondamentali per l'adattamento climatico.



Fig.17 Passeig de Sant Joan, Barcellona. Progetto di Lola Domenech. Fonte: salirporbarcelona.com

La capacità dei corridoi verdi di regolare il calore dipende in gran parte dall'altezza e dalla densità delle chiome degli alberi presenti all'interno del corridoio. L'efficienza di raffreddamento degli alberi dipende dal colore, dalla densità, dallo spessore e dalla consistenza del fogliame. Una vegetazione più scura e più fitta fornisce ombra e riduce le temperature in modo più efficace.

4.1.5 SOLUZIONI PROGETTUALI SUGLI EDIFICI

Le città densamente costruite si caratterizzano per una quota molto ridotta di superfici prive di materiali impermeabili. Gli spazi vegetati sono pochi e localizzati, raramente si diffondono nel tessuto urbano. Questa caratteristica rende le città poco adatte a sopportare le ondate di calore, che vengono invece enfatizzate dai materiali di costruzione che assorbono calore e lo cedono all'aria costantemente. All'impossibilità di intervenire con operazioni massicce di depavimentazione e ricostituzione del suolo, con annessa messa a dimora di specie vegetali, vengono in soccorso le soluzioni progettuali applicate sugli edifici.

Queste soluzioni comprendono l'aggiunta di superfici vegetate sui tetti e sulle facciate degli edifici, che diventano superfici in grado di stoccare e riutilizzare le acque meteoriche, migliorare la qualità dell'aria e ridurre la temperatura dell'aria. Seppur l'investimento economico iniziale sia considerevole, offrono vantaggi in termini di riduzione dei costi di raffrescamento in estate e riscaldamento in

inverno, attraverso il miglioramento dell'efficienza energetica dell'edificio. I tetti e le facciate verdi possono anche aumentare il valore degli immobili e la commerciabilità di un edificio, specialmente nelle aree urbane con pochi spazi verdi, e offrire spazio aggiuntivo per uso umano e funzioni urbane legate alla produzione alimentare. Le prove crescenti sulla sicurezza e l'efficienza delle soluzioni edilizie e sulla loro capacità di aumentare la durabilità dei materiali edilizi del sistema di copertura pongono le nuove soluzioni tecnologiche come uno dei principali alleati per il contrasto all'isola di calore urbana.

Il tetto verde estensivo è una tecnologia costituita da diversi strati orizzontali: un substrato di coltivazione leggero; membrane per contenere le radici delle piante; sistemi di accumulo per raccogliere, filtrare, immagazzinare, riutilizzare o scaricare l'acqua, oltre a strati strutturali e isolanti. I criteri prestazionali, basati sul carico sostenibile dal tetto, sulla tipologia vegetale desiderata e sulla quantità d'acqua, determinano lo spessore e la composizione della struttura a strati. I tetti verdi estensivi non sono normalmente accessibili al pubblico e ospitano piante resistenti alla siccità in grado di sopportare variazioni di temperatura ed esposizione al sole.



Fig.18 Tetto verde estensivo. Fonte: zinco-italia.it

Quando la struttura del tetto consente l'installazione di sistemi più pesanti, è possibile valutare l'inserimento di verde intensivo. La struttura dei tetti verdi intensivi presenta uno strato di substrato più spesso che permette la messa a dimora di una maggiore varietà di piante, compresi arbusti e a volte anche alberi. Oltre alla gestione dell'acqua e al raffreddamento, offrono l'opportunità di fruire del tetto stesso, che diventa spazio per il giardinaggio, il relax e la socializzazione. L'installazione e la manutenzione hanno un costo maggiore rispetto ai tetti verdi estensivi, ma le performance energetiche sono più elevate.



Fig.19 Tetto verde intensivo. Fonte: holcimelevate.com

Una terza tipologia di soluzione progettuale sugli edifici riguarda le pareti vegetate attraverso la messa a dimora di specie rampicanti radicate a terra o in vaso. Le piante rampicanti possono essere autoaderenti, quindi dotate di organi trasformati in grado di far aderire la pianta al muro in modo autonomo, oppure non autoaderenti, quindi possono crescere su un telaio saldato alla parete. Le piante rampicanti possono crescere anche decine di metri in altezza, adattandosi alle variazioni climatiche e alle diverse condizioni di illuminazione. Molte specie fiorite e sempreverdi possono aggiungere un valore estetico alle pareti esterne, raffrescando l'aria e coibentando l'edificio.



Fig.20 Parthenocissus tricuspidata, specie rampicante autoaderente. Fonte: cleanprofis.ch

L'ultima tipologia di soluzione progettuale è il living wall, un tipo di parete verde che utilizza tecnologie per l'irrigazione automatica e substrati specifici per ridurre il peso delle facciate verdi. I living wall sono più costosi dell'inverdimento a terra e richiedono un maggiore impiego di risorse nella costruzione e nella manutenzione. L'inverdimento su facciata consente una combinazione di molte specie vegetali, il più delle volte specie erbacee perenni, che crescono in modo rapido e uniforme grazie ai valori di umidità e fertilizzante controllati.



Fig.21 Living wall. Fonte: edilportale.com

È dimostrato che lo strato vegetale di un tetto verde e di una facciata verde assorbe parte della radiazione solare attraverso la fotosintesi e protegge dall'afflusso di calore all'interno dell'edificio. Riduce la temperatura dell'edificio e rinfresca l'aria circostante. Diversi studi dimostrano che le temperature dei tetti verdi possono essere di 16–22°C inferiori rispetto a quelle dei tetti convenzionali (EPA, senza data).

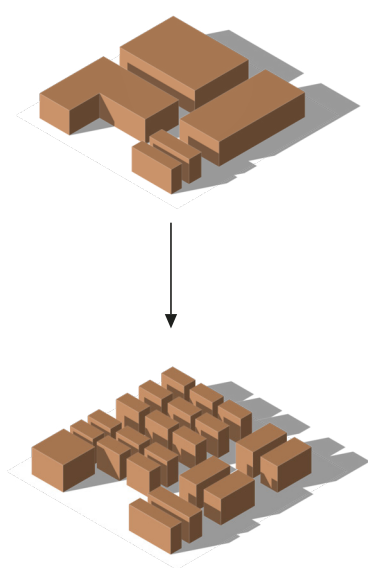
Se l'80-90% dei tetti di una città venisse trasformato in tetti verdi, la temperatura ambientale media potrebbe ridursi di 0,3°C-3°C (Santamoursi 2014). In una prospettiva futura che vede l'innalzamento delle temperature massime è quanto più importante considerare e mettere in pratica tutte le soluzioni progettuali che abbiamo a disposizione.

4.2 FORMA URBANA

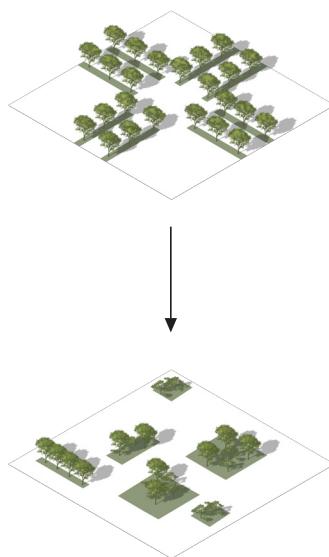
Ipotizzando che si stia costruendo o riqualificando una nuova area urbana, è importante capire come interagisce la composizione dello spazio aperto e quella degli edifici con il fenomeno dell'isola di calore urbana. Esistono infatti configurazioni spaziali che riducono al minimo il fenomeno e altre che lo aggravano. Un recente studio²⁶ suggerisce delle linee guida per la progettazione delle città al fine di ridurre il fenomeno dell'isola di calore.

Emerge che gli edifici più bassi possono migliorare la permeabilità del flusso d'aria, favorendo la dissipazione del calore per convezione, un processo che è più efficiente in assenza di radiazione solare durante la notte.

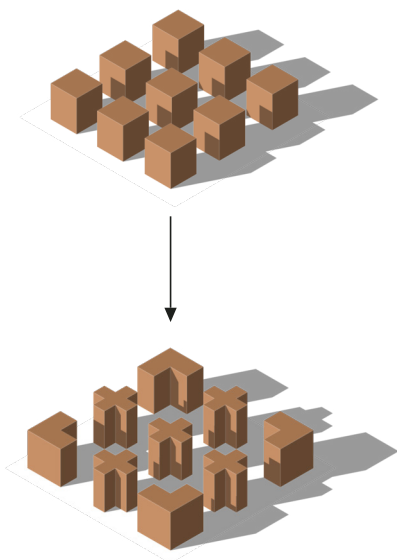
In secondo luogo, gli edifici più alti sono tipicamente associati a maggiori emissioni di calore antropogenico, che aggravano l'accumulo di calore.



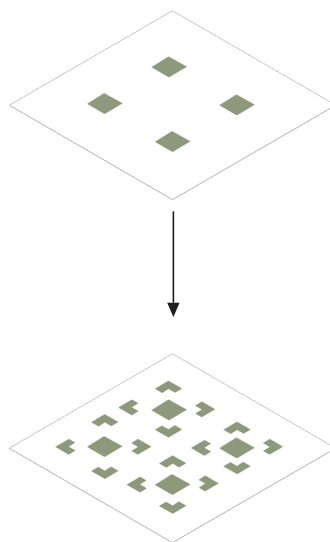
Più edifici di piccole dimensioni possono ridurre l'effetto termico negativo di un tessuto urbano compatto



La disposizione con diversi layer vegetazionali determina un raffrescamento maggiore



Forme complesse dell'edificio possono massimizzare l'ombreggiamento



Nel caso di superfici impermeabili, la depavimentazione può mitigare la ritenzione del calore

Elaborazione propria da Sitao Li et al.²⁶

L'altezza media degli edifici e la percentuale di copertura degli spazi verdi sono stati identificati rispettivamente come i principali fattori di riscaldamento e raffreddamento, con la percentuale di copertura degli spazi verdi che ha la maggiore influenza durante la notte. L'integrazione di volumi edilizi più piccoli e layout compatti degli spazi verdi migliora il potenziale di raffreddamento.

Di conseguenza, nella progettazione di una nuova area urbana la scelta dovrebbe prediligere edifici bassi e aree verdi caratterizzate da sestri di impianto densi, possibilmente con layer vegetazionali di diversa altezza.

Infine, occorre prestare particolare attenzione all'integrazione di unità piccole e frammentate, in modo da formare unità di gestione termica continue con altri isolati, consentendo successivi adeguamenti nella morfologia degli isolati per ridurre efficacemente l'intensità dell'isola di calore urbana misurata a livello dello strato di copertura.

Il Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente²⁷ suggerisce inoltre l'allineamento degli edifici con la direzione prevalente dei venti e l'orientamento degli stessi al fine di incanalare il vento.

4.3 RIDUZIONE DEL CALORE ANTROPICO

Il calore antropico è calore generato direttamente dalle attività umane: climatizzazione degli edifici, trasporti, processi industriali e consumo di energia negli ambienti domestici.

La climatizzazione degli ambienti interni in estate genera un circolo vizioso nel quale la temperatura elevata dell'aria induce l'attivazione di tali sistemi, che prelevano il calore dall'ambiente interno per espellerlo in quello esterno, a loro volta producendo calore, data l'enorme quantità di energia necessaria per il trasferimento del calore. Sostanzialmente, il lavoro dei sistemi di condizionamento dell'aria determina una produzione ulteriore di calore, che alimenta un consumo energetico maggiore per gli stessi sistemi. Ne consegue un aumento dell'effetto urban canyon, perché i sistemi di climatizzazione espellono l'aria calda proprio verso le strade, che se definite da alti edifici, determinano uno stazionamento costante del calore prossimo alla superficie, che non può essere dissipato facilmente in atmosfera a causa delle caratteristiche morfologiche dell'urban canyon. Da uno studio del 2026²⁸ emerge che il calore rigettato dai condizionatori innalza la temperatura dell'aria circostante fino a oltre 3.5°C - 4.3°C localmente, incrementando del 7.8% il consumo energetico degli stessi edifici a causa del feedback termico negativo.

I trasporti, inoltre, prevedono quasi sempre l'utilizzo di motori termici o elettrici, che producono calore in ogni fase del loro funzionamento, in particolare ad alti regimi. In particolare, i motori termici non convertono mai completamente l'energia termica prodotta in energia cinetica, anzi, la frazione di energia termica convertita è nettamente minore rispetto a quella che viene dissipata (quindi persa) sotto forma di calore. I motori endotermici convertono in movimento solo il 13-20% dell'energia, dissipando l'80-87% sotto forma di calore sensibile (gas di scarico, radiatore, attrito). I veicoli elettrici operano con un'efficienza dell'80-90%, riducendo l'energia convertita in calore di scarto di circa l'80% rispetto ai veicoli convenzionali²⁹.

La riduzione del calore antropico emesso dai trasporti passa dall'elettrificazione della mobilità ed il potenziamento del trasporto pubblico, in particolare su ferro. Tale riduzione può essere anche raggiunta attraverso la riduzione della velocità media dei veicoli. Nelle strade urbane locali è possibile abbassare il limite di velocità da 50 km/h a 30 km/h, utilizzando sia la segnaletica stradale, sia altri sistemi più efficaci quali l'eliminazione del salto di quota tra lo spazio pedonale e quello carrabile. All'ingresso della Zona 30, la carreggiata viene sollevata tramite una rampa con pendenza del 5-10%, per portarsi alla quota del marciapiede. La pavimentazione del marciapiede "prosegue" idealmente senza interruzioni attraverso l'incrocio o la carreggiata. Il cambio di quota per le sole vetture funge da dosso rallentatore e segnala l'ingresso in un ambito a priorità pedonale. In questo contesto, gli automobilisti escono dal classico rapporto di forza automobile-pedone, che è da sempre sbilanciato nei confronti di chi guida un mezzo di trasporto. Nello spazio complanare, la vegetazione assume un ruolo strutturale, fungendo da barriera psicologica ma anche da guida ottica. La messa a dimora di filari alberati o fasce arbustive parallele all'asse stradale, posizionate

direttamente al limite della zona di transito dei veicoli riduce il campo visivo periferico del guidatore, alterando la percezione della velocità. Il guidatore tende istintivamente a decelerare e a mantenere una velocità uniforme senza bisogno di segnali verticali invasivi o frenate brusche. Il mantenimento di una velocità inferiore (30 km/h) e costante, determina una produzione inferiore di calore proveniente dal motore.

La riduzione del calore antropico relativo ai trasporti passa anche dal miglioramento della rete infrastrutturale ciclabile. Una rete capillare di percorsi ciclabili di alta qualità converte la mobilità di una quota di automobilisti, riducendo il numero di veicoli in strada, rendendo più scorrevole il traffico, di conseguenza riducendo il calore emesso³⁰.



Fig.22 Vestenpark Hendrik Speeqvest, Mechelen. Progetto di OMGEVING. Fonte: artofit.org

5. ISOLA DI CALORE E SPAZIO PUBBLICO A TORINO SUD: ANALISI E VALUTAZIONE

5.1 GEOGRAFIE DEL CALORE URBANO: STRUTTURA E VULNERABILITÀ DEL PAESAGGIO DI TORINO

5.1.1 RISCHIO DI ISOLA DI CALORE

L'individuazione dell'area di studio e della successiva proposta progettuale muove dall'analisi condotta da Arpa Piemonte, pubblicata a maggio 2025. Lo studio ha fornito una mappatura dettagliata del territorio torinese, evidenziando le zone più vulnerabili al fenomeno dell'isola di calore urbana. Lo studio si basa sul modello urbano TERRA_URB, implementato nel modello meteorologico COSMO, ed è stato utilizzato ricostruendo l'isola di calore in occasione di quattro passate ondate di calore (9-18 giugno 2022, 21-27 luglio 2022, 15-22 luglio 2023 e 16-23 agosto 2023). Come spiegato da Valeria Garbero di ARPA Piemonte, TERRA_URB è un modello urbano semi-empirico che parametrizza gli effetti di edifici, strade e altre superfici impermeabili artificiali sul bilancio energetico tra superficie e atmosfera, includendo il flusso di calore antropogenico, legato al traffico veicolare, il riscaldamento, la climatizzazione e le attività industriali, come termine di sorgente. Lo schema di parametrizzazione richiede in input le caratteristiche geometriche e termiche degli edifici, quali altezza, rapporto tra altezza e larghezza, superficie occupata dai tetti e dalle superfici impervie, capacità termica, etc. I dati utilizzati nelle simulazioni sono stati dedotti dalla classificazione LCZ (Local Climate Zones) fornita dal dataset globale ECOCLIMAP-SG alla risoluzione di 300 m. Il modello fornisce in output la distribuzione spaziale e l'evoluzione temporale della temperatura dell'aria a 2 metri di altezza dal suolo, che è la variabile di interesse per il calcolo dell'intensità dell'isola di calore e per la stima del rischio sanitario a cui è soggetta la popolazione. La risoluzione spaziale è di 500 m.

Il confronto tra la temperatura fornita dal modello e quella misurata presso le stazioni della rete meteoidrografica di Arpa Piemonte è risultato piuttosto soddisfacente, con coefficienti di correlazione tra 0.75 e 0.90 e un RMSE quasi sempre al di sotto di 2°C; è stata evidenziata tuttavia una tendenza alla sovrastima sia delle temperature massime che delle temperature minime.

Il modello ben ricostruisce la distribuzione della temperatura sulla città e consente pertanto una buona rappresentazione del fenomeno di isola di calore, la cui intensità è valutata sottraendo alla temperatura oraria in tutti i punti del dominio la temperatura oraria simulata alla stazione meteorologica Bauducchi, riferimento 'rurale', posta a 7 km di distanza dalla stazione di riferimento urbana più vicina.

Per individuare le aree di maggior impatto o pericolo, associate al fenomeno dell'isola di calore, l'isola di calore media notturna di ogni singolo evento viene normalizzata rispetto al suo valore massimo. Successivamente, è calcolato il valore medio dell'isola di calore medie notturne normalizzate per le quattro ondate di calore analizzate, che rappresenta il valore rappresentativo dell'isola di calore media notturna.

Secondo la metodologia per la stima del rischio di impatti sanitari dovuti ad eventi climatici estremi (IPCC, 2012) il rischio è dato dall'interazione di tre fattori normalizzati: il pericolo, l'esposizione e la vulnerabilità.

Rischio = Pericolo x Esposizione x Vulnerabilità

L'unità di riferimento spaziale scelta per la definizione del rischio della città di Torino è la sezione di censimento e il metodo di normalizzazione usato prevede il passaggio dal valore "grezzo" ad un valore "standard", pari al rapporto tra la differenza del valore grezzo ed il valore minimo della distribuzione dei valori grezzi e il range dei valori grezzi.

Il *pericolo* è identificato dall'intensità media notturna dell'isola di calore calcolata nella sezione precedente, dove il valore 1 individua le aree in cui il fenomeno è massimo e il valore 0 quelle in cui il fenomeno non è rilevante.

L'*esposizione* si riferisce alle persone interessate dal fenomeno ed è quantificata attraverso la densità di popolazione residente per sezione di censimento, utilizzando i dati del censimento 2011 (fonte ISTAT), normalizzata rispetto al valore massimo.

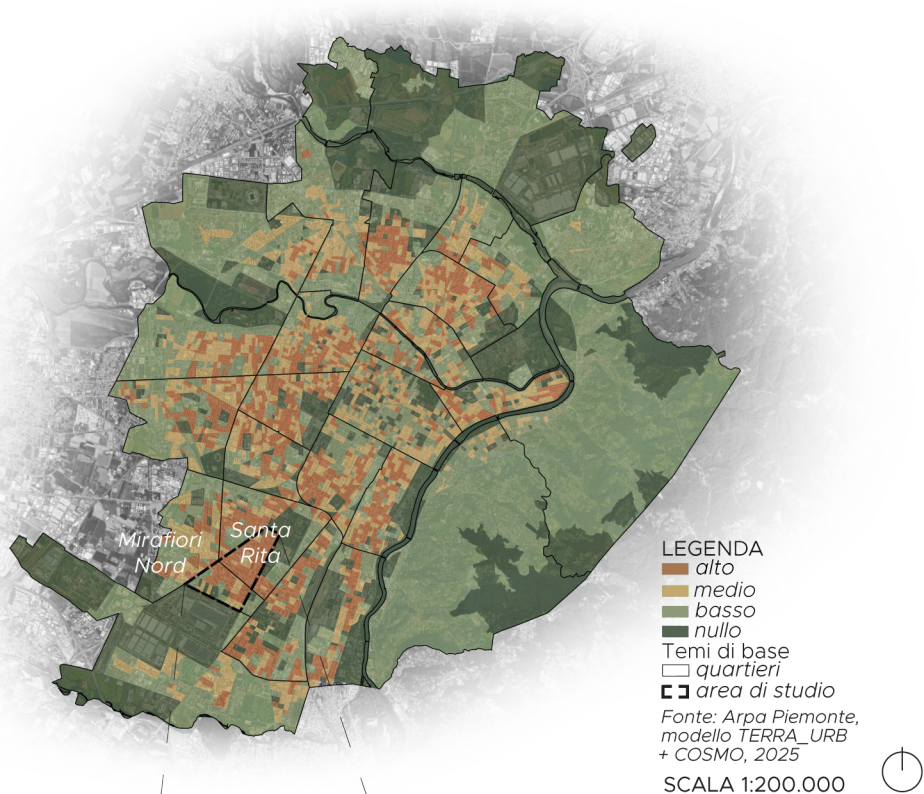
La *vulnerabilità* indica quanto la popolazione sia preparata a resistere o adattarsi all'aumento delle temperature ed è, in prima approssimazione, rappresentata dalla popolazione over 65, che corrisponde al target di persone fragili individuato per il sistema di prevenzione sanitaria degli effetti del caldo. Questo fattore non è stato normalizzato poiché prevede già un campo di variazione tra 0 e 1.

Il rischio sanitario associato all'isola di calore è stato calcolato come prodotto dei tre fattori normalizzati ed è stato classificato in quattro categorie: categoria di rischio nullo e tre categorie calcolate sulla base dei terzili della distribuzione dei valori di rischio.

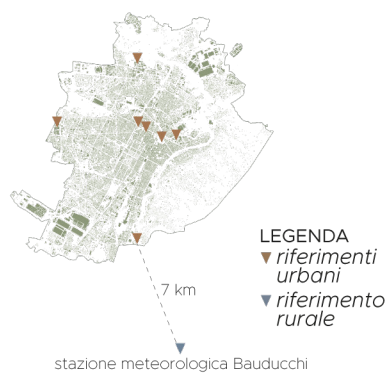
Il terzile è una misura statistica utilizzata per suddividere un insieme ordinato di dati in tre parti uguali, ciascuna contenente circa il 33,33% dei dati. Il primo terzile (T1) individua il valore sotto il quale si trova il 33,33% dei dati, il secondo terzile (T2) corrisponde al valore sotto il quale si trova il 66,67% dei dati. I due valori soglia (T1 e T2) suddividono la distribuzione in tre gruppi:

- categoria di *rischio basso*, identificata dal colore verde chiaro, se il valore è inferiore al primo terzile (T1);
- categoria di *rischio medio*, identificata dal colore giallo, quando il valore è compreso tra i due terzili (T1 e T2);

- categoria di *rischio alto*, identificata dal colore mattone, se il valore è superiore al secondo terzile (T2).
- Le aree verde scuro sono quelle a *rischio nullo*.

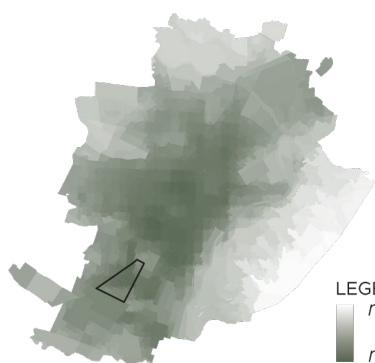


LOCALIZZAZIONE STAZIONI ARPA



Elaborazione propria, Tav. 01

PERICOLO



LEGENDA
minore

maggiore

area di studio

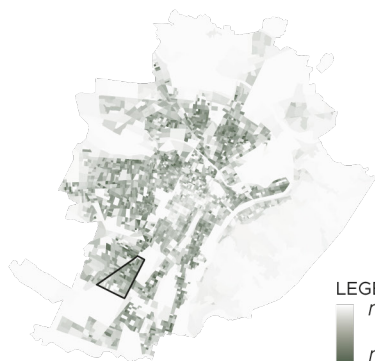
Fonte

ARPA Piemonte, 2025

0 1 2 km



ESPOSIZIONE



LEGENDA
minore

maggiore

area di studio

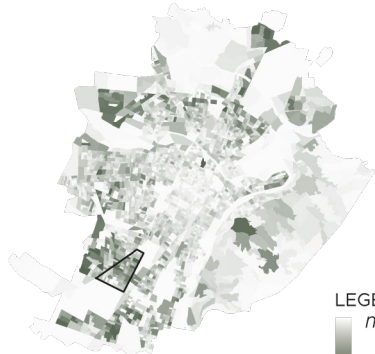
Fonte

ARPA Piemonte, 2025

0 1 2 km



VULNERABILITÀ



LEGENDA
minore

maggiore

area di studio

Fonte

ARPA Piemonte, 2025

0 1 2 km



Elaborazione propria, Tav. 01

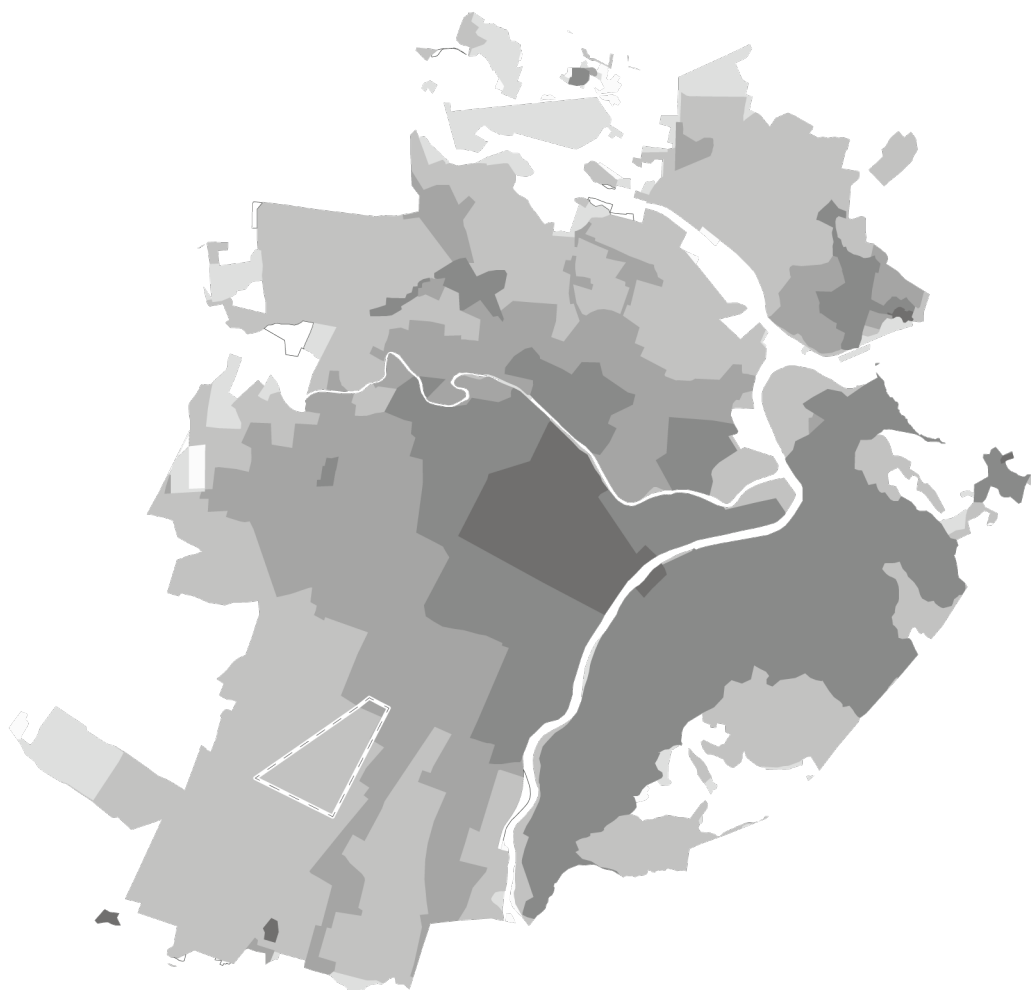
Dall'analisi della mappa del rischio, il quadrante compreso tra la zona sud-est di Mirafiori Nord e quella sud-ovest di Santa Rita emerge come il territorio più vulnerabile al fenomeno dell'isola di calore. Tale criticità è riconducibile a due variabili principali: la contiguità con lo stabilimento FIAT Mirafiori e l'elevata età media dei residenti. Nel primo caso, la massiccia presenza di superfici impermeabili (cemento e asfalto in particolare), estesa per oltre duecento ettari, favorisce un significativo accumulo termico. Sul piano demografico, la vulnerabilità è accentuata dal fatto che Mirafiori Nord è il quartiere con l'indice di vecchiaia più alto di Torino, circa 284 anziani ogni 100 giovani (Comune di Torino - Analisi delle Zone Statistiche), seguito immediatamente dal quartiere Santa Rita.

L'ambito d'indagine è delimitato dal perimetro formato dagli assi viari corso Orbassano, via Barletta, corso Agnelli e corso Tazzoli, area eletta a caso studio per la presente fase di analisi.

L'area ospita numerose funzioni sensibili e presidi pubblici, quali plessi scolastici, strutture ospedaliere, poliambulatori, aree mercatali e luoghi di culto. Data l'elevata frequentazione di questi spazi, in particolare da parte della popolazione over 65, in fase progettuale le funzioni sensibili avranno priorità d'intervento per la mitigazione degli impatti termici.

5.1.2 GENESI ED EVOLUZIONE DELL'INSEDIAMENTO

Sovrapponendo le carte storiche di Torino, è stato possibile osservare l'evoluzione dell'insediamento urbano. Per quanto riguarda l'area di studio, è evidente come il suo sviluppo si sia concentrato in particolare nel secondo dopoguerra.



LEGENDA

Evoluzione dell'urbanizzato

- al 1820
- al 1880
- al 1920
- al 1960
- al 1990
- al 2000

Temi di base

- area di studio

Fonti

- Carta degli Stati sardi, 1820
- Carta IGM impianto storico 1880
- Carta IGM impianto storico 1920
- Carta IGM impianto storico 1960
- Carta Tecnica regionale, 1990
- Ortofoto, 2000

0 1 2 km



Elaborazione propria, Tav. 01

Osservando la carta IGM del 1880 è possibile constatare che l'area urbanizzata di Torino si estendeva a partire dal centro verso parte degli attuali quartieri Crocetta, Aurora, San Donato e San Salvario nella sua interezza.

In Santa Rita era possibile osservare un contesto prettamente rurale, caratterizzato dalla presenza delle cascine e degli appezzamenti coltivati circostanti. All'interno dell'area di studio ricadeva Cascina Pertengo, Cascina Nizza di Runa e Cascina Lase. L'attuale corso Orbassano era l'asse viario principale che portava verso il centro città, ma anche l'asse di simmetria tra le cascine appena elencate e quelle opposte (Casalegno, Martiniana, Gachet, S. Agostino, La Grangia, e Amoretti).

Al reticolo viario e irriguo antico, tra XIX e XX secolo, si è sovrapposta poi una struttura urbanistica modellata su esigenze industriali e residenziali. L'assetto rurale si distingue per la rete di canali, bealere e strade i cui punti nodali erano rappresentati dalle cascine "a corte chiusa" della pianura torinese, dalla tipica forma quadrangolare³¹.

Le strade che portavano alle cascine hanno conservato il proprio sedime fino ad oggi.

La Cascina Amoretti fu costruita nella prima metà del '600 dall'abate Giambattista Amoretti, ampliata e rimaneggiata fino al 1912, quando fu demolita per far spazio a una scuderia e un'aranciera semicircolare. Nella carta storica del 1880 è visibile il giardino formale adiacente agli edifici della villa.

Il Parco Rignon che la circonda deve il proprio nome ai fratelli Paolo Luigi e Pietro Amedeo Rignon, proprietari che hanno succeduto i Guasco di Castelletto nel 1830.

Dalla carta IGM del 1922 è osservabile la presenza dell'ex-ospedale militare Alessandro Riberi, costruito tra il 1903 e il 1913. Si costituisce di una struttura architettonica a padiglioni, propria delle caserme di inizio Novecento, per consentire un'adeguata illuminazione e ventilazione degli ambienti.

In occasione dei Giochi Olimpici Invernali del 2006, diciassette palazzine sono state ristrutturate allo scopo di accogliere mille giornalisti e due palazzine sono state destinate al Centro Militare di Medicina Legale. Terminate le Olimpiadi, la struttura, tornata interamente all'Esercito, ha subito ulteriori trasformazioni per dare ospitalità ai militari in servizio a Torino, in convenzione con la Facoltà di Scienze Strategiche dell'Università degli Studi, è stato creato il Campus Militare "Riberi"³².

Ad est dell'ospedale militare è possibile osservare la vecchia Piazza d'Armi, attuale Parco Cavalieri di Vittorio Veneto "Piazza d'Armi".

Dal 1904 fu utilizzata non solo come area di addestramento ed esercitazione, ma anche come spazio logistico e ospedale da campo per lo smistamento dei feriti nel corso della Prima guerra mondiale, rimase in funzione sino al 1950-1951. A quegli anni datano le prime trattative tra il Comune e l'autorità militare per la dismissione di quest'area, che si conclusero soltanto nel 1971³³. L'accordo prevedeva che parte dell'area sarebbe rimasta a disposizione dell'Esercito (che vi stabilì il Complesso Sportivo Saverio Porcelli), parte avrebbe accolto un eliporto e parte, infine, sarebbe stata destinata a verde pubblico. Quest'ultima, dal 1974, ospita il Parco Cavalieri di Vittorio Veneto.

Ad est dell'area di studio, affacciato sull'attuale Corso Unione Sovietica fu costruito a partire dal 1880 l'Ospizio di Carità, un istituto di riposo per la vecchiaia, allora costruito a discreta distanza dall'abitato, attualmente è la sede della Scuola di Management ed Economia dell'Università degli Studi di Torino, servizi sanitari e uffici.

Nel 1922 lo sviluppo edilizio coprì interamente il quartiere Crocetta, fino all'attuale Largo Orbassano, limite nord dell'area di studio.

Nell'intersezione tra corso Orbassano, via Barletta e via Tripoli, nel 1927 iniziarono i lavori per la costruzione di un edificio religioso importante per l'area: la Chiesa di Santa Rita da Cascia, progettata in stile tardo eclettico ispirato al neogotico francese dall'architetto Valotti. I lavori proseguirono nel 1933 con la costruzione del campanile posto sul fronte principale e terminarono nel 1953 con la realizzazione delle vetrate policrome. La chiesa fu voluta da Monsignor Baloire, un prete salesiano particolarmente impegnato nello sviluppo sociale dell'area di Santa Rita³⁴.

Dalla carta IGM del 1955 è possibile osservare la forte espansione residenziale avvenuta nel dopoguerra, sostenuta da un forte incremento demografico. Negli anni '60 l'edilizia privata e convenzionata realizza fabbricati residenziali multipiano (5-8) con linguaggi tipici del boom economico: palazzine in linea e a corte. Si delinea una maglia stradale razionale con grandi assi (corso Orbassano, corso Giovanni Agnelli, corso Sebastopoli) e isolati regolari. La densità è elevata e gli spazi liberi interni agli isolati diventano limitati.



Carta IGM impianto storico 1922-1934



al 1922



Carta IGM impianto storico 1955-1969



al 1955



Carta Tecnica Regionale 2025, Comune di Torino



al 2025

LEGENDA

■ edificato

— rete viaria

Elaborazione propria, Tav. 01

I blocchi edilizi situati nella porzione sud-ovest dell'area di studio sono il risultato della Legge 167/1962 che introdusse il Piano per l'Edilizia Economica e Popolare (P.E.E.P.), pensato per favorire la realizzazione di case a costi accessibili per fasce di popolazione con reddito medio-basso³⁵.



Fig.23 Localizzazione degli interventi della seconda metà del Novecento a Torino. In tratteggio le realizzazioni del piano INA/Casa e CEP, in nero le aree del PEEP. Da A. Magnaghi, M. Monge, L. Re (a cura di), Guida all'architettura moderna di Torino, Designers riuniti, Torino, 1982.

Il blocco edilizio composto da corpi di fabbrica disposti sfalsati lungo il perimetro angolare di piazza Pitagora fu progettato dallo Studio Tecnico Associato Co.Ar. Collettivo di Architettura e realizzato tra il 1968 e il 1974³⁶.

L'espansione del costruito in direzione sud si riflette anche nella distribuzione ed estensione degli spazi permeabili all'interno dell'area di studio. È infatti visibile come l'area a nord di corso Cosenza sia caratterizzata da pochi spazi permeabili e di dimensione ridotta, spesso giardini di quartiere interclusi nell'edificato residenziale. A sud, invece, si osservano giardini di maggiore estensione, disposti tra i blocchi edilizi lineari. In generale è riscontrabile una quota di suolo impermeabilizzato nettamente superiore rispetto al suolo permeabile. Questo dato mette in luce un problema rilevante per il contrasto all'isola di calore, che viene amplificata dai materiali artificiali, presenti in abbondanza nell'area di studio.



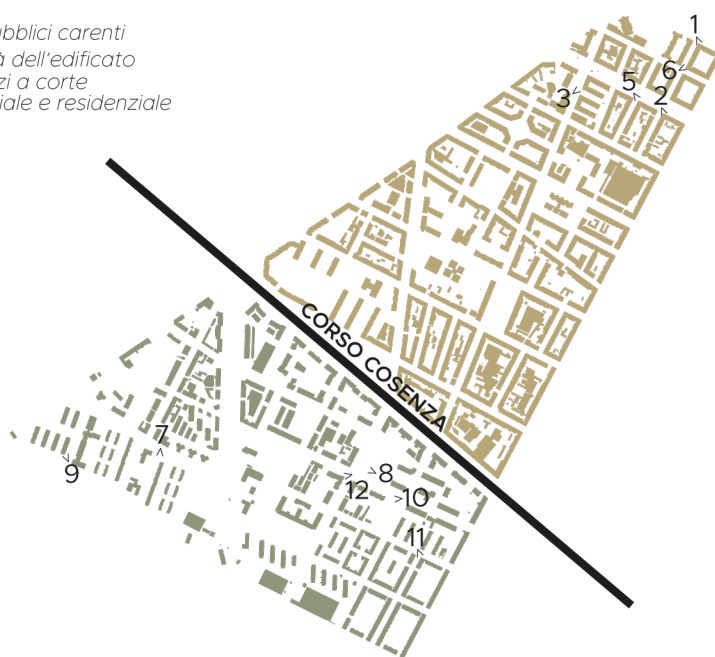
Elaborazione propria, Tav. 01

5.1.3 MORFOLOGIA URBANA DICOTOMICA

Le differenze tra le aree nord e sud in merito agli spazi permeabili non sono le uniche. Infatti, dall'osservazione delle analisi, risulta chiara la dicotomia indotta dall'asse viario di corso Cosenza, che funge da spartiacque tra due zone urbane morfologicamente e funzionalmente diverse: a nord la densità elevata dell'edificato residenziale-commerciale determina la presenza di sporadici spazi aperti pubblici, mentre gli edifici residenziali sono tipicamente a corte, a sud invece, la densità del costruito si riduce, concedendo la presenza di spazi aperti pubblici numerosi e più ampi, mentre gli edifici sono perlopiù a corpo lineare e con funzione unicamente residenziale, escludendo gli edifici che si affacciano sulle arterie viarie principali che spesso ospitano esercizi commerciali al piano terra.

NORD

*Spazi aperti pubblici carenti
Elevata densità dell'edificato
Complessi edilizi a corte
Area commerciale e residenziale*



SUD

*Numerosi e ampi spazi aperti pubblici
Densità dell'edificato minore
Edifici a corpo lineare
Area prettamente residenziale*

SCALA 1:20.000

Elaborazione propria, Tav. 01

La differenza nord-sud riguardante la tipologia edilizia si riflette anche a livello termico. Come spiegato nel capitolo 4, la forma urbana influisce in modo preponderante sulla capacità di un tessuto urbano di dissipare il calore accumulatosi nel corso della giornata. Non è solamente la presenza di spazi aperti vegetati a determinare un effetto positivo sul controllo dell'isola di calore, ma anche la densità dell'edificato e la tipologia dello stesso. Edifici posti a distanze

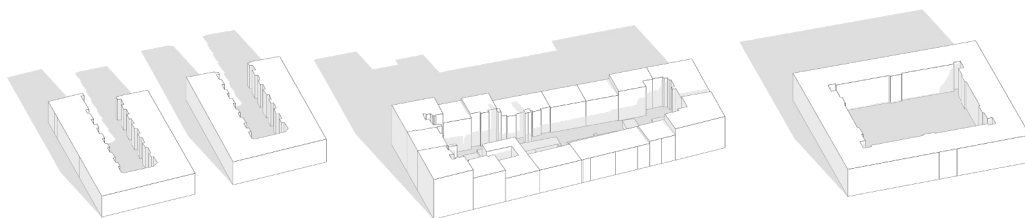
ridotte gli uni dagli altri, con altezze rilevanti, determinano una dissipazione molto ridotta del calore accumulato dai materiali artificiali. Al contrario, edifici bassi e posti a distanze elevate gli uni dagli altri, determinano una dissipazione rapida del calore. La conseguenza diretta, nell'area di studio, è un effetto dell'isola di calore maggiore nell'area a nord di corso Cosenza, e minore a sud. Per misurare l'effetto della morfologia urbana e dell'altezza dell'edificato è stato utilizzato lo Sky View Factor, un indicatore che esprime la porzione di cielo visibile a livello del piano di calpestio. Maggiore è tale indicatore, maggiore è la porzione di cielo visibile a terra, di conseguenza è più rapida la dissipazione del calore. Come visibile nella carta, l'indicatore SVF mette in luce numerosi urban canyon, in particolare in via San Marino, via Tripoli, via Filadelfia, e nelle strade urbane locali quali via Castagnevizza e via Cadorna.



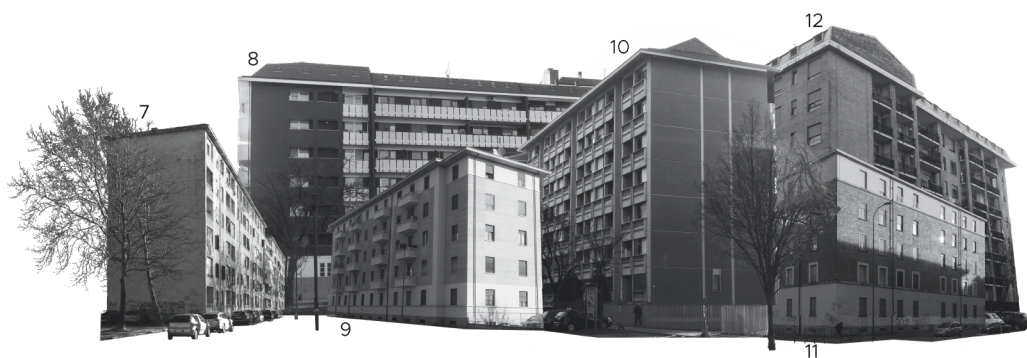
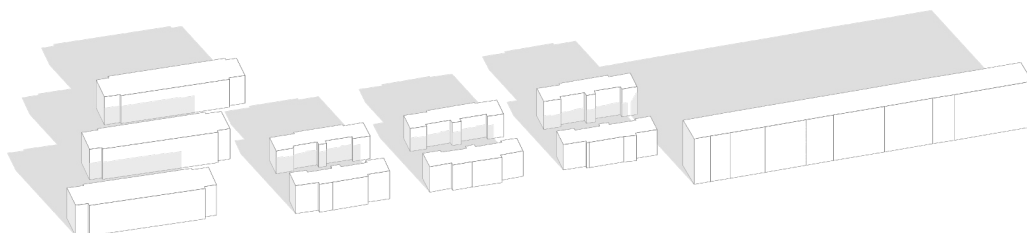
SCALA 1:20.000

Elaborazione propria, Tav. 01

NORD - Edifici residenziali a corte



SUD - Edifici residenziali a corpo lineare



Elaborazione propria, Tav. 01

5.2 EDIFICATO, SPAZI APERTI E SISTEMA INFRASTRUTTURALE

5.2.1 FUNZIONI DELL'EDIFICATO

La carta delle funzioni dell'edificato classifica le seguenti funzioni: servizi urbani, funzione commerciale, religiosa, ristorazione, ricreativa sportiva, sanitaria, settore terziario, istruzione e residenziale.

Le funzioni commerciali e residenziali si concentrano nella zona nord e centrale dell'area.

L'area presa in oggetto evidenzia un carattere prettamente residenziale, con un gradiente di densità del tessuto urbanizzato che evidenzia una densità maggiore a nord e una densità minore a sud.

Le attività commerciali sono numerose e si collocano in particolare al piano terra degli edifici residenziali. Sono numerosi i negozi di vicinato e le funzioni legate alla ristorazione. Le attività economiche si affacciano in particolare verso gli assi viari principali quali corso Orbassano, corso Giovanni Agnelli e corso Cosenza, ma anche in corrispondenza delle intersezioni degli assi viari secondari.

Nell'area a sud di corso Cosenza le attività commerciali sono meno numerose e gli edifici residenziali mantengono un'unica funzione.

Qui prevale un tessuto misto commerciale e residenziale, con commercio al piano strada e residenza ai piani superiori, tipico delle espansioni del dopoguerra.

Per quanto riguarda l'istruzione, sono presenti dieci complessi scolastici di cui due scuole dell'Infanzia (Violeta Parra, Nido comunale Snoopy), cinque scuole primarie (Don Milani, Caduti di Cefalonia-Mazzini, C. Casalegno, Sede distaccata via Poma, I.C.E. Bosso), una scuola secondaria di primo grado (A. Antonelli) e tre licei: Classico e musicale (C. Cavour), Artistico statale Renato Cottini Succursale e Liceo Scientifico Ettore Majorana.

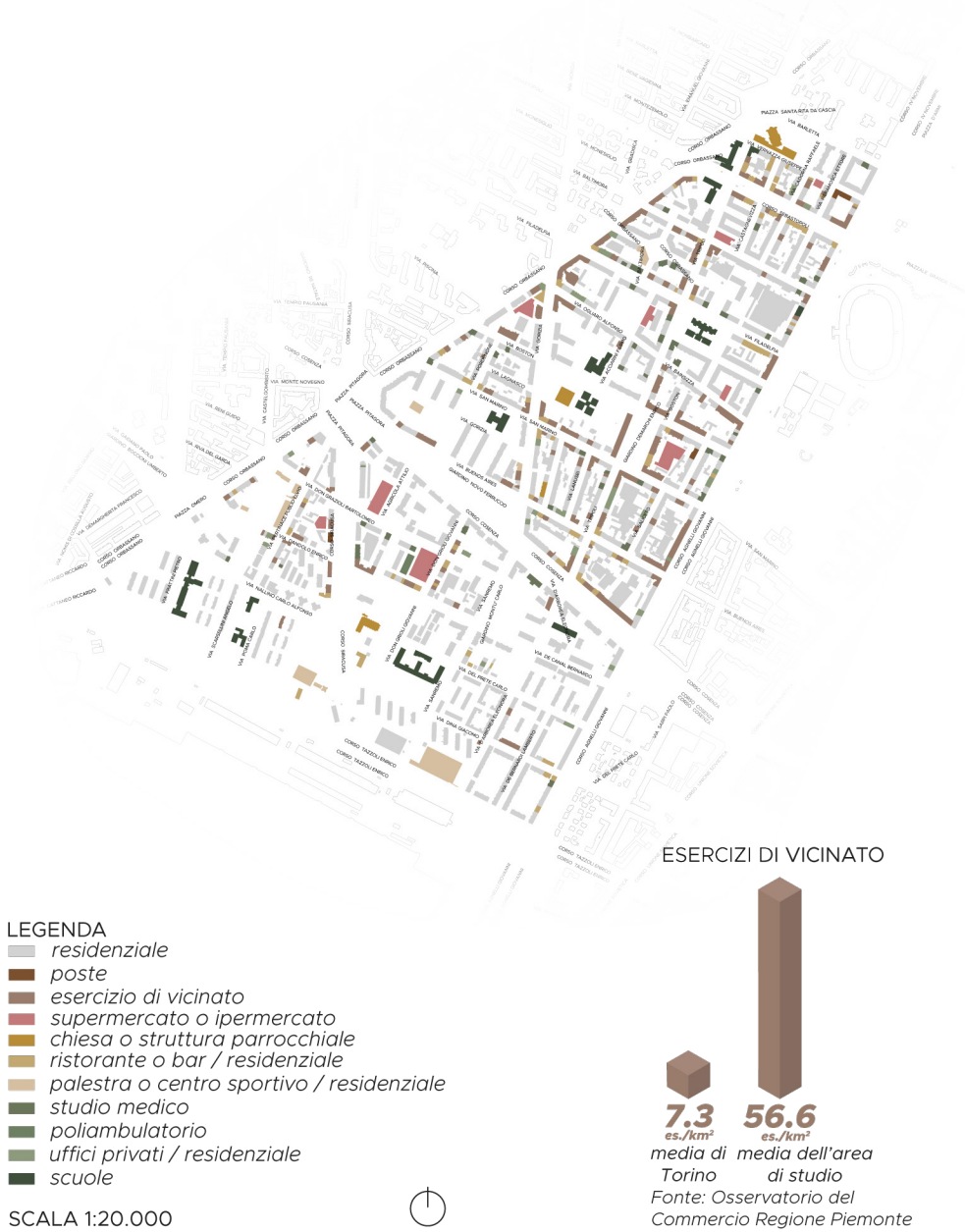
L'area si distingue quindi per un'elevata accessibilità alle dotazioni territoriali (scuole in particolare) e alle funzioni commerciali di scala locale.

La tipologia edilizia più ricorrente è l'isolato chiuso, caratterizzato il più delle volte dalla presenza di autorimesse nell'area centrale dell'isolato, con tetti ricoperti da guaine bituminose, che amplificano l'effetto dell'isola di calore. Più raramente sono presenti aiuole di modeste dimensioni che coprono spazi interni alle corti. Nella zona a sud, prossima a corso Tazzoli, sono presenti aggregati residenziali sociali disposti a pettine, in rari casi con piccole aree verdi infrapposte agli edifici.

Le strutture religiose presenti sono tre chiese cristiane cattoliche, la parrocchia Natale del Signore, il Santuario di Santa Rita da Cascia, che si affaccia sull'omonima

piazza e la Parrocchia Gesù Redentore.

La funzione culturale è carente in quanto non sono presenti cinema, teatri o case di quartiere all'interno dell'area, ma la sola biblioteca civica Villa Amoretti e la casa del quartiere di Mirafiori Nord Cascina Roccafranca, che si localizzano entrambe al di fuori dell'area di studio.



5.2.2 FUNZIONI DEGLI SPAZI APERTI

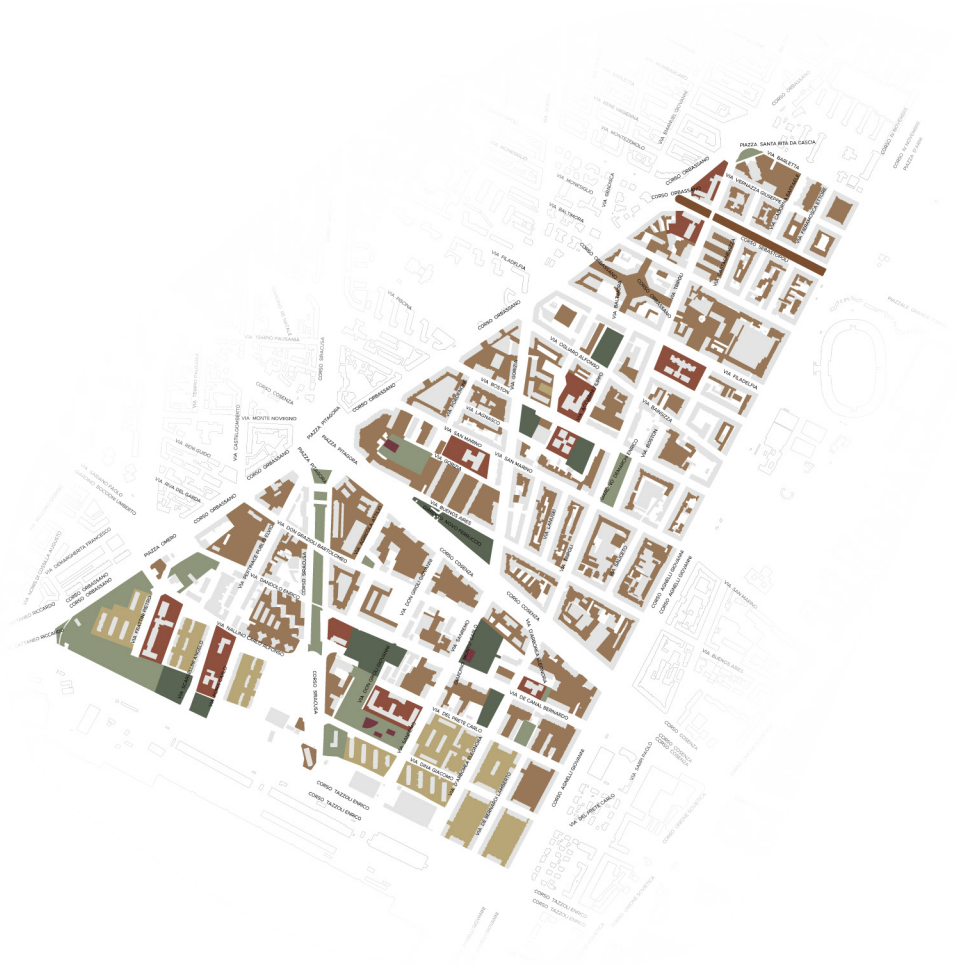
Dalla carta delle funzioni degli spazi aperti emerge chiaramente il fatto che, se non si considerano le strade, lo spazio aperto pubblico è in un rapporto di subordinazione nei confronti dello spazio aperto privato. Le corti interne inaccessibili occupano buona parte della superficie di spazio aperto, ma in quanto private non possono essere considerate parte integrante di un processo di trasformazione in ottica di mitigazione microclimatica o di qualsiasi altro tipo di intervento progettuale pubblico.

Lo spazio aperto pubblico dell'area nord è costituito principalmente dai cortili degli edifici scolastici e da qualche giardino di quartiere, oltre allo spazio mercatale di Santa Rita, che svolge la propria funzione per sei giorni a settimana. Gli spazi aperti vegetati sono carenti e non collegati tra loro. In questo quadro emerge il fatto che i cortili vegetati degli edifici scolastici possono essere una risorsa nel periodo estivo, quando l'anno scolastico si conclude e i complessi non svolgono più la propria funzione principale. L'apertura dei cortili al pubblico da metà giugno a fine agosto potrebbe consentire un aumento della superficie e del numero di spazi aperti con funzione di rifugio climatico, con opportuni interventi di riqualificazione degli stessi cortili al fine di svolgere questa funzione.

L'area sud presenta una maggiore superficie destinata agli spazi aperti pubblici vegetati, che svolgono un ruolo fondamentale nella mitigazione dell'isola di calore, che viene amplificata soprattutto nel tessuto urbano denso dell'area nord e dallo stabilimento FIAT Mirafiori a sud.

Numerose corti interne risultano accessibili e alcune di esse presentano spazi vegetati con la componente arborea.

L'intero ambito di studio evidenzia un deficit strutturale di piazze e spazi pubblici a esclusiva vocazione pedonale, tra i quali piazza Santa Rita rappresenta l'unica eccezione morfologica e funzionale. I restanti vuoti urbani, formalmente classificati come piazze (piazza Pitagora, piazza Cattaneo), si configurano in realtà come meri nodi infrastrutturali posti all'intersezione dei principali assi viari, privi dei requisiti di abitabilità urbana. Tale configurazione evidenzia una marcata dominanza del tessuto carrabile tipica di Torino, a discapito della mobilità attiva (pedonale e ciclabile) e della fruizione sociale dello spazio aperto.



LEGENDA

Spazio aperto pubblico

parco/giardino attrezzato

parco/giardino non attrezzato

spazio mercatale

cortile di edificio scolastico

campo sportivo

Spazio aperto privato

accessibile

non accessibile

Temi di base

edificato

SCALA 1:20.000



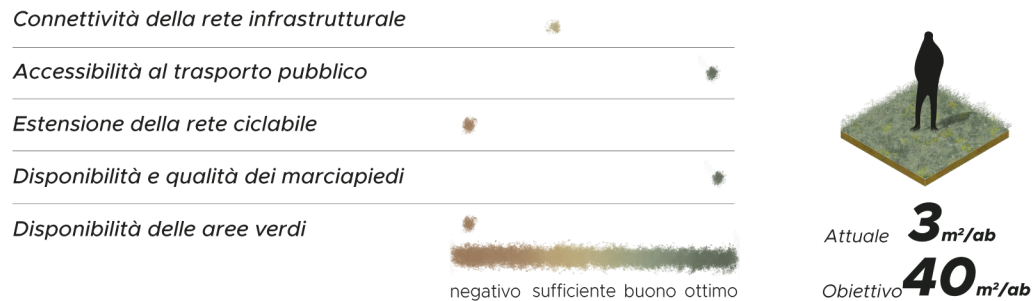
Elaborazione propria, Tav. 02

5.2.3 ANALISI DEL SISTEMA INFRASTRUTTURALE

Il sistema infrastrutturale si configura nell'unione degli assi viari principali quali corso Tazzoli, corso Agnelli, corso Cosenza e corso Orbassano, con gli assi viari di quartiere e secondari. Le direzioni prevalenti delle strade sono quella nord-est / sud-ovest, che conduce verso il centro di Torino e all'opposto verso il tessuto periurbano e quella nord-ovest / sud-est che porta da Mirafiori Nord e Città Giardino verso Borgo Filadelfia.

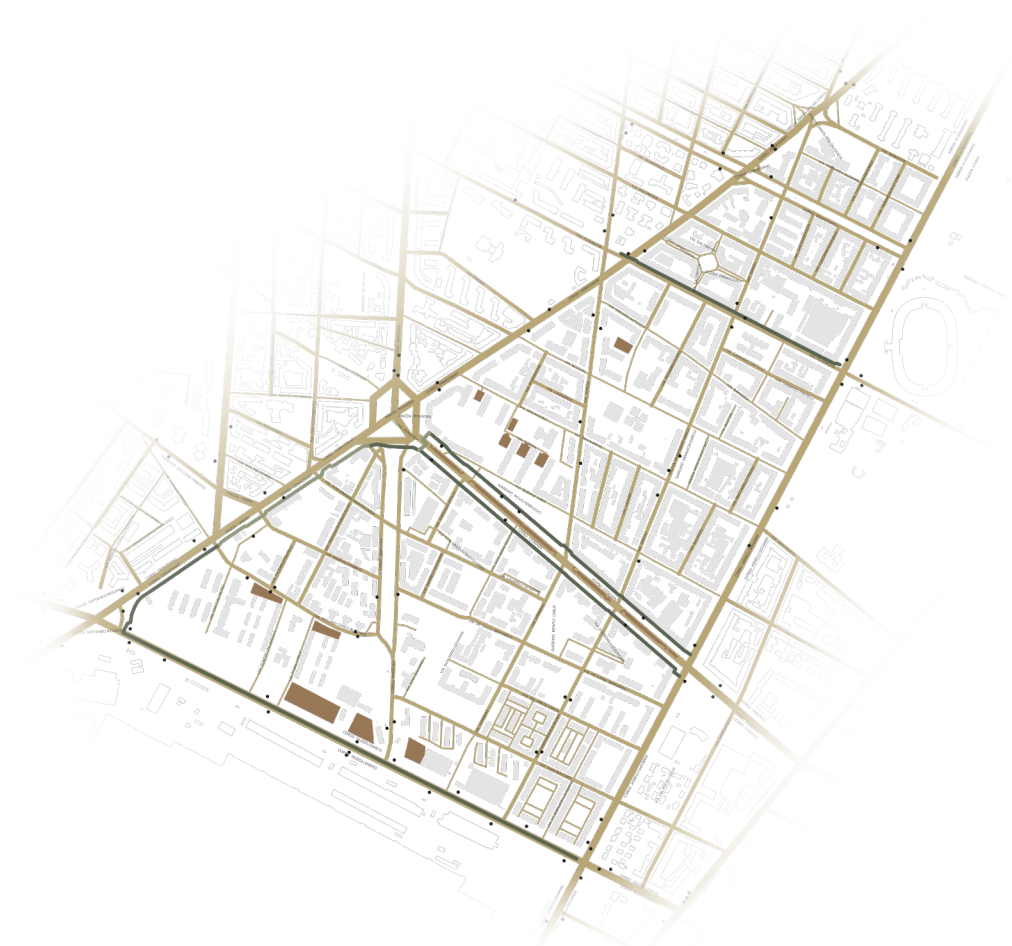
La mobilità ciclabile risulta particolarmente carente e frammentata. L'estensione dei percorsi ciclabili e ciclopeditoni è assolutamente insufficiente a garantire le condizioni minime di sicurezza per la mobilità dolce. Dallo studio effettuato con il metodo derivato dal Protocollo Urban Health Regione Piemonte, il 71% dei percorsi ciclabili e ciclopeditoni presenti all'interno dell'area di studio risultano di qualità insufficiente, spesso a causa di una larghezza inferiore a 1.25 m, o per la presenza di superfici sconnesse, senza colorazioni differenziate o che conducono verso attraversamenti pericolosi.

La frammentazione e la scarsa qualità dei pochi percorsi ciclabili/ciclopeditoni presenti determina un utilizzo limitato degli stessi, a favore di un utilizzo delle corsie carrabili, determinando conflitti e pericoli per i ciclisti.



Metodo derivato da Protocollo Urban Health Regione Piemonte, categoria Mobilità e trasporti Dr. Jhon R. Escorcia e categoria Spazi esterni Prof.ssa Sara Torabi

Le aree parcheggio non sono numerose, bensì gli stalli a bordo strada sono presenti all'interno di tutte le strade, sia principali, che di quartiere e secondarie. Alcune aree parcheggio risultano sovradimensionate rispetto all'utilizzo effettivo che ne viene fatto, in particolare quelle prossime a corso Tazzoli, che si collocano in una zona non densamente abitata e in assenza di funzioni in grado di richiamare un elevato traffico veicolare.



LEGENDA

- strada di scorrimento
- strada di quartiere
- strada secondaria
- percorso ciclopedonale
- percorso ciclabile
- fermata del trasporto pubblico
- area parcheggio

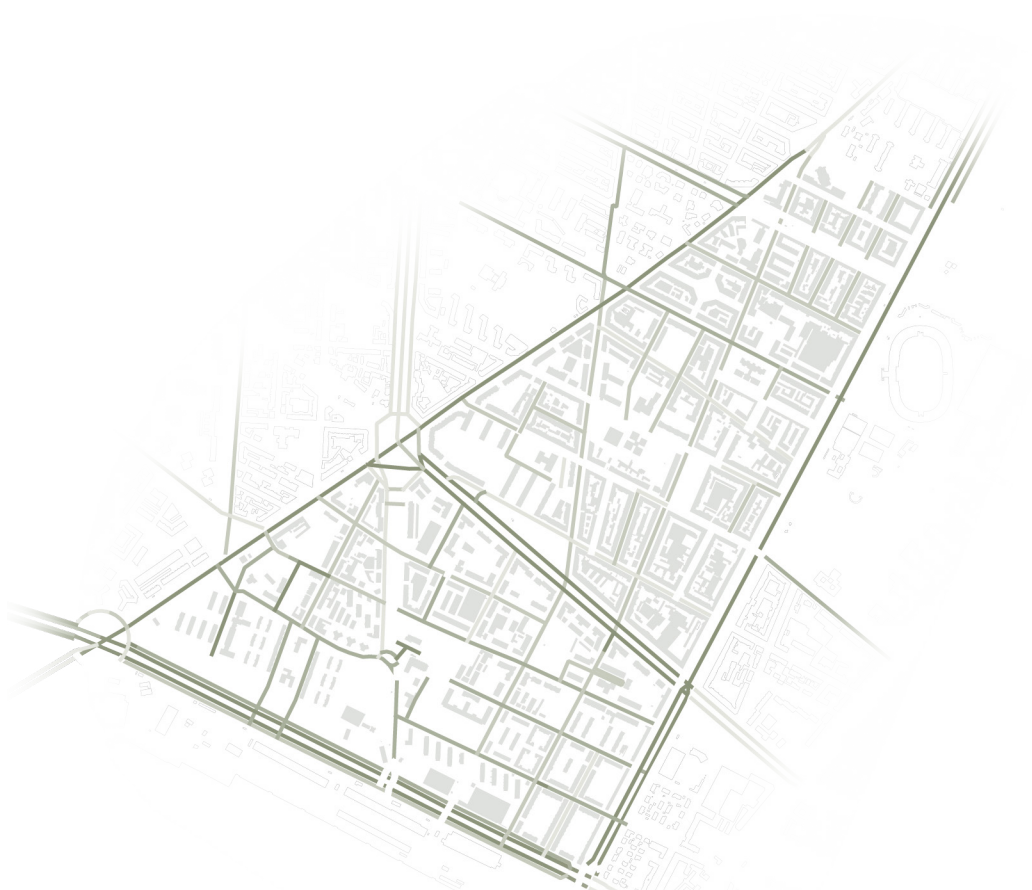
Temi di base
 ■ edificato

SCALA 1:20.000



Elaborazione propria, Tav. 02

Dall'analisi del traffico veicolare è stato possibile mettere in risalto le strade classificabili come sovradimensionate rispetto al volume di traffico reale. Tra queste è possibile individuare strade di quartiere quali via De Canal, via Del Prete, via Nallino e via Dina a sud di corso Cosenza, via Gorizia, via Tripoli, via Baltimora e via Filadelfia a nord. Importanti arterie come corso Orbassano, corso Agnelli e corso Cosenza risultano sovradimensionate.



LEGENDA

Rapporto volume di traffico / capacità reale

- molto basso
- basso
- medio
- elevato

Temì di base

- edificato

Fonti

Highway Capacity Manual

Google Maps, traffico tipico di lunedì ore 18.00

Regione Piemonte, traffico giornaliero medio, aggiornamento 2024

SCALA 1:20.000



Elaborazione propria, Tav. 02

Come visibile dalle sezioni stradali dello stato di fatto, soprattutto le strade di quartiere e secondarie non presentano vegetazione di alcun tipo. Se l'assenza di vegetazione può essere attribuita alla difficoltà di collocare specie vegetali in spazi ristretti, è comunque possibile ricavare spazi destinabili alle infrastrutture verdi sottraendo spazio dedicato alla sosta veicolare.

Via Sanremo, ad esempio, presenta un'ampia sezione occupata in parte dagli stalli laterali, con una corsia per senso di marcia, per una larghezza totale

di quasi 20 metri. Tale configurazione offre la possibilità di intervenire con un ridimensionamento della sezione carrabile con l'integrazione di fasce vegetate.

Corso Sebastopoli presenta invece un'isola asfaltata centrale cinta da due filari di *Celtis australis*, che ospita il mercato all'aperto. L'attuale configurazione determina un forte accumulo termico nei mesi più caldi dell'anno, con un forte stress termico per gli esemplari arborei presenti. Si denota una mortalità prossima al 50% degli stessi esemplari.

Le configurazioni stradali di via Boston e via Tripoli rappresentano due esempi di urban canyon caratterizzati dall'assenza di vegetazione a terra e sulle superfici verticali.

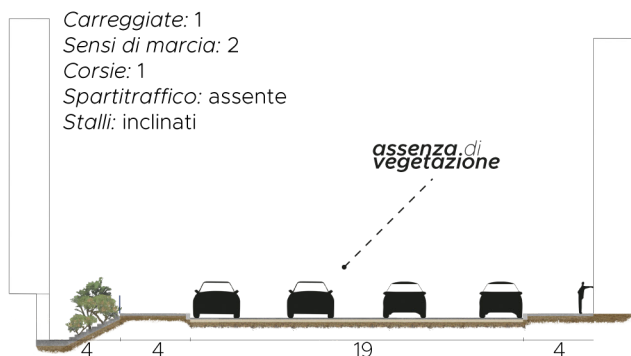
Corso Siracusa presenta invece un'ampia isola spartitraffico vegetata, con esemplari arborei di *Platanus x acerifolia*, in grado di fornire un ombreggiamento denso e di tollerare stress termici e ossidativi.

Corso Cosenza presenta un'ampia sezione carrabile costituita da tre corsie per senso di marcia, per un totale di 55 metri. Ne consegue una configurazione paragonabile ad un urban plaza, nonostante si tratti di un'infrastruttura lineare.

SEZIONE A-A'

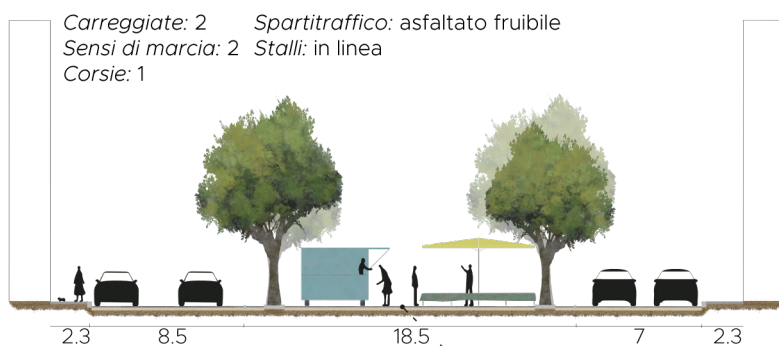
0 5 m

via Sanremo



SEZIONE B-B'

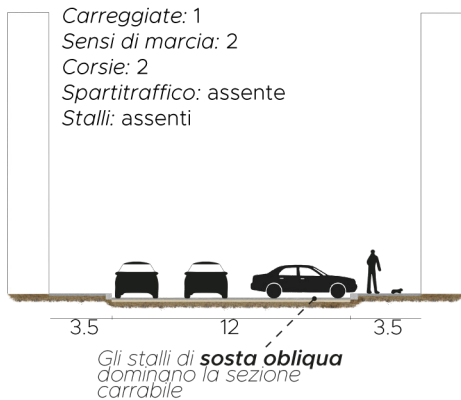
corso Sebastopoli



Sezione stradale ampia e fortemente impermeabilizzata, determina le condizioni di un urban plaza

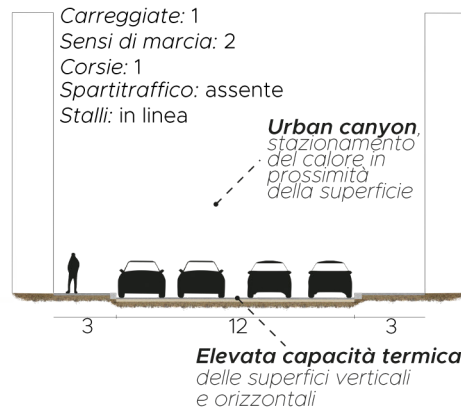
STRADA SECONDARIA SEZIONE C-C'

via Boston



STRADA DI QUARTIERE SEZIONE D-D'

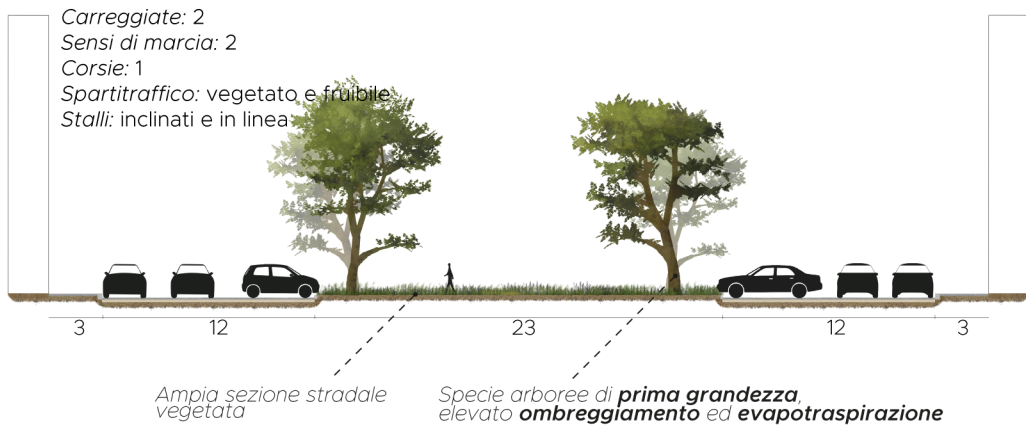
via Tripoli



Elaborazione propria, Tav. 02

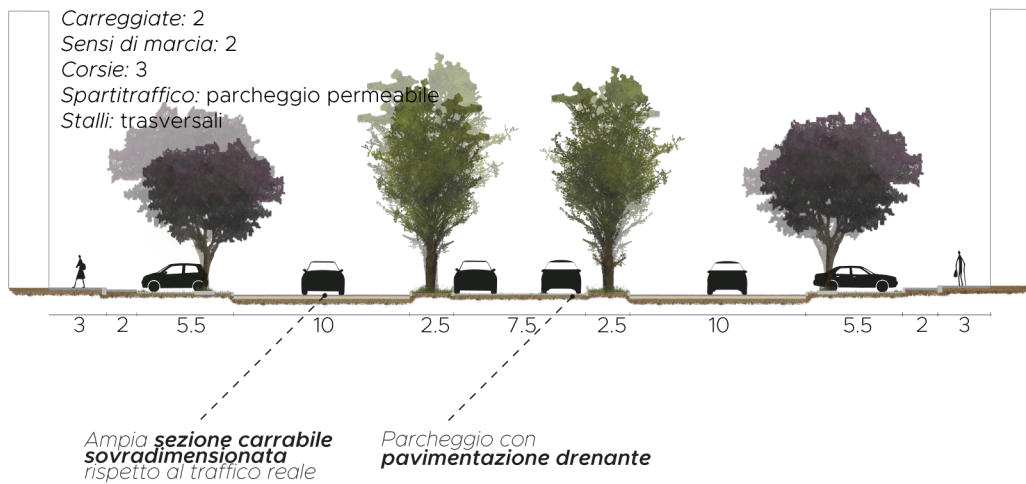
STRADA DI QUARTIERE
SEZIONE E-E'

corso Siracusa



STRADA DI SCORRIMENTO
SEZIONE F-F'

corso Cosenza

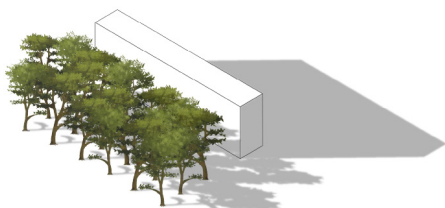


Elaborazione propria, Tav. 02

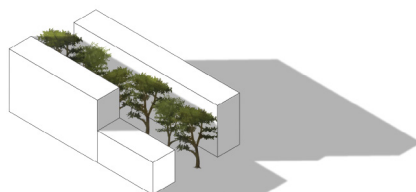
5.3 VEGETAZIONE E ISOLA DI CALORE URBANA

5.3.1 LOCALIZZAZIONE E STATO DI SALUTE

Come raccontato nel capitolo 3, la vegetazione svolge un ruolo importantissimo nella mitigazione dell'isola di calore, attraverso il processo evapotraspirativo e attraverso la schermatura della radiazione solare. Tuttavia, è importante sottolineare che la capacità mitigativa delle specie vegetali è strettamente legata al loro stato di salute. Una specie arborea anche di grandi dimensioni, se presenta uno stato di salute non ottimale, ad esempio dovuto alla combinazione di stress termico, idrico e ossidativo, non è in grado di determinare un abbassamento rilevante della temperatura dell'aria, a causa della chiusura stomatica parziale, che porta ad una diminuzione netta della traspirazione fogliare, quindi ad una dissipazione trascurabile di calore.



Sesti di impianto densi contribuiscono a uno stato di salute ottimale delle specie arboree



La schermatura parziale della radiazione solare da parte dell'edificio attenua gli stress subiti dalle specie arboree

L'analisi dello stato di salute ha lo scopo di ottenere un quadro generale dell'area di studio, individuare i gruppi arborei più vulnerabili e allo stesso tempo determinare quali specie risultano più adatte alle condizioni dell'isola di calore.

Lo stato di salute della vegetazione è stato determinato attraverso l'indice NDVI. Tale indice analizza i valori della banda del rosso, che esprime il valore quantitativo di clorofilla, il pigmento fondamentale per la fotosintesi clorofilliana, combinato con la riflettanza dell'infrarosso vicino, che è legato alla struttura cellulare della foglia e agli spazi d'aria all'interno della foglia.

$$\text{NDVI} = \text{NIR} - \text{RED} / \text{NIR} + \text{RED}$$

Valori elevati dell'indice NDVI esprimono quindi uno stato di salute ottimale della pianta.

Dalla carta dello stato di salute della vegetazione emergono delle aree caratterizzate dalla presenza di vegetazione in ottimo stato di salute, come gli esemplari di *Platanus x acerifolia* presenti nell'isola spartitraffico vegetata di corso Siracusa, quelli del Giardino Emilia Mariani, di corso Agnelli e gli esemplari di *Celtis australis* presenti nel Giardino Ferruccio Novo. Gli esemplari di *Tilia x europaea* presentano delle condizioni di salute molto variabili, da critiche a ottime a seconda delle condizioni edafiche e della morfologia dell'edificio che li circonda. Ne deriva un quadro complesso, che mette in forte relazione la specie arborea (quindi la sua capacità di tollerare le condizioni dell'isola di calore) con la morfologia urbana, che è rilevante nello schermare gli alberi dalla radiazione solare, preservandone lo stato di salute.

Dalla carta emerge chiaramente il fatto che le specie che presentano uno stato di salute ottimale sono specie già predisposte geneticamente a tollerare condizioni di stress termico, idrico e ossidativo, disposte in sesti di impianto densi e con condizioni edafiche sufficienti allo sviluppo di un apparato radicale esteso. Anche le specie più resistenti come *Celtis australis*, se poste in condizioni ambientali estreme, possono soffrire di condizioni di salute critiche o gravi, vedasi gli esemplari presenti in corso Sebastopoli, descritto precedentemente come urban plaza impermeabile.

Gli esemplari arborei presenti in corso Cosenza evidenziano uno stato di salute mediocre o critico. L'esposizione alla radiazione solare è molto intensa e gli alberi non vengono schermati dall'ombra degli edifici in alcun momento della giornata. Ne consegue un forte stress termico e ossidativo, unito alla forte compattazione determinata dal transito e dalla sosta degli autoveicoli.

Gli esemplari arborei di *Carpinus betulus* presenti in corso Tazzoli sono perlopiù morti nel corso delle ondate di calore dell'estate del 2022. Risultano solamente tre esemplari ancora vivi e con danni importanti quali scottature solari e un'elevata trasparenza della chioma. Gli esemplari morti sono stati poi sostituiti con *Pyrus calleryana* 'Chanticleer', una specie di terza grandezza che pur presentando un'ottima resistenza alle condizioni urbane e al calore estivo, non è in grado di fornire gli stessi benefici termici di una specie di prima grandezza.

Tra le specie arboree presenti nell'area di analisi troviamo *Acer negundo*, *Quercus rubra* e *Ulmus pumila*, tre specie inserite nella Black List di Gestione della Regione Piemonte. Per tali specie non sono più applicabili misure di eradicazione da tutto il territorio regionale, ma bisogna comunque evitarne l'utilizzo e possono essere applicate misure di contenimento e interventi di eradicazione da aree circoscritte.



LEGENDA

Localizzazione delle specie arboree

- ① *Acer campestre* L.
- ② *Acer negundo* L.*
- ③ *Acer palmatum* Thunb.
- ④ *Acer platanoides* L.
- ⑤ *Acer pseudoplatanus* L.
- ⑥ *Acer saccharinum* L.
- ⑦ *Aesculus hippocastanum* L.
- ⑧ *Albizia julibrissin* Durazz.
- ⑨ *Betula pendula* Roth
- ⑩ *Carpinus betulus* L.
- ⑪ *Cedrus atlantica* (Endl.)
- ⑫ *Celtis australis* L.
- ⑬ *Cercis siliquastrum* L.
- ⑭ *Corylus colurna* L.
- ⑮ *Crataegus monogyna* Jacq.
- ⑯ *Eriobotrya japonica* Lindl.
- ⑰ *Fagus sylvatica* L.
- ⑱ *Ficus carica* L.
- ⑲ *Fraxinus excelsior* L.
- ⑳ *Ginkgo biloba* L.
- ㉑ *Juglans nigra* L.
- ㉒ *Lagerstroemia indica* L.

- ㉓ *Liquidambar styraciflua* L.
- ㉔ *Liriodendron tulipifera* L.
- ㉕ *Magnolia x soulangeana* Soul.-Bod.
- ㉖ *Morus alba* L.
- ㉗ *Parrotia persica* C.A.Mey
- ㉘ *Picea abies* (L.) H.Karst.
- ㉙ *Pinus nigra* J.F.Arnold
- ㉚ *Platanus x acerifolia* L.
- ㉛ *Platanus occidentalis* L.
- ㉜ *Platanus orientalis* L.
- ㉝ *Populus alba* L.
- ㉞ *Prunus avium* L.
- ㉟ *Prunus cerasifera* 'Pissardi Nigra'
- ㊱ *Prunus serrulata* Lindl.
- ㊲ *Pterocarya fraxinifolia* (Poir.) Spach
- ㊳ *Pyrus calleryana* 'Chanticleer'
- ㊴ *Quercus robur* L.
- ㊵ *Quercus rubra* L.*
- ㊶ *Sophora japonica* L.
- ㊷ *Taxus baccata* L.
- ㊸ *Tilia x europaea* L.
- ㊹ *Ulmus pumila* L.*

* Specie esotica
invasiva presente in
Black List di Gestione
della Regione

Piemonte
LEGENDA
indice NDVI

■ ottimo	0.4 - 0.5
■ buono	0.3 - 0.4
■ mediocre	0.2 - 0.3
■ critico	0.1 - 0.2
■ grave	0.0 - 0.1

Temi di base
■ edificato

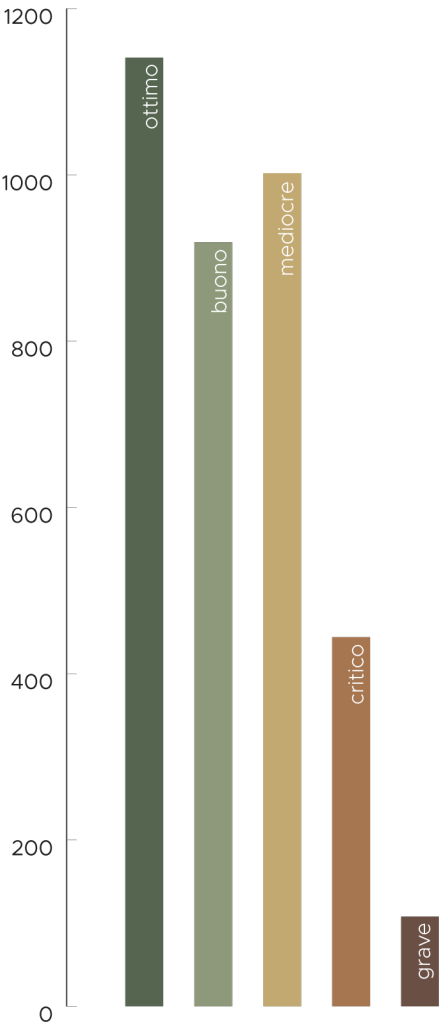
Copernicus Browser -
Bande spettrali B8 e
B4 relative alla
giornata del
05/08/2025,
risoluzione di 10 m

0 100 200 m



Elaborazione propria, Tav. 03

Attualmente l'area di analisi si caratterizza per la presenza di specie arboree mediamente idonee alle condizioni urbane, tuttavia questo quadro generale è stato raggiunto in seguito alla perdita di gran parte delle specie arboree vulnerabili al calore, nel corso delle ondate di calore del 2022 e del 2023. Le specie arboree a cui si fa riferimento sono *Betula pendula*, *Carpinus betulus* e *Fagus sylvatica*. Ad esempio, di *Fagus sylvatica* attualmente è presente un solo esemplare in tutta l'area, in corso Siracusa, schermato dalla radiazione solare dell'edificio residenziale e probabilmente supportato da irrigazioni di soccorso.



Elaborazione propria, Tav. 03

5.3.2 LA FORMA URBANA E I FATTORI EDAFICI CONDIZIONANO LO STATO DI SALUTE

La distanza dall'edificato, quindi la possibilità di ricevere una schermatura parziale della radiazione solare, assieme alle condizioni di crescita dell'apparato radicale costituiscono i due fattori principali per uno sviluppo corretto delle specie arboree in ambiente urbano, nel contesto dell'isola di calore.

Le aree dove si concentrano gli esemplari arborei in stato di salute critico o grave sono: corso Cosenza, corso Orbassano, corso Sebastopoli e via De Canal.

Corso Cosenza si caratterizza per un'ampia sezione stradale di 55 metri, caratterizzata da tre corsie carrabili per ciascun senso di marcia, un'isola spartitraffico centrale che svolge la funzione di parcheggio e gli stalli laterali a bordo strada. La vegetazione è costituita da due filari di *Acer platanoides* 'Crimson King' in corrispondenza degli stalli laterali e due filari di *Quercus robur* 'Fastigiata' nell'isola spartitraffico centrale. Gli aceri presentano uno stato di salute mediocre, mentre le querce presentano uno stato di salute grave. Le possibili cause di ciò possono essere attribuite alla forte esposizione solare, al compattamento del suolo causato dai veicoli e dal calore proveniente dalle corsie carrabili in asfalto. Gli esemplari arborei presentano infatti disseccamenti generalizzati e di branche principali, con importante trasparenza della chioma. Tali sintomi risultano meno intensi per gli aceri.

Corso Orbassano si caratterizza per un doppio filare di *Tilia x europaea* posto ai lati delle corsie carrabili, in corrispondenza degli stalli perpendicolari alla direzione di marcia. Nonostante la vicinanza agli edifici residenziali che garantiscono una schermatura parziale, gli esemplari posti a ovest presentano uno stato di salute mediocre, mentre quelli a est presentano uno stato di salute critico. La differenza tra i due filari può essere attribuita al fatto che quelli a est ricevono la radiazione solare del pomeriggio, che determina uno stress maggiore rispetto alla radiazione solare del mattino che colpisce quelli a ovest. A ciò si aggiunge un trattamento delle pavimentazioni non idoneo per un corretto sviluppo dell'albero. Gli esemplari sono infatti circondati fino all'altezza del colletto dall'asfalto degli stalli e le esigue superfici non ricoperte dall'asfalto sono comunque soggette a un forte compattamento degli autoveicoli in sosta.

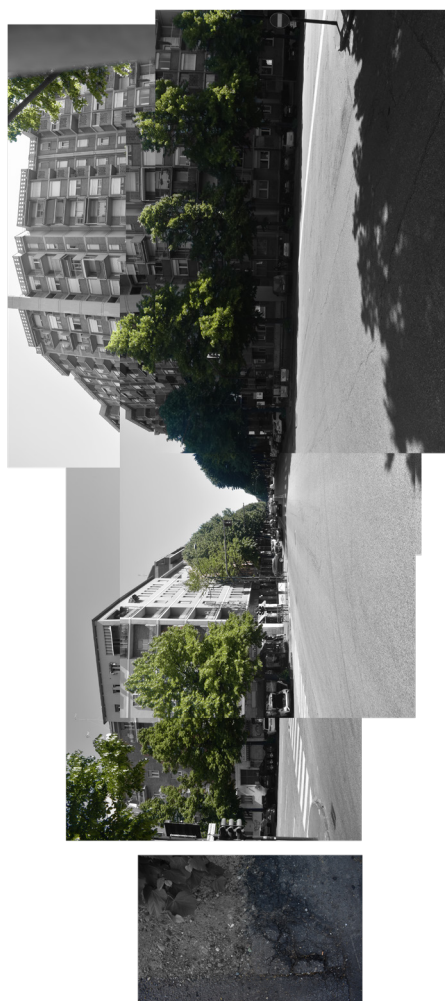
Corso Sebastopoli è la sede del mercato all'aperto di Santa Rita. Si presenta con una corsia per senso di marcia, affiancata ciascuna da uno stallo parallelo. Al centro della strada si trova l'isola pedonale asfaltata, che accoglie due filari di *Celtis australis* incompleti. Lo stato di salute critico/grave degli esemplari arborei è la diretta conseguenza della presenza di pavimentazioni ad elevata capacità termica e bassa albedo, che accumulano grandi quantità di calore nel corso della giornata e non permettono a gran parte delle acque meteoriche di infiltrarsi nel suolo. Gli alberi sono quindi soggetti a forti stress e presentano chiome in alcuni casi con elevata trasparenza. Alcune aiuole non ospitano alberi, che si suppone siano morti nel corso del tempo.

Via De Canal ospita due filari di *Carpinus betulus* in condizione di salute grave, posti in corrispondenza degli stalli perpendicolari alle due corsie carrabili localizzate a centro strada. Il sopralluogo mostra ancora meglio della carta dell'NDVI le reali condizioni di salute dei carpini bianchi, che presentano chiome irregolari con fenditure dovute alle scottature solari, sviluppo stentato e dimensioni esigue nonostante l'età matura degli esemplari. Il filare di carpini esposto a sud mostra i danni maggiori, se confrontato con il filare schermato dall'edificio posto a sud. Questa differenza di stato di salute è attribuibile alla differenza dell'esposizione alla radiazione, perché le condizioni edafiche sono medesime. Le aiuole di contenimento presentano un suolo fortemente compattato dal calpestio, quindi non idoneo al corretto sviluppo dell'apparato radicale e all'infiltrazione dell'acqua meteorica negli orizzonti più profondi.

A - Corso Cosenza



B - Corso Orbassano



C - Corso Sebastopoli



D - Via De Canal



Elaborazione propria, Tav. 03

5.4 VEGETAZIONE E ACQUA COME STRUMENTI DI MITIGAZIONE DELL'ISOLA DI CALORE

5.4.1 PERFORMANCE MICROCLIMATICA

Una volta messo in luce lo stato di salute generale della vegetazione esistente nell'area di analisi, è importante capire quali specie arboree sono in grado di determinare un maggiore effetto di mitigazione dell'isola di calore, tollerando le condizioni di stress termico, idrico e ossidativo, localizzando le aree dove questa capacità è carente.

La capacità di coniugare queste due caratteristiche viene definita in questa relazione come *performance microclimatica*. Le due caratteristiche - abbassare efficacemente la temperatura dell'aria e resistere alle ondate di calore - vanno di pari passo. È controproducente, infatti, porre a dimora specie arboree in grado di traspirare grandi quantità di acqua (ad esempio *Pterocarya fraxinifolia*), quindi di dissipare quantità notevoli di calore, se la specie arborea non è geneticamente predisposta a sopportare temperature elevate e la carenza idrica del suolo, che la porterebbero alla morte in breve tempo. È invece importante porre a dimora specie arboree che coniugano il più possibile la capacità di traspirare acqua dalle foglie e la resistenza alle condizioni di un'ondata di calore, al fine di prosperare e garantire i benefici termici nel tempo, incrementandoli a pari passo con la crescita dell'albero.

La capacità di mitigare la temperatura dell'aria viene definita in questa relazione come *indice di mitigazione microclimatica*, mentre la capacità di tollerare lo stress idrico, termico e ossidativo viene definita *resistenza all'isola di calore*. La *performance microclimatica* viene dedotta dalla tabella che mette in relazione le due variabili.

L'indice di contributo alla mitigazione microclimatica è stato calcolato come somma del Leaf Area Index (LAI) normalizzato e la traspirazione annuale normalizzata. Il LAI o indice di area fogliare è una misura della superficie fogliare per unità di superficie del suolo e indica la quantità di superficie fogliare che ciascuna specie presenta in media ed è stata ricavata dal software i-Tree Eco per ciascuna specie presente nell'area di analisi, poi normalizzata. La traspirazione annuale indica i litri di acqua traspirati in un anno da ciascuna specie arborea, poi normalizzata. I dati di traspirazione annuale provengono dal software i-Tree Eco.

Specie arborea	ICMM
<i>Quercus rubra</i>	2.00
<i>Tilia x europaea</i>	1.61
<i>Platanus x acerifolia</i>	1.55
<i>Platanus orientalis</i>	1.46
<i>Aesculus hippocastanum</i>	1.28
<i>Cedrus atlantica</i>	1.14
<i>Ulmus pumila</i>	1.11
<i>Pterocarya fraxinifolia</i>	0.94
<i>Platanus occidentalis</i>	0.83
<i>Liquidambar styraciflua</i>	0.76
<i>Fagus sylvatica</i>	0.75
<i>Quercus robur</i>	0.68
<i>Populus alba</i>	0.68
<i>Celtis australis</i>	0.66
<i>Ginkgo biloba</i>	0.61
<i>Sophora japonica</i>	0.59
<i>Fraxinus excelsior</i>	0.56
<i>Acer campestre</i>	0.55
<i>Acer platanoides</i>	0.55
<i>Acer saccharinum</i>	0.49
<i>Liriodendron tulipifera</i>	0.46
<i>Corylus colurna</i>	0.44
<i>Morus alba</i>	0.41
<i>Pinus nigra</i>	0.39
<i>Juglans nigra</i>	0.39
<i>Picea abies</i>	0.37
<i>Parrotia persica</i>	0.36
<i>Taxus baccata</i>	0.31
<i>Carpinus betulus</i>	0.30
<i>Acer pseudoplatanus</i>	0.23
<i>Acer palmatum</i>	0.20
<i>Prunus avium</i>	0.20
<i>Acer negundo</i>	0.17
<i>Cercis siliquastrum</i>	0.16
<i>Albizia julibrissin</i>	0.15
<i>Betula pendula</i>	0.14
<i>Pyrus callieriana</i>	0.12
<i>Prunus cerasifera 'Pissardi Nigra'</i>	0.12
<i>Ficus carica</i>	0.09
<i>Prunus serrulata</i>	0.08
<i>Eriobotrya japonica</i>	0.05
<i>Magnolia soulangeana</i>	0.04
<i>Crataegus monogyna</i>	0.02
<i>Lagerstroemia indica</i>	0.00

Successivamente, i dati relativi all'indice di mitigazione microclimatica sono stati messi in relazione con la resistenza all'isola di calore, derivata dalle fonti seguenti: schede QualiViva di Associazione Vivaisti Italiani, Alberi in città: funzioni e gestione del verde e delle foreste urbane - Regione Piemonte, Alberi per la città - Regione Emilia-Romagna.

Resistenza
all'isola di
calore

elevata					
medio elevata					
media					
bassa					
molto bassa					
	molto bassa	bassa	media	medio elevata	elevata
	(0.00 - 0.40)	(0.41 - 0.80)	(0.81 - 1.20)	(1.21 - 1.60)	(1.61 - 2.00)

ICMM

I risultati di performance microclimatica sono osservabili di seguito:

Specie arborea	Performance
<i>Acer palmatum</i>	molto bassa
<i>Acer pseudoplatanus</i>	molto bassa
<i>Betula pendula</i>	molto bassa
<i>Fagus sylvatica</i>	molto bassa
<i>Liriodendron tulipifera</i>	molto bassa
<i>Magnolia soulangeana</i>	molto bassa
<i>Picea abies</i>	molto bassa
<i>Prunus serrulata</i>	molto bassa
<i>Acer negundo</i>	bassa
<i>Acer platanoides</i>	bassa
<i>Acer saccharinum</i>	bassa
<i>Carpinus betulus</i>	bassa
<i>Corylus colurna</i>	bassa
<i>Crataegus monogyna</i>	bassa
<i>Eriobotrya japonica</i>	bassa
<i>Fraxinus excelsior</i>	bassa
<i>Juglans nigra</i>	bassa
<i>Liquidambar styraciflua</i>	bassa
<i>Parrotia persica</i>	bassa
<i>Populus alba</i>	bassa
<i>Prunus avium</i>	bassa
<i>Prunus cerasifera</i> 'Pissardi Nigra'	bassa
<i>Pterocarya fraxinifolia</i>	bassa
<i>Pyrus calleryana</i>	bassa
<i>Acer campestre</i>	media
<i>Aesculus hippocastanum</i>	media
<i>Albizia julibrissin</i>	media
<i>Cercis siliquastrum</i>	media
<i>Ficus carica</i>	media
<i>Lagerstroemia indica</i>	media
<i>Morus alba</i>	media
<i>Pinus nigra</i>	media
<i>Quercus robur</i>	media
<i>Taxus baccata</i>	media
<i>Cedrus atlantica</i>	medio elevata
<i>Celtis australis</i>	medio elevata
<i>Ginkgo biloba</i>	medio elevata
<i>Platanus x acerifolia</i>	medio elevata
<i>Platanus occidentalis</i>	medio elevata
<i>Platanus orientalis</i>	medio elevata
<i>Quercus rubra</i>	medio elevata
<i>Sophora japonica</i>	medio elevata
<i>Tilia x europaea</i>	medio elevata
<i>Ulmus pumila</i>	medio elevata

Il risultato relativo alla performance microclimatica individua le specie arboree *Cedrus atlantica*, *Celtis australis*, *Ginkgo biloba*, *Platanus x acerifolia*, *Platanus occidentalis*, *Platanus orientalis*, *Quercus rubra*, *Sophora japonica*, *Tilia x europaea* e *Ulmus pumila* come specie in grado di fornire un elevato abbassamento termico unito a una elevata resistenza alle condizioni di isola di calore. Tra queste specie arboree *Quercus rubra* e *Ulmus pumila* sono specie esotiche invasive.

La carta della performance microclimatica mette in evidenza aree carenti sotto questo aspetto, in particolare il Giardino Carlo Montù, parte del Giardino Emilia Mariani, il cortile della Scuola Primaria Mazzini, parte delle aree vegetate di Piazza Omero, il cortile della Scuola Primaria Carlo Casalegno e aree vegetate private. Per quanto riguarda le specie particolarmente “performanti”, i platani si confermano specie adatte al contesto urbano, sia dal punto di vista dello stato di salute, sia per ciò che riguarda la performance microclimatica. *Tilia x europaea*, sebbene garantisca una performance medio elevata, si caratterizza per disservizi ecosistemici quali la produzione di melata da parte degli afidi che si nutrono sugli esemplari in primavera, oltre alla produzione di polloni dal colletto, che costringe ad effettuare una manutenzione costante per evitare che tali polloni interferiscano con pedoni e autoveicoli. Si escludono da questo discorso gli ibridi non polloniferi, che non sono presenti nell’area di studio. Osservando anche le situazioni intermedie, via De Canal e corso Cosenza presentano filari arborei che non garantiscono performance ottimali e possono essere oggetto di futuri interventi progettuali.



LEGENDA

Performance microclimatica

■ medio elevata

■ media

■ bassa

■ molto bassa

Temi di base

■ edificato

Fonti

Schede Qualiviva - Associazione Vivaisti Italiani

Alberi in città, funzioni e gestione del verde e delle foreste urbane - Regione Piemonte

Alberi per la città - Regione Emilia-Romagna

i-Tree Eco

SCALA 1:20.000



Elaborazione propria, Tav. 04

Alla performance microclimatica si aggiunge poi una variabile rilevante: l'orientamento dei filari arborei rispetto all'esposizione solare. L'abbattimento delle temperature più efficace si verifica quando i filari arborei hanno un orientamento di tipo nord-sud, che garantisce la schermatura della radiazione solare sugli edifici e sul piano di calpestio nel corso delle ore pomeridiane, che sono notoriamente caratterizzate da temperature elevate dovute all'accumulo termico giornaliero. Schermando la radiazione solare nelle ore più "calde" è

possibile determinare l'effetto più efficace nei confronti dell'isola di calore. La vicinanza dei filari arborei orientati lungo l'asse nord-sud agli edifici, rappresenta la condizione di maggiore impatto positivo in termini microclimatici. Al contrario, l'orientamento sull'asse est-ovest è sfavorevole alla mitigazione microclimatica. La condizione di orientamento est-ovest è comunque preferibile all'assenza di vegetazione arborea, che caratterizza gran parte dell'area di analisi e costituisce la vera sfida di trasformazione del complesso urbano.



5.4.2 ACCESSIBILITÀ AI RIFUGI CLIMATICI

I rifugi climatici sono luoghi pubblici ad accesso libero e gratuito che offrono ristoro dalle temperature estreme nel periodo estivo. Nella categoria dei rifugi

climatici vengono compresi sia spazi interni che esterni. Nella presente relazione si fa riferimento alle aree vegetate che sono caratterizzate da una copertura arborea densa, che mitiga efficacemente le temperature elevate che si registrano durante un'ondata di calore.

L'area di analisi presenta una concentrazione di rifugi climatici nella zona centrale. Si tratta di giardini di quartiere interclusi o più estesi, che nella maggior parte dei casi contengono gruppi di alberi ad alto fusto come platani e bagolari, disposti in sestì regolari e ravvicinati. Il risultato di questi impianti è un'ombra densa e fresca, che garantisce ai cittadini degli spazi di ristoro dal caldo eccessivo. I rifugi climatici sono circondati da un'area buffer di 300 metri, che coincide con la distanza percorribile a piedi per raggiungerli. Distanze maggiori sarebbero irrealistiche per descrivere lo spostamento dei cittadini alla ricerca di luoghi confortevoli a livello termico.

L'area nord è densamente edificata e non contiene aree vegetate né rifugi climatici nello specifico, così come l'area sud-est.



Elaborazione propria, Tav. 04

5.4.3 ANALISI DEL RUSCELLAMENTO SUPERFICIALE

In funzione della mitigazione microclimatica di un'area urbana, l'integrazione di infrastrutture verdi e blu è fondamentale per determinare un beneficio termico rilevante.

L'acqua, infatti, ha una caratteristica fisica determinante: può “assorbire” calore dall'ambiente e disperderlo attraverso il passaggio di stato dell'evaporazione, in stato gassoso. La dissipazione di calore tramite evaporazione è molto efficace nel ridurre la temperatura dell'aria. È infatti lo stesso principio fisico che distingue la traspirazione fogliare delle piante. Adattare un sistema urbano all'isola di calore significa sfruttare a pieno le risorse già presenti. Nel caso dell'acqua, si fa riferimento alle acque meteoriche, che possono essere utilizzate come mezzo di abbattimento della temperatura.

La carta dell'analisi del ruscellamento superficiale individua gli hotspot di accumulo, ovvero gli spazi aperti che sono sottoposti ad un maggiore accumulo delle acque delle precipitazioni a causa della topografia, che conduce le acque stesse verso questi spazi. Gli hotspot di accumulo possono quindi diventare spazi idonei ad essere trasformati in soluzioni di drenaggio superficiale in grado di abbassare la temperatura dell'aria. Tali spazi vengono poi selezionati rispetto alle condizioni in cui sono inseriti, in quanto è necessario che si trovino su superfici dove possono essere messi in opera i sistemi di drenaggio superficiale.

6. STRATEGIE DI INTERVENTO PER LA MITIGAZIONE MICROCLIMATICA

Dalla fase di analisi emergono dei punti di forza e dei punti di debolezza dell'area di studio. Se da una parte la presenza di filari arborei costituiti da specie performanti a livello microclimatico rappresenta una base di partenza per il contrasto all'isola di calore, e alcuni giardini di quartiere possono essere considerati come rifugi climatici, dall'altra parte sono presenti dei problemi relativi all'elevata impermeabilizzazione delle superfici, l'assenza di vegetazione in gran parte dell'infrastruttura stradale (soprattutto lungo gli assi secondari e locali), una mobilità su gomma dominante che produce calore e limita lo sviluppo delle infrastrutture dedicate a pedoni e ciclisti, spazi vegetati non sfruttati al massimo delle proprie potenzialità di mitigazione microclimatica ed edifici fortemente esposti alla radiazione solare.

Per intervenire alla scala di quartiere è necessario focalizzarsi sulle criticità dell'area, individuare degli ambiti di azione e scegliere dei criteri che possano aiutare ad inserire le azioni di mitigazione microclimatica.

6.1 AMBITI DI AZIONE

Per la definizione degli ambiti di azione si è deciso di distinguere quattro categorie: pavimentazione, vegetazione, mobilità ed edificato. Ogni ambito prevede l'introduzione di diverse azioni.

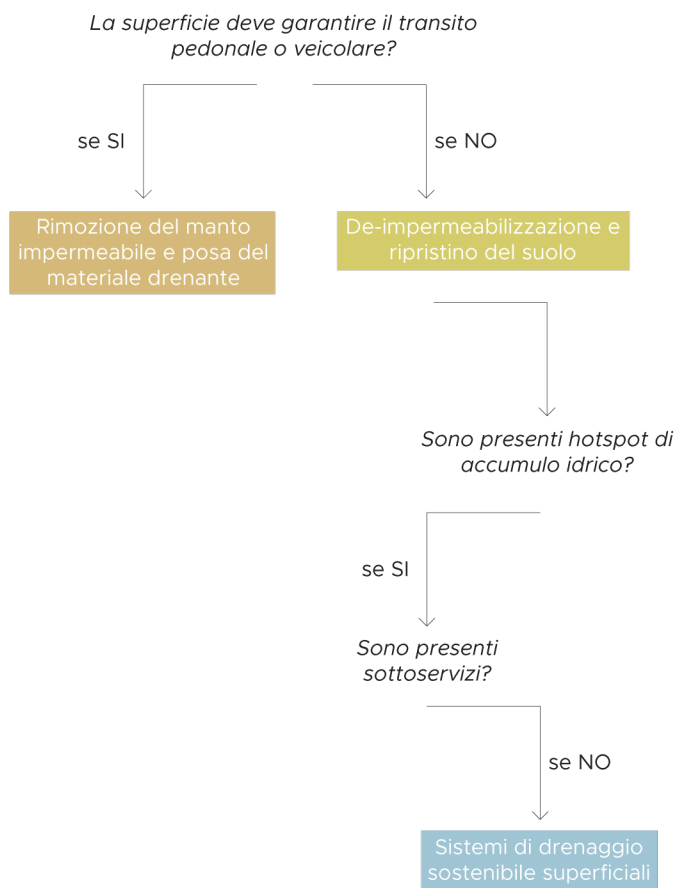
6.1.1 PAVIMENTAZIONE

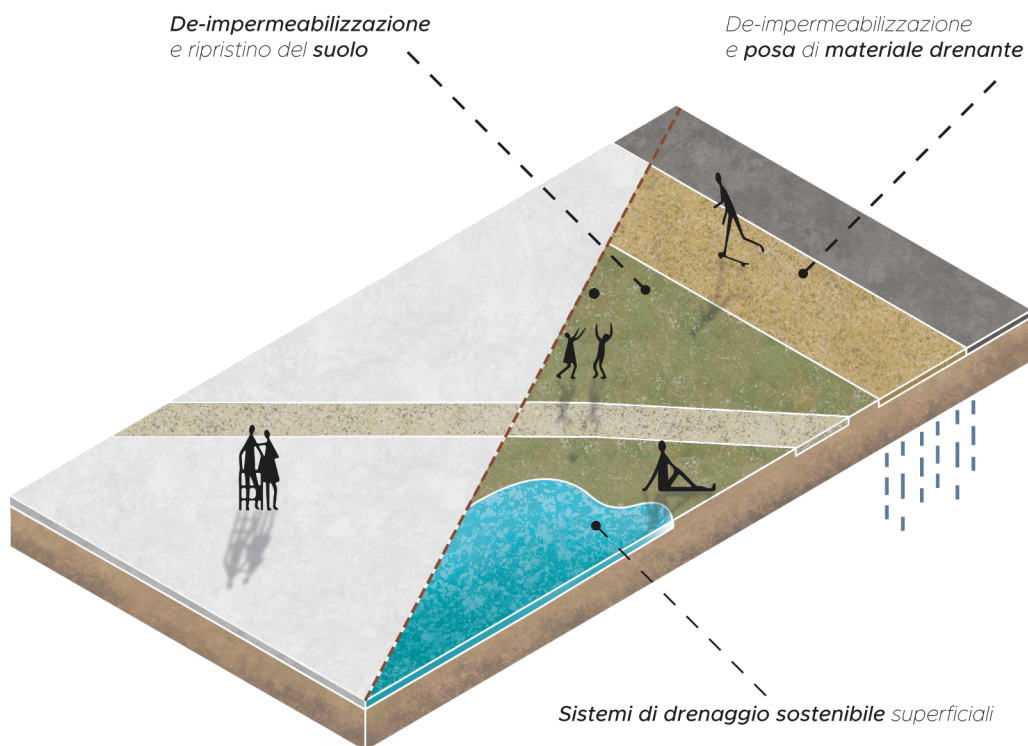
La pavimentazione è un elemento urbano determinante per il riscaldamento dell'aria. La presenza di materiale con bassa albedo ed elevata capacità termica causa l'incremento della temperatura dell'aria prossima al materiale. Da qui l'importanza di intervenire nei seguenti modi:

- *De-impermeabilizzazione e posa di materiale drenante*: questo intervento determina l'infiltrazione dell'acqua meteorica nel suolo, mitiga il fenomeno del ruscellamento superficiale e contribuisce a rendere umido il suolo a contatto con gli apparati radicali delle specie arboree, migliorandone lo stato di salute e indirettamente anche la loro capacità di abbassare la temperatura dell'aria;
- *De-impermeabilizzazione e ripristino del suolo*: questa soluzione determina gli effetti migliori a livello microclimatico, grazie all'azione combinata del prato e delle specie arbustive e arboree che possono essere poste a dimora nel suolo stesso. Il suolo urbano che viene depavimentato va inizialmente lavorato e ripristinato a livello biologico e tessiturale, attraverso l'aggiunta di ammendante compostato verde;
- *Sistemi di drenaggio sostenibile superficiali*: la messa in opera di sistemi che

prevedono l'utilizzo dell'acqua è tra le soluzioni di mitigazione microclimatica più efficaci, grazie alla dissipazione del calore tramite evaporazione. Nello specifico, si tratta di sistemi in grado di trattenere l'acqua meteorica per il tempo sufficiente all'evaporazione della stessa, in modo da massimizzare l'abbassamento termico.

Di seguito i criteri di inserimento delle azioni nell'area di studio:





Elaborazione propria, Tav. 05

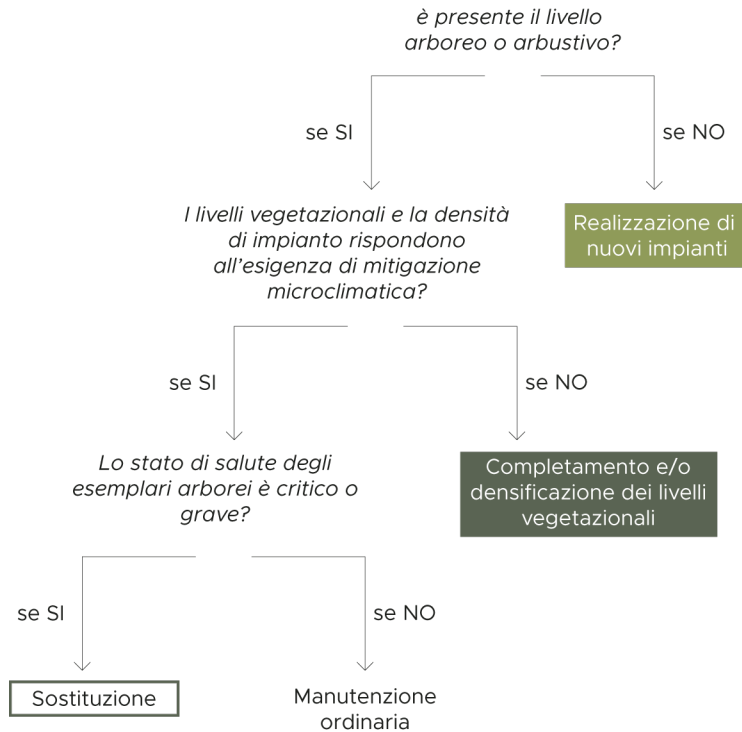
6.1.2 VEGETAZIONE

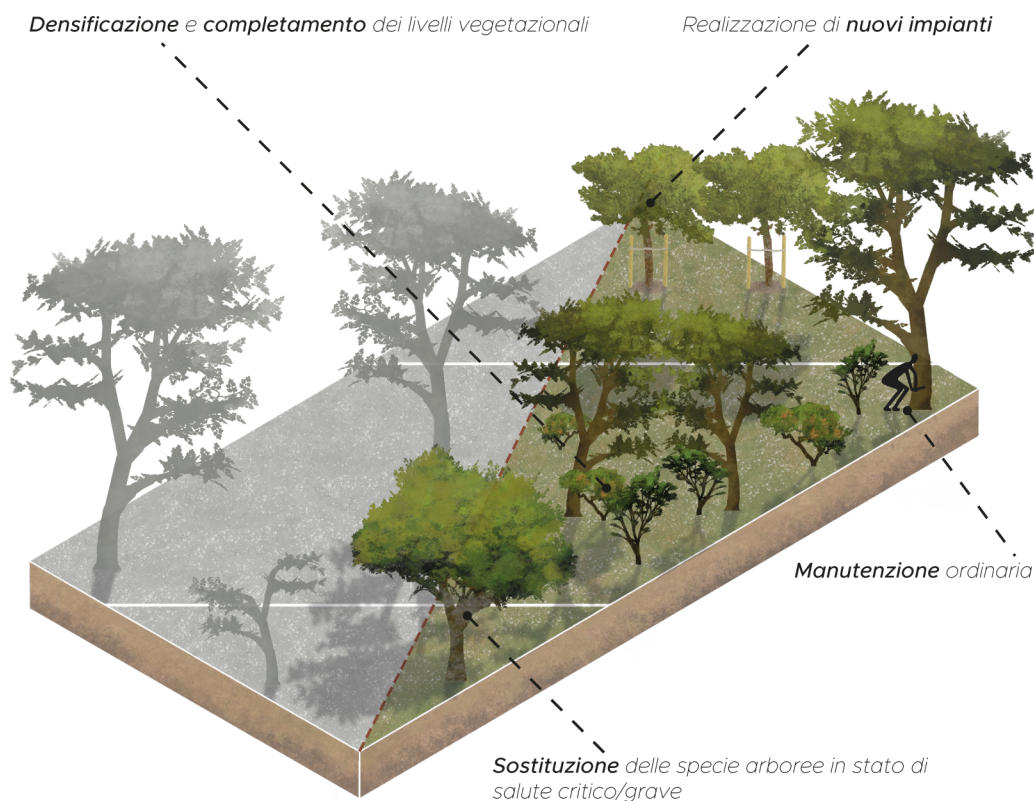
La vegetazione è l'elemento di mitigazione microclimatica per eccellenza. L'area di studio presenta delle criticità per quanto riguarda le aree già vegetate. Molto spesso presentano ampie superfici prative esposte al Sole e costantemente sfalciate nel periodo estivo. Il risultato di questa manutenzione è un manto erboso secco, incapace di fornire i benefici termici all'area circostante. L'assenza di specie arboree e arbustive rappresenta un'opportunità persa per il miglioramento termico della città.

Le azioni previste per questo ambito sono:

- *Realizzazione di nuovi impianti:* dove presenti aree vegetate con il solo prato e sono presenti le condizioni per l'inserimento di specie arboree ed arbustive, in relazione alla distanza dagli edifici e dal traffico veicolare;
- *Densificazione e completamento dei livelli vegetazionali:* questa azione prevede la messa a dimora di alberi e arbusti e la densificazione dei sestri di impianto dove già presenti alberi, al fine di creare spazi freschi all'interno delle aree vegetate;
- *Sostituzione:* quando le specie arboree presentano uno stato di salute critico o grave, evidenziato nella fase di analisi precedente, l'intervento prevede la loro sostituzione a favore di specie performanti a livello microclimatico;
- *Manutenzione ordinaria:* la mitigazione dell'isola di calore passa anche attraverso una manutenzione costante del patrimonio arboreo, che permette uno sviluppo corretto degli alberi, quindi uno stato di salute ottimale, che può

massimizzare il loro impatto positivo sull'abbassamento termico.
Di seguito i criteri di inserimento delle azioni relative alla vegetazione nell'area di studio:





Elaborazione propria, Tav. 05

6.1.3 MOBILITÀ

L'ambito di azione di mobilità si riferisce alle azioni volte a diminuire la temperatura dell'aria in modo indiretto, cioè creando le condizioni affinché l'infrastruttura stradale e gli spazi aperti pedonali possano sovvertire i rapporti di forza tra gli utenti della strada, diminuendo l'emissione di calore antropico.

Le azioni previste per questo ambito sono:

- *Pedonalizzazione*: la trasformazione di parcheggi o strade locali in aree pedonali determina la riduzione della temperatura dell'aria grazie a una minore quantità di calore antropico emesso dagli autoveicoli e la possibilità di inserire specie vegetali in sostituzione della superficie impermeabile. La pedonalizzazione svolge un ruolo sociale importante, in quanto possono nascere nuovi spazi di aggregazione e incontro per la comunità locale;
- *Zona 30*: la riduzione della velocità veicolare all'interno di strade locali determina una riduzione del calore emesso dagli autoveicoli, oltre a un incentivo al cambiamento verso una mobilità che non preveda motori a combustione;
- *Riduzione della sezione stradale*: ridurre la sezione stradale significa inserire la vegetazione dove prima era assente, o completarne i livelli, oltre a introdurre percorsi ciclabili che favoriscono la mobilità dolce.

La scelta delle strade che possono trasformarsi in zone 30 è stata presa sulla

base dei seguenti criteri: la strada deve essere catalogata come “strada urbana locale” dal Piano Regolatore Generale; il rapporto tra il volume di traffico misurato e la capacità reale di traffico deve essere basso o molto basso (la strada è sovradimensionata rispetto al traffico veicolare che sostiene); devono essere presenti poli scolastici e servizi pubblici in prossimità; il tessuto urbano deve presentare un’elevata densità di esercizi commerciali (che beneficiano della riduzione della velocità veicolare) e il tessuto residenziale deve essere compatto.

Il sovradimensionamento delle strade è una caratteristica che viene definita sulla base delle larghezze minime dei marciapiedi e delle corsie carrabili sulla base del Regolamento Edilizio della città di Torino per i primi e sulla base del Decreto Ministeriale n°5 del 2001 le seconde.

Secondo il Regolamento Edilizio, le larghezze minime dei marciapiedi devono rispettare queste misure:

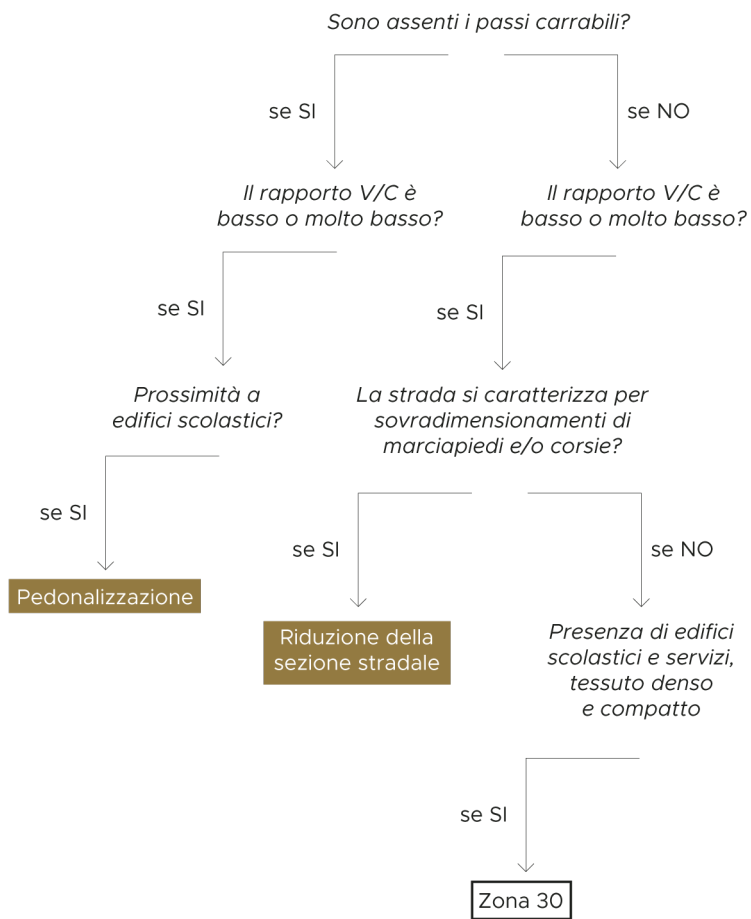
- per vie larghe metri 12: marciapiedi di metri 2,50;
- per vie larghe metri 15: marciapiedi di metri 3,00;
- per vie larghe metri 18: marciapiedi di metri 3,50;
- per vie larghe metri 20 ed oltre: marciapiedi di metri 4,00.

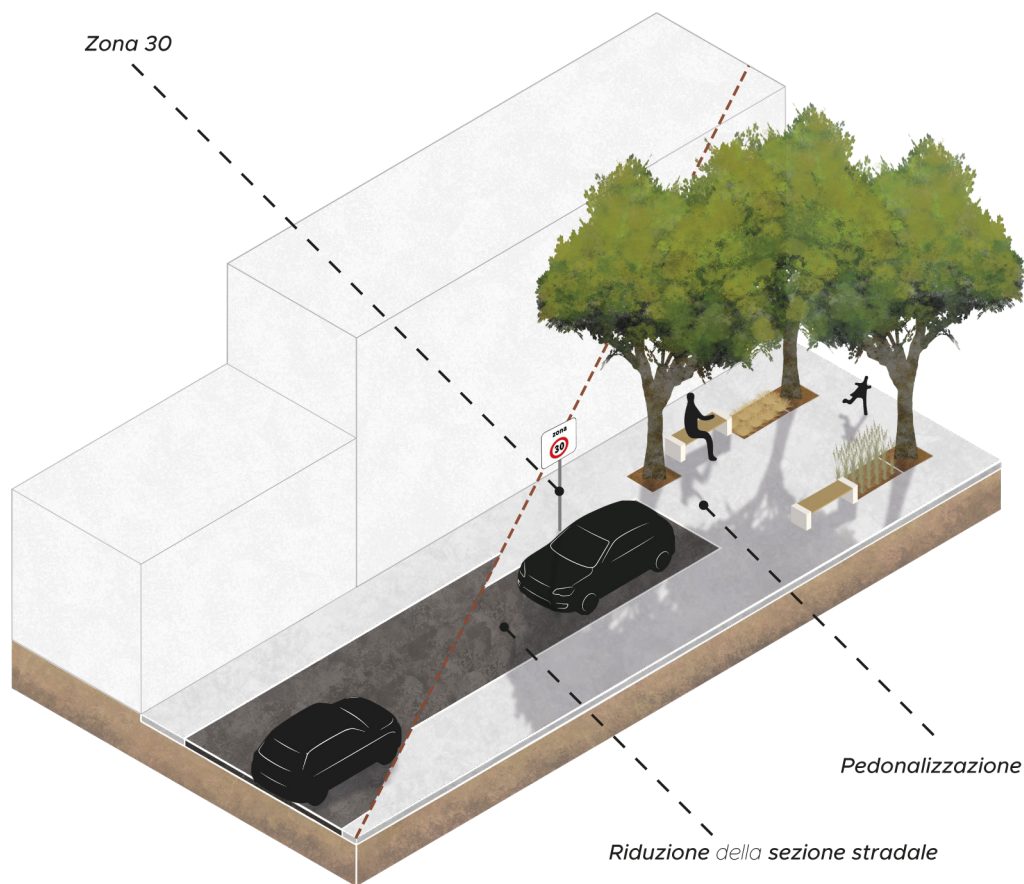
Il Decreto Ministeriale n°5 del 2001 impone una larghezza minima delle corsie carrabili di:

- 3.25 m per le strade urbane di scorrimento;
- 3.00 m per le strade urbane di quartiere;
- 2.75 m per le strade urbane locali.

Queste misure minime sono state calcolate per ciascuna strada dell’area di studio, individuando quali tra di esse possono essere oggetto di riduzione della sezione.

Di seguito i criteri di inserimento delle azioni relative alla mobilità nell’area di studio.





Elaborazione propria, Tav. 05

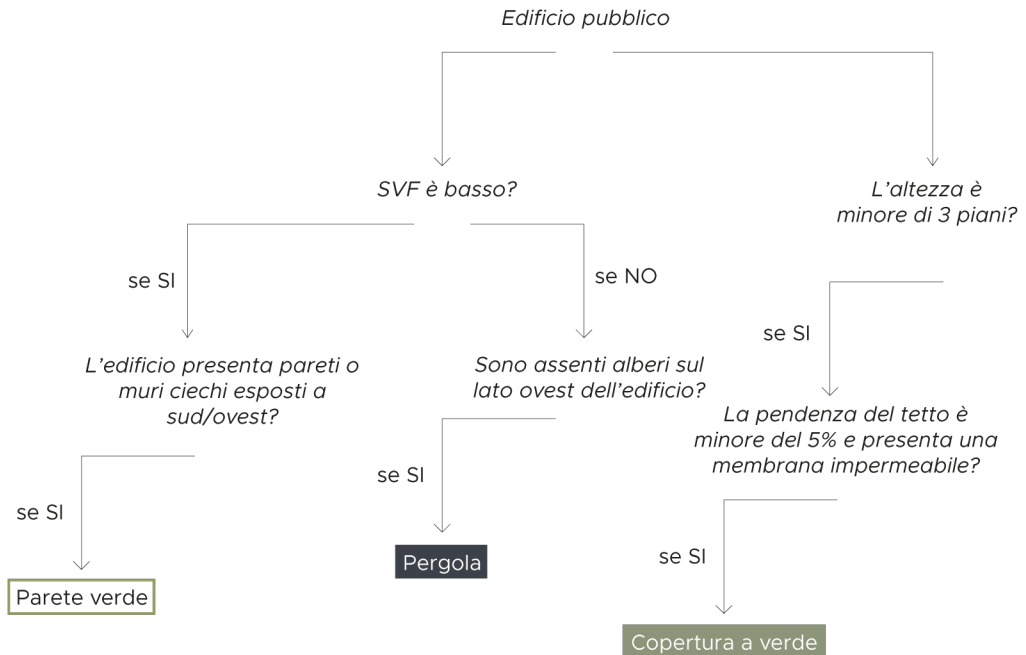
6.1.4 EDIFICI

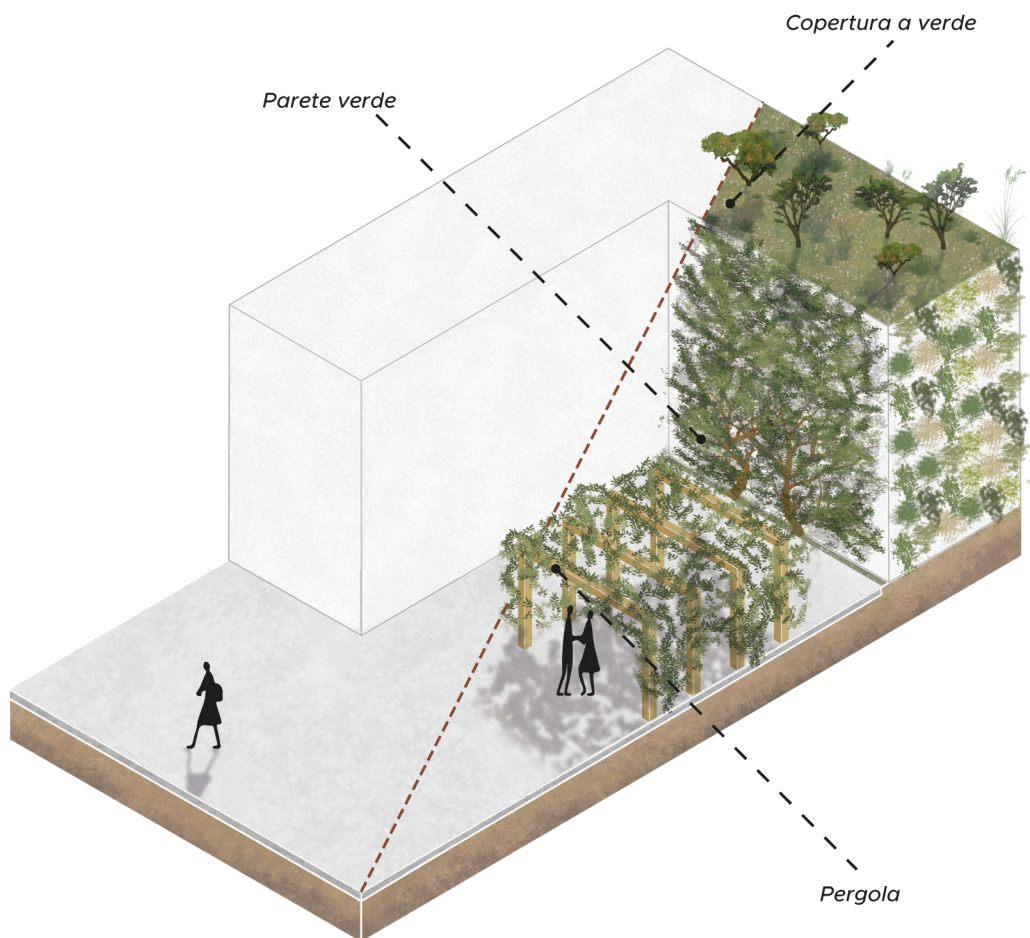
Intervenire sull'edificio permette di abbassare la temperatura sia degli ambienti interni, quindi riducendo la quantità di calore emessa dagli impianti di climatizzazione, sia dell'ambiente esterno. Spazio aperto ed edifici vanno considerati di pari passo, al fine di ottenere una mitigazione rilevante dell'isola di calore, considerando che per la maggior parte della giornata i cittadini vivono all'interno di ambienti chiusi, che devono garantire le condizioni termiche ottimali per il benessere.

Le azioni previste per questo ambito sono:

- *Pareti verdi*: l'inserimento di specie rampicanti autoaderenti o con supporti per la crescita, ma anche di sistemi tecnologici avanzati, determina la schermatura dell'edificio nei confronti della radiazione solare, oltre alla dissipazione di calore attraverso l'evapotraspirazione della componente vegetale. Questa soluzione è particolarmente efficace all'interno degli urban canyon, dove il calore tende a permanere, perché la presenza della vegetazione sulle superfici verticali degli edifici permette di spostare tale calore verso gli strati più elevati dell'atmosfera;

- *Copertura a verde*: questa soluzione sottintende la messa in opera di tetti verdi estensivi o intensivi, sulla base delle capacità di carico dei tetti. La trasformazione dei tetti con il verde pensile permette di ridurre drasticamente il calore proveniente dal tetto, preserva i materiali edili e mitiga la temperatura dell'aria prossima all'edificio;
- *Pergola*: dove non è possibile intervenire con la messa a dimora di specie arboree o arbustive, a causa delle condizioni dell'infrastruttura stradale, è possibile intervenire con l'inserimento di pergole vegetate con specie rampicanti, in grado di fornire ombra ai cittadini, soprattutto dove l'esposizione al Sole è intensa e prolungata.





Elaborazione propria, Tav. 05

L'inserimento delle azioni nell'area di studio si traduce nel masterplan strategico.



LEGENDA

PAVIMENTAZIONE

- de-impermeabilizzazione - ripristino del suolo*
- de-impermeabilizzazione - pavimentazione drenante*
- sistemi di drenaggio superficiali*

VEGETAZIONE

- completamento e densificazione dei livelli vegetazionali*
- realizzazione di nuovi impianti*
- sostituzione delle specie arboree in stato di salute critico/grave*

MOBILITÀ

- pedonalizzazione*
- zona 30*
- riduzione della sezione stradale*

EDIFICATO

- parete verde*
- copertura a verde*
- pergola*

Temi di base

- vegetazione preesistente*

- edificato*

SCALA 1:20.000



Elaborazione propria, Tav. 05

L'area scelta per l'intervento è evidenziata con una linea nera tratteggiata. La scelta dell'area è legata alla possibilità di sviluppare tutte le azioni di mitigazione microclimatica presenti nel masterplan strategico, ad eccezione della messa in opera di pergole vegetate. Il progetto prevede di intervenire in questo modo:

- Le isole di traffico localizzate tra via Nallino e corso Siracusa vengono depavimentate se si presentano impermeabilizzate e il suolo viene ripristinato. Quelle già permeabili vengono densificate e completate con tutti i livelli vegetazionali;
- L'area di sosta adiacente a corso Siracusa e prossima all'ex-bocciofila della circoscrizione 2 viene trasformata in uno spazio vegetato, con la messa in opera di un bacino di ritenzione;
- Il tetto con guaina bituminosa dell'ex-bocciofila viene trasformato in tetto verde estensivo, al fine di coibentare l'edificio e mitigare la temperatura dell'aria prossima all'edificio stesso;
- Parte del giardino Emilia Mariani viene completato e densificato dai livelli vegetazionali, al fine di ottenere spazi in grado di abbassare efficacemente la temperatura dell'aria;
- I tetti del Liceo Artistico Renato Cottini che presentano guaine bituminose vengono trasformati in tetti verdi estensivi, mentre il cortile asfaltato viene de-impermeabilizzato e l'asfalto viene sostituito da calcestruzzo drenante;
- Via Del Prete viene mitigata termicamente attraverso la de-impermeabilizzazione di due fasce laterali alle corsie carrabili. All'interno di queste fasce vengono posti a dimora alberi di terza grandezza. Nella via viene imposto il limite a 30 km/h;
- La sezione di via De Canal viene ridotta al fine di introdurre un percorso ciclabile per i due sensi di marcia. La pavimentazione degli stalli perpendicolari viene sostituita dal calcestruzzo drenante. Le specie arboree in stato di salute critico o grave vengono sostituite da specie performanti a livello microclimatico. Nella via viene imposto il limite a 30 km/h;
- Il giardino Carlo Montù viene densificato e completato dai livelli vegetazionali e viene introdotto un bacino di ritenzione nella zona sud;
- I filari arborei di corso Agnelli vengono completati con il livello arbustivo.

7. PROGETTO

7.1 MASTERPLAN

Il progetto si concentra sullo spazio aperto pubblico compreso tra corso Siracusa, via De Canal, corso Agnelli e via Del Prete. Il miglioramento termico è perseguito attraverso la messa in pratica delle azioni di mitigazione contenute nei quattro ambiti individuati dal masterplan strategico: pavimentazione, vegetazione, mobilità ed edifici.

LEGENDA

PAVIMENTAZIONE

-  *prato preesistente*
-  *prato di progetto*
-  *percorso pedonale in terra battuta*
-  *area di sosta a pettine con masselli in CLS*
-  *calcestruzzo drenante*
-  *bacino di ritenzione*

VEGETAZIONE

-  *specie arborea di progetto*
-  *specie arbustiva di progetto*
-  *specie arborea preesistente*
-  *specie arbustiva preesistente*
-  *fascia arbustiva*

MOBILITÀ

-  *percorso ciclabile in CLS drenante*
-  *zona 30*

EDIFICATO

-  *copertura a verde*
-  *parete verde*

-  *Temi di base*
-  *edificato*





Elaborazione propria, Tav. 06

Le isole di traffico localizzate tra via Nallino e corso Siracusa prevedono un intervento di depavimentazione dall'asfalto e di completamento e densificazione dei livelli vegetazionali per le superfici già vegetate. L'obiettivo dell'intervento in questi spazi è quello di eliminare la superficie asfaltata in eccedenza, ad eccezione di quella carrabile, al fine di sfruttare il più possibile lo spazio presente per inserire vegetazione in sesti di impianto densi, che proiettano ombra sulle superfici artificiali e mitigano la temperatura dell'aria. Ciò viene realizzato ponendo a dimora alberi di prima e seconda grandezza, arbusti e seminando prati rustici. L'unico esemplare arbustivo già presente (*Juniperus x pfitzeriana*) viene mantenuto in quanto svolge la funzione di completamento dei livelli vegetazionali dell'isola spartitraffico all'interno della quale vengono posti a dimora esemplari di *Platanus x acerifolia* e *Quercus ilex*, che proiettano ombra sul livello arbustivo, attenuandone gli stress. L'ampia superficie asfaltata attualmente destinata a sosta per autoveicoli viene de-impermeabilizzata e vegetata, determinando continuità con la vegetazione di corso Siracusa e del Giardino Emilia Mariani. L'accesso al complesso residenziale di via Nallino viene garantito da una breve strada che collega l'accesso carrabile del complesso residenziale a corso Siracusa.



Elaborazione propria, Tav. 06

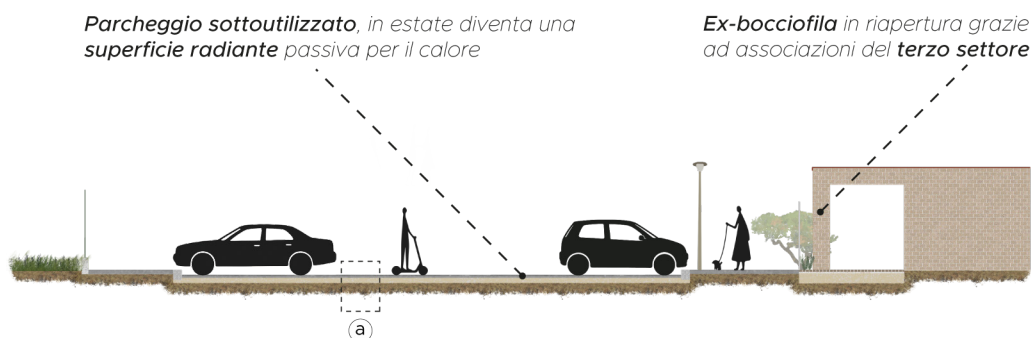
L'area di sosta localizzata tra la chiesa Gesù Redentore e l'ex-bocciofila viene pedonalizzata, de-impermeabilizzata e vegetata. I percorsi vengono realizzati in terra battuta e sono pensati per assecondare il movimento dei pedoni, da corso Siracusa verso il giardino Emilia Mariani e da corso Siracusa verso l'ex-bocciofila, che verrà riqualificata a breve, tornando ad essere un luogo nevralgico per l'aggregazione sociale del quartiere. All'interno della nuova area vegetata vengono posti a dimora esemplari arborei (*Platanus x acerifolia*, *Quercus ilex*, *Ulmus minor*), arbustivi (*Phillyrea angustifolia*, *Rhamnus cathartica*) e specie erbacee igrofile (*Carex flacca* e *Iris pseudacorus*) in prossimità del bacino di ritenzione. La disposizione delle specie vegetali è libera e ha lo scopo di alternare spazi percettivamente aperti a spazi percettivamente chiusi, che possono offrire frescura. Il bacino raccoglie le acque meteoriche provenienti dalla superficie vicina al bacino stesso, grazie alla topografia che caratterizza l'intera area pedonale. La ritenzione dell'acqua è garantita dal fondo del bacino impermeabilizzato con uno

strato di argilla. Il periodo di ritenzione dell'acqua varia a seconda della quantità di acqua immagazzinata e dalla velocità di evaporazione della stessa. L'effetto di mitigazione microclimatica è svolta dall'evaporazione di acqua dal bacino, che in assenza di precipitazioni rimane uno spazio fruibile. Il tetto con guaina bituminosa che caratterizza l'ex-bocciofila viene convertito in tetto verde estensivo, per massimizzare la coibentazione degli ambienti interni e la riduzione della temperatura dell'aria prossima all'edificio. La parete della chiesa Il Redentore esposta a ovest è cieca e permette la messa a dimora di *Parthenocissus tricuspidata* che andrà a coprire la superficie verticale, attenuando gli effetti dell'esposizione ovest, quindi del calore eccessivo della fase pomeridiana della giornata.

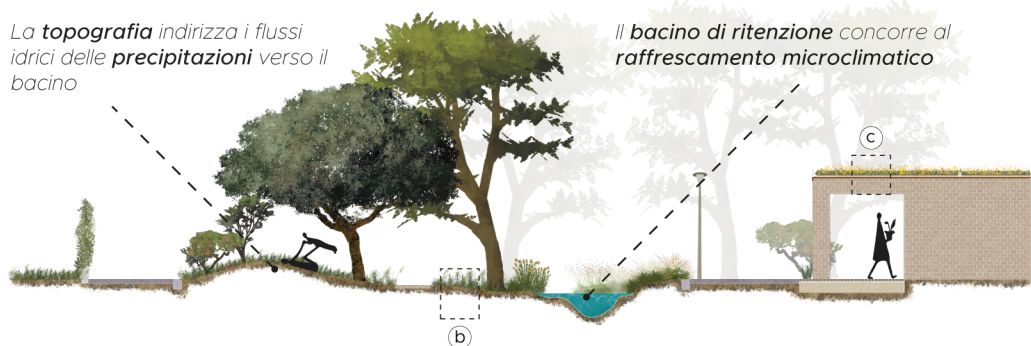


Elaborazione propria, Tav. 06

SEZIONE A-A'
STATO DI FATTO
 SCALA 1:200



STATO DI PROGETTO



Elaborazione propria, Tav. 06

Il giardino Emilia Mariani presenta attualmente spazi dominati dal prato costantemente sfalcato, che vengono completati da arbusti e alberi, in disposizione libera. Qui troviamo esemplari di *Celtis australis*, *Quercus ilex* e *Viburnum lantana*. Alcuni esemplari di leccio vengono posti a formare un boschetto regolare, in grado di fornire ombra fresca grazie alla forte capacità schermante della specie arborea e al sesto di impianto denso e compatto. La configurazione del boschetto ha lo scopo duplice di fornire rifugio dal caldo eccessivo delle ondate di calore e di creare uno spazio con un'atmosfera raccolta, intima, a differenza degli spazi percettivamente aperti che lo circondano.



Elaborazione propria, Tav. 06

L'intervento sul Liceo Artistico Cottini prevede una trasformazione del cortile, attualmente in asfalto, con una pavimentazione in calcestruzzo drenante, ottima per il calpestio costante e in grado di infiltrare nel suolo le acque meteoriche, fornendo in questo modo una maggiore quantità di acqua agli apparati radicali dei tigli già presenti, migliorandone salute e performance microclimatica. I tetti del liceo attualmente coperti da guaine bituminose vengono convertiti in tetti verdi estensivi, in modo da ridurre drasticamente il calore all'interno dell'edificio e determinare un abbassamento della temperatura dell'aria, in collaborazione con il giardino antistante l'ingresso.



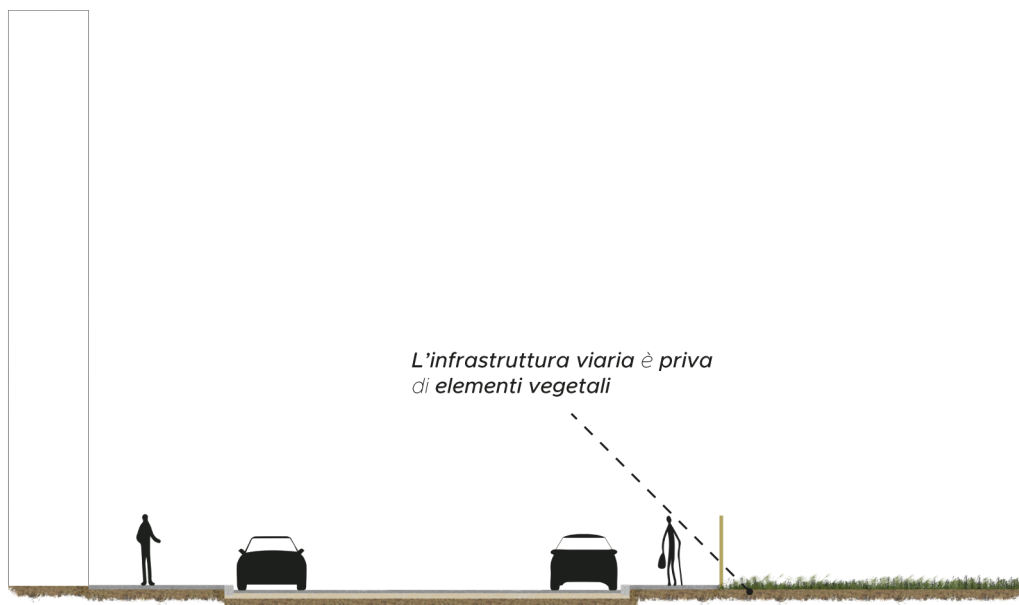
Elaborazione propria, Tav. 06

L'intervento su Via Carlo Del Prete prevede una riduzione della carreggiata minima, che riduce di 2 metri totali le corsie carrabili per fare spazio a fasce vegetate all'interno delle quali vengono posti a dimora esemplari di *Lagerstroemia indica* 'Bianca Grassi', con una distanza di 3 m lungo il filare. La riduzione della sezione stradale coincide con l'introduzione della zona 30, messa in atto attraverso la segnaletica stradale combinata con l'introduzione di rallentatori per gli autoveicoli. In corrispondenza dell'incrocio con via Eleonora d'Arborea, le estroflessioni dei marciapiedi attualmente in asfalto vengono convertite in aiuole vegetate con esemplari di *Celtis australis*. La nuova presenza di alberi e la riduzione della velocità degli autoveicoli determina una diminuzione della temperatura dell'aria.

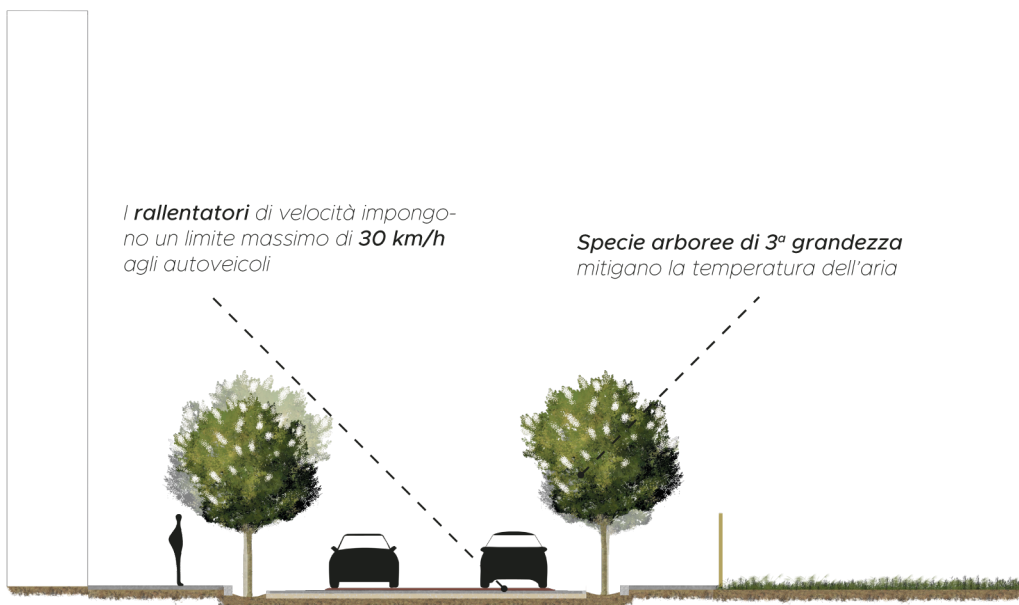


Elaborazione propria, Tav. 06

SEZIONE B-B'
STATO DI FATTO
SCALA 1:200

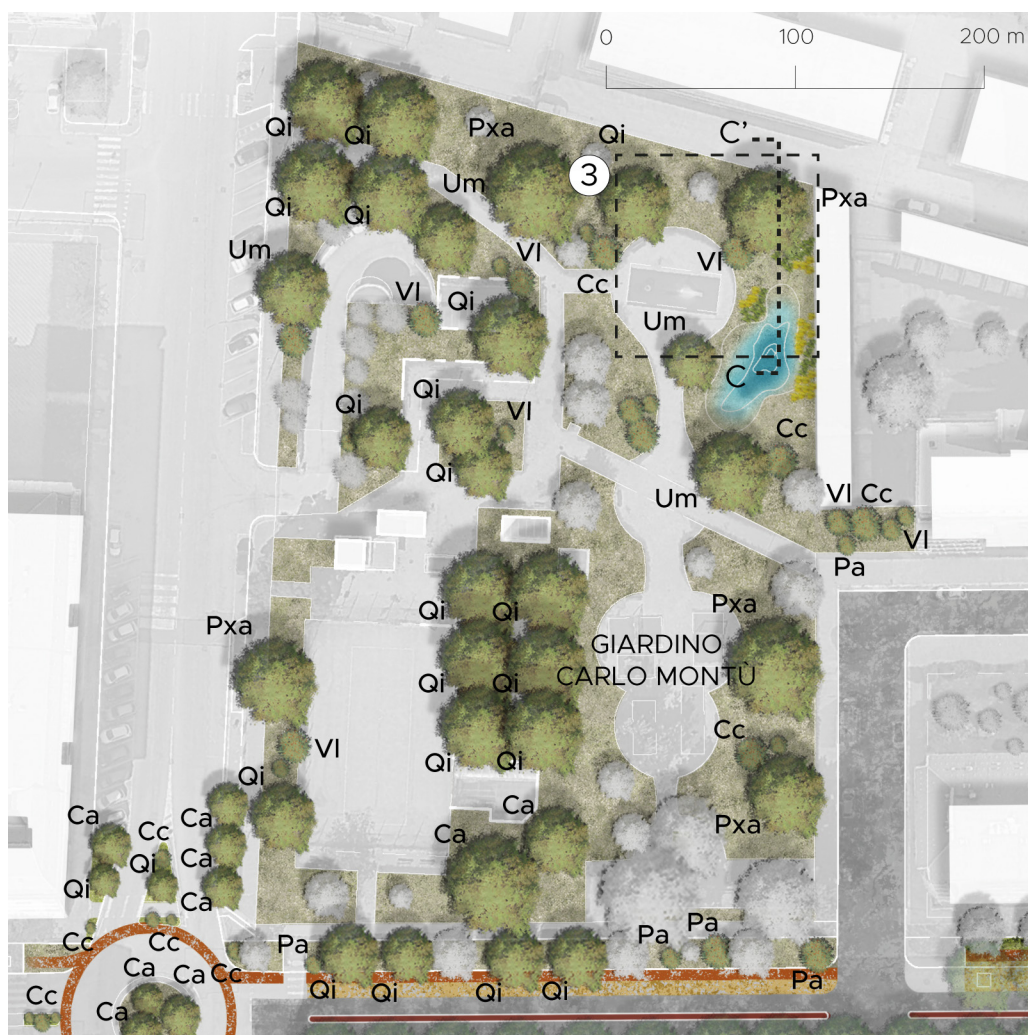


STATO DI PROGETTO



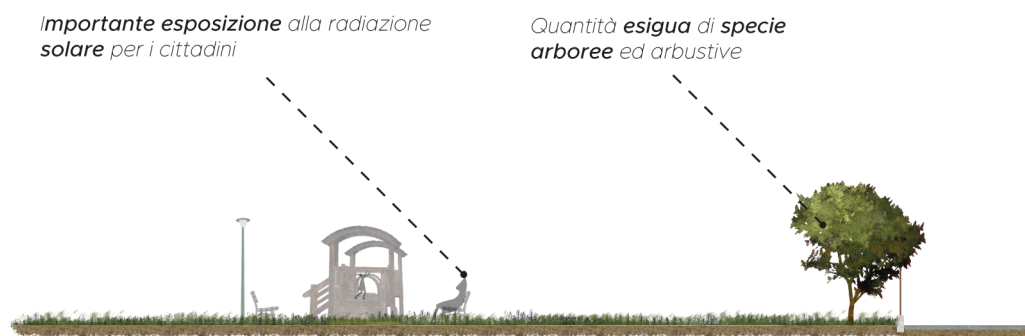
Elaborazione propria, Tav. 06

L'intervento nel giardino Carlo Montù prevede la densificazione ed il completamento dei livelli vegetazionali, attraverso la messa a dimora di specie quali *Celtis australis*, *Quercus ilex*, *Platanus x acerifolia*, *Ulmus minor*, *Viburnum lantana*, *Phillyrea angustifolia*, *Rhamnus cathartica* e *Cotinus coggygria*. Coerentemente con il disegno del Giardino Emilia Mariani troviamo un boschetto di *Quercus ilex*. È presente inoltre un bacino di ritenzione di dimensioni maggiori rispetto a quello della nuova area pedonale, realizzato grazie a una maggiore superficie di raccolta delle acque superficiali. Il disegno del giardino non viene modificato, così come la pavimentazione in masselli autobloccanti, il tutto per minimizzare i costi dell'intervento ma offrendo una forte mitigazione microclimatica grazie all'azione combinata delle nuove specie vegetali e del bacino. Le specie vegetali preesistenti vengono mantenute, anche se in condizioni di salute mediocre, perché si ritiene che l'effetto di schermatura prodotto dalle nuove specie di progetto contribuisca a ristabilire una condizione di salute migliore. La cancellata della scuola d'infanzia d'Arborea viene utilizzata come sostegno di crescita per esemplari di *Wisteria brachybotrys* 'Shiro Kapitan Fuji'.

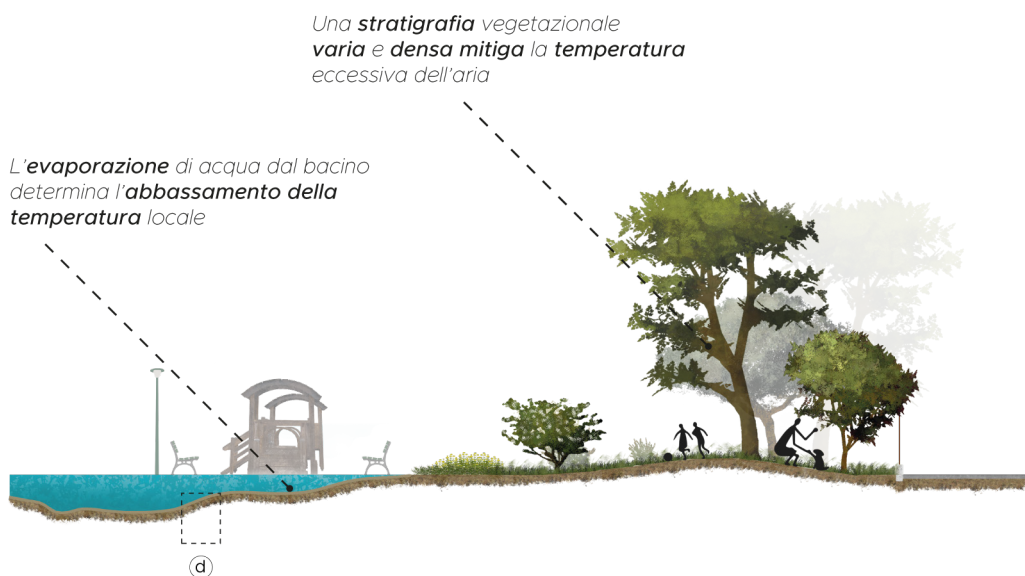


Elaborazione propria, Tav. 06

SEZIONE C-C'
STATO DI FATTO
 SCALA 1:200



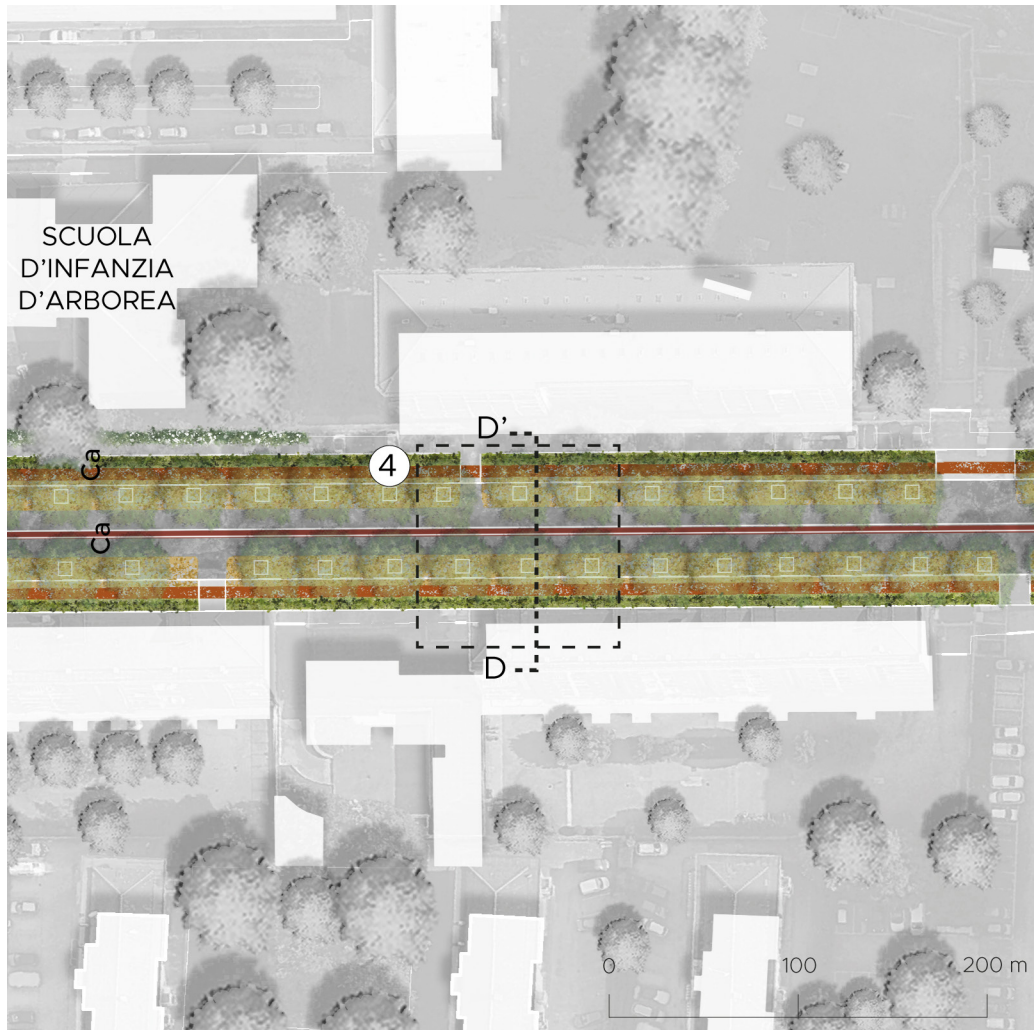
STATO DI PROGETTO



Elaborazione propria, Tav. 06

L'intervento su via De Canal prevede una trasformazione radicale della sezione stradale, che viene ridotta per fare spazio a due percorsi ciclabili, uno per ciascun senso di marcia, per evitare pericolosi attraversamenti ciclabili. Tali percorsi sono realizzati in calcestruzzo drenante con colorazione rossa, per permettere l'infiltrazione dell'acqua verso le aiuole adiacenti e distinguere funzionalmente il percorso ciclabile dal marciapiede. I percorsi ciclabili sono divisi dal marciapiede da una fascia arbustiva che svolge la duplice funzione divisoria e di mitigazione della temperatura. In corrispondenza dell'incrocio con via Sanremo il percorso ciclabile non si interrompe, bensì prosegue all'interno della rotatoria, ripristinando il corretto rapporto di forza tra gli autoveicoli e la mobilità dolce. Adiacenti al

percorso ciclabile sono presenti gli stalli perpendicolari alla via, aventi una pavimentazione composta da masselli autobloccanti. Gli stalli sono schermati dall'ombra fornita dagli esemplari di *Celtis australis*, i quali apparati radicali vengono protetti da griglie metalliche, allo scopo di evitare il compattamento degli autoveicoli in sosta e il calpestio dei pedoni. Via De Canal, come via Del Prete, prevede l'introduzione della zona 30 attraverso la segnaletica stradale e i rallentatori del traffico.

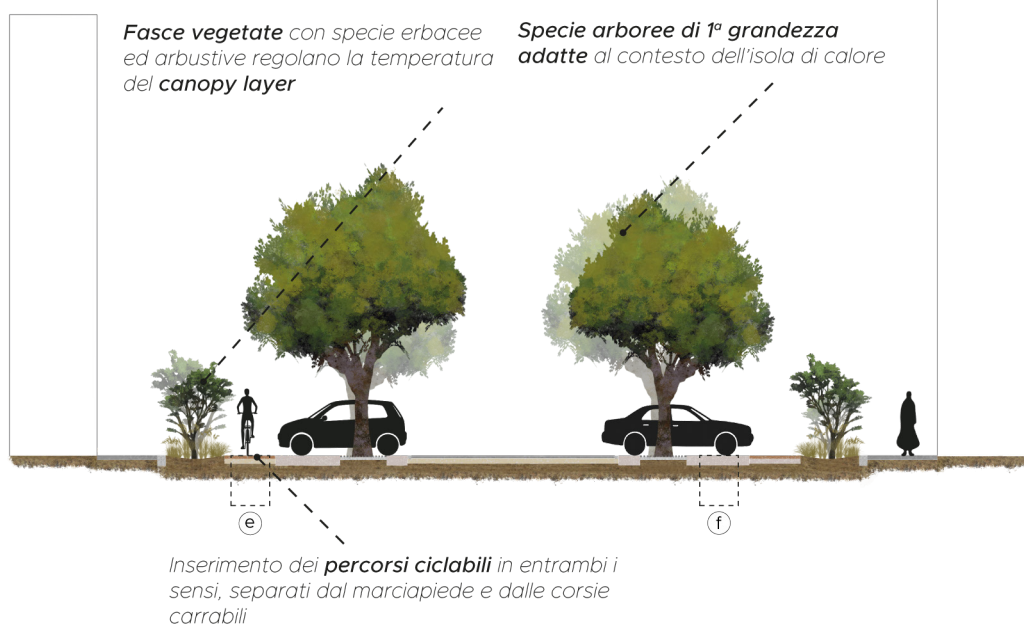


Elaborazione propria, Tav. 06

SEZIONE D-D'
STATO DI FATTO
 SCALA 1:200



STATO DI PROGETTO



Elaborazione propria, Tav. 06

Corso Giovanni Agnelli prevede un intervento, seppur minimo, volto a migliorare sia lo stato di salute delle specie arboree presenti, sia a ridurre la temperatura dell'aria. Ciò viene realizzato attraverso la messa a dimora di esemplari di *Rhamnus cathartica* all'interno delle aiuole spartitraffico attualmente prive della componente arbustiva.



Elaborazione propria, Tav. 06

7.2 PAVIMENTAZIONI E MATERIALI

Il progetto prevede la trasformazione degli spazi aperti pubblici e delle strade, anche attraverso un approccio di rigenerazione delle pavimentazioni. L'asfalto preesistente viene sostituito con pavimentazioni drenanti o ripristinando il suolo presente al di sotto. I tetti piani vengono coperti con sistemi di verde pensile estensivo e all'interno di alcuni spazi vegetati vengono inseriti bacini di ritenzione che richiedono un fondo impermeabile.

Eliminare l'asfalto non è sufficiente per ottenere suolo in grado di ospitare la vegetazione nuova. Il suolo coperto dall'asfalto per anni o decenni, subisce una progressiva degradazione della componente biologica (microrganismi, insetti e artropodi) e della struttura, trasformandosi in un substrato compatto e sterile, privo di sostanza organica. Questo substrato non è quindi adatto all'immediata messa a dimora delle specie vegetali di progetto, bensì deve subire un trattamento di ripristino. A seguito della rimozione dello strato di asfalto, il suolo subisce una lavorazione meccanica di ripuntatura, che determina il decompattamento del suolo anche negli orizzonti più profondi, ripristinando la macroporosità persa nel tempo. Successivamente si agisce sulla componente biologica, apportando topsoil in quantità di $0.1 \text{ m}^3/\text{m}^2$, di cui il 15% in volume di ammendante compostato verde, ovvero il compost derivante dal compostaggio di rifiuti vegetali. La ripuntatura e il ripristino biologico determinano un graduale miglioramento delle condizioni del suolo urbano, permettendo quindi la messa a dimora delle specie vegetali, che possono trovare un substrato in grado di garantire il corretto sviluppo.

I tetti dell'ex-bocciofila del giardino Emilia Mariani e del Liceo Artistico Cottini che presentano una pendenza minore del 5% e un rivestimento bituminoso, vengono implementati attraverso l'installazione di sistemi di copertura a verde pensile di tipo estensivo. La scelta del sistema estensivo è volta a minimizzare il carico sul tetto, dato che si tratta di edifici realizzati negli anni 70' del secolo scorso, quindi non in grado di sostenere i carichi di una copertura a verde intensiva. Dallo strato più esterno verso quello più interno troviamo:

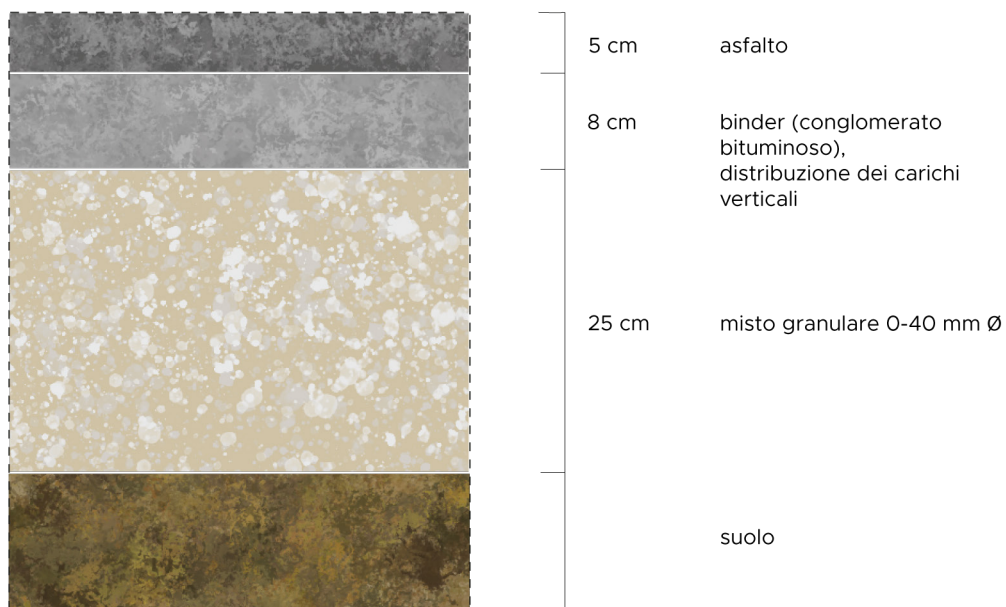
- la vegetazione erbacea xerofita composta da *Sedum* sp. Queste specie erbacee sono succulente e utilizzano il metabolismo CAM, che consente loro di resistere a prolungati periodi di siccità, forti escursioni termiche e radiazione solare intensa tipiche degli ambienti di copertura;
- il substrato colturale leggero, ma ad elevata ritenzione idrica, che deve garantire un carico minimo sul tetto, ma consentire l'assorbimento di acqua dagli apparati radicali delle piante;
- un telo di tessuto non tessuto (TNT) che ha lo scopo di bloccare l'eventuale approfondimento degli apparati radicali verso gli strati sottostanti e di evitare la perdita di substrato;
- un pannello in polistirene espanso che ha lo scopo di contenere l'acqua meteorica in vaschette che svolgono la funzione di riserva idrica per le piante, con opportuni fori di troppo pieno per il drenaggio dell'acqua in eccesso;
- strati impermeabilizzanti e antiradice che dividono le componenti utili alla vita delle piante dal tetto in calcestruzzo, che non deve subire interferenze (infiltrazioni di acqua, radici) dagli strati soprastanti.

I bacini di ritenzione idrica hanno lo scopo di intercettare temporaneamente le acque di ruscellamento che si formano nel corso degli eventi meteorologici, attraverso la topografia che circonda tali bacini. L'acqua viene quindi indirizzata verso il bacino, che presenta specie erbacee perenni a carattere igrofilo, in grado di adattarsi alle condizioni di umidità del bacino, ma anche alle condizioni di minore umidità, in assenza di acqua nel bacino. La funzione di tali bacini è quella di accumulare acqua meteorica nel corso delle precipitazioni e di lasciare che evaporino nel corso dei giorni successivi, determinando un abbassamento della temperatura dell'aria. Il drenaggio immediato dell'acqua è impedito dalla messa in posa di uno strato di argilla compattata, al di sopra della quale viene posto del suolo di riporto privo di scheletro, che ha la funzione di permettere la crescita di specie vegetali igrofile e di proteggere lo strato di argilla nei momenti in cui il bacino non contiene acqua, al fine di evitare le crepe da disseccamento che renderebbero permeabile il fondo del bacino.

I percorsi ciclabili vengono realizzati posando calcestruzzo drenante. La scelta di questo materiale è volta a determinare l'infiltrazione di acqua meteorica nel suolo, determinando un aumento del contenuto idrico del suolo prossimo agli apparati radicali di arbusti e alberi adiacenti al percorso ciclabile, migliorandone lo stato di salute, quindi la performance mitigativa. A differenza del calcestruzzo tradizionale, il calcestruzzo drenante è privo della frazione fine (sabbia), quindi la pasta cementizia avvolge e lega tra loro gli inerti grossolani. La conseguenza positiva è il fatto che l'acqua trova lo spazio per infiltrarsi verso gli strati sottostanti, costituiti inizialmente da inerti più fini (pietrisco 4-11 mm) e poi più grossolani (misto granulare 20-70 mm). Il calcestruzzo drenante ha un'elevata resistenza alla compressione, più che sufficiente a sostenere il carico dei ciclisti, oltre ad avere un'albedo più elevata dell'asfalto, che riduce il riscaldamento del materiale stesso.

Le aree di sosta di via De Canal vengono realizzate con una pavimentazione in masselli autobloccanti in calcestruzzo, in grado di sostenere il carico delle auto e dei furgoni commerciali. La pavimentazione si compone di masselli in calcestruzzo di spessore 10 cm, incastrati in un letto di pietrisco fine (2-8 mm), su strati di inerti sempre più grossolani, da 10-32 mm a 32-70 mm. Gli strati sottostanti ai masselli hanno il compito di distribuire il carico degli autoveicoli evitando avvallamenti dei masselli.

Ⓐ PAVIMENTAZIONE IN ASFALTO PREESISTENTE

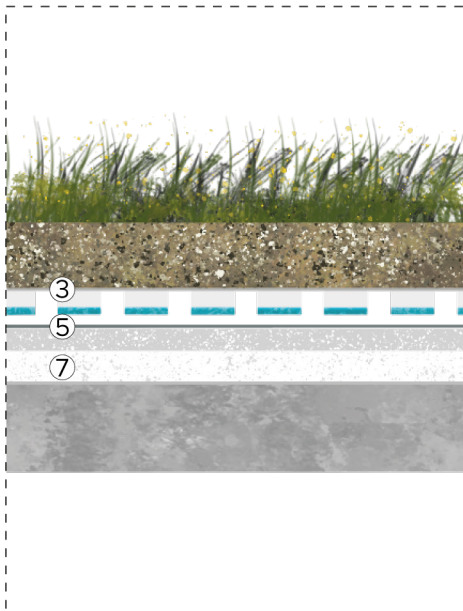


Ⓑ SUOLO RIPRISTINATO



Elaborazione propria, Tav. 06

© TETTO VERDE ESTENSIVO



150 mm
2 mm
80 mm
10 mm
50 mm
70 mm
3 mm
200 mm

- ① Specie erbacee perenni con elevata resistenza alla siccità
- ② Substrato colturale con elevata ritenzione idrica
- ③ Telo di tessuto non tessuto in propilene, antiradice
- ④ Pannello in polistirene espanso prestampato
- ⑤ Telo in PVC termosaldato, impermeabilizzazione
- ⑥ CLS alleggerito con polistirene, con rete elettrosaldata
- ⑦ Pannelli in polistirene espanso, isolante
- ⑧ Film multistrato con alluminio, barriera al vapore
- ⑨ Soletta in CLS

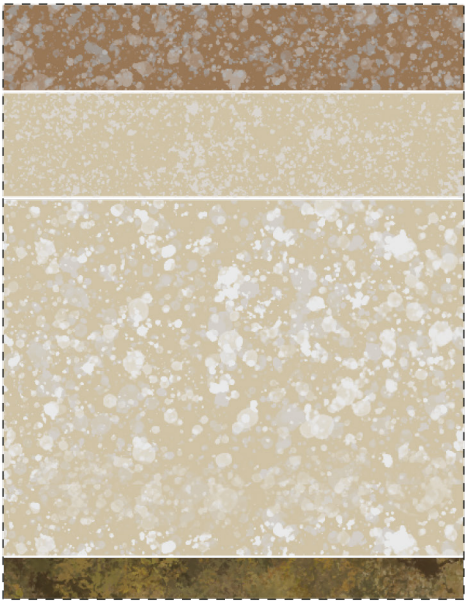
d FONDO DEI BACINI DI RITENZIONE



20 cm suolo fine privo di scheletro
30 cm argilla compattata
suolo

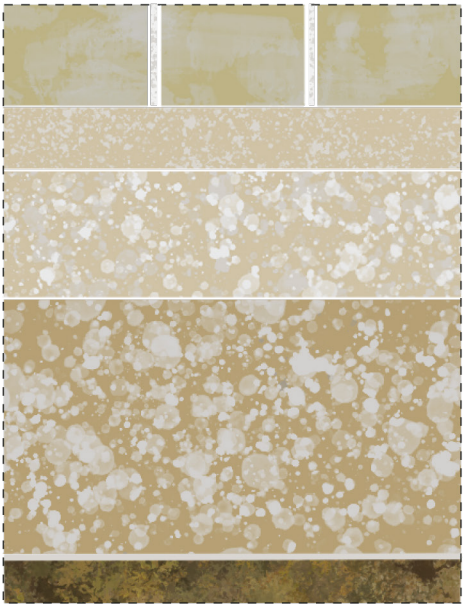
Elaborazione propria, Tav. 06

⑤ PAVIMENTAZIONE PERCORSO CICLABILE



5 cm	CLS drenante
6 cm	pietrisco 4-11 mm Ø
20 cm	misto granulare 20-70 mm Ø
	suolo

⑥ PAVIMENTAZIONE DRENANTE AREA DI SOSTA



10 cm	masselli in CLS
5 cm	pietrisco 2-8 mm Ø
10 cm	misto granulare 10-32 mm Ø
20 cm	pietrame grossolano 32-70 mm Ø
1 mm	tessuto non tessuto
	suolo

Elaborazione propria, Tav. 06

7.3 SCELTA DELLE SPECIE VEGETALI

Come si è visto, l'ambiente urbano si contraddistingue per caratteristiche ostili al benessere delle persone, ma anche a quello delle specie vegetali che vengono messe a dimora proprio come strumenti di mitigazione di questi fattori avversi.

In generale l'ambiente urbano presenta condizioni critiche quali: inquinanti atmosferici (polveri sottili, NO_x, SO₂, CO, O₃, VOC), scarichi civili e industriali, dilavamenti di oli e carburanti, rifiuti, stress termico (l'isola di calore appunto), stress idrico e ridotta fertilità del suolo, che si presenta spesso con un'elevata quantità di scheletro, una quantità esigua di sostanza organica e senza struttura perché spesso compattato. È facile comprendere come questo insieme di condizioni sfavorevoli renda difficile lo sviluppo delle specie vegetali. È quindi fondamentale operare delle scelte volte a prediligere specie vegetali delle quali siano riconosciute delle capacità adattive all'ambiente urbano.

Secondo un recente studio³⁷ i criteri per la selezione delle specie vegetali adatte al contrasto dell'isola di calore urbana sono i seguenti:

- Resistenza alla siccità: specie adatte ad un basso contenuto idrico del suolo;
- Resistenza ai patogeni: specie che non necessitano di trattamenti fitosanitari, nella maggior parte dei casi impossibili da effettuare in città;
- Resistenza agli agenti inquinanti: sostanze tossiche presenti in acqua, suolo e aria;
- Adattabilità a suoli con ridotta fertilità: suoli caratterizzati da compattamento e concentrazione ridotta di elementi nutritivi essenziali;
- Coerenza climatica: specie adatte al contesto di progetto;
- Strategia riproduttiva entomofila: impollinazione entomofila, per sostenere la biodiversità entomofila urbana;
- Ridotte esigenze manutentive: irrigazioni, potature;
- Assenza di disservizi ecosistemici: produzione di pollini allergenici, spine, tendenza a sporcare le superfici urbane;
-

La scelta delle specie vegetali prevede il rispetto dei criteri sopraelencati, uniti alle informazioni emerse dalla fase di analisi dell'area di studio.

7.3.1 SPECIE ARBOREE

Dalla fase di analisi della performance microclimatica è emersa la capacità delle specie quali *Platanus x acerifolia* e *Celtis australis* di garantire un'elevata mitigazione microclimatica unita ad una considerevole resistenza alla siccità e all'ambiente urbano in generale. Il platano ibrido viene scelto per queste ragioni, insieme alla sua capacità di proiettare un'ombra densa grazie alle foglie ampie. Il platano viene posto a dimora dove è possibile inserire specie di prima grandezza che possono raggiungere dimensioni ragguardevoli in altezza, superando i 20 m in alcuni casi. L'intero progetto prevede la messa a dimora di specie dove possibile di grandi dimensioni, nei limiti dello spazio urbano e del contesto specifico. L'obiettivo è infatti generare ampie superfici di ombra, che non possono essere garantite da specie di terza grandezza, che se collocate all'interno di spazi aperti ampi, rappresenterebbero un impiego insufficiente dello spazio aperto.

stesso. La presenza dei bacini di ritenzione implica una scelta specifica di specie in grado di tollerare un elevato contenuto idrico del suolo, ma anche di brevi periodi di sommersione. Per questo contesto viene scelto *Ulmus minor*, una specie di seconda grandezza che è adatta a questa condizione e viene posto a dimora in prossimità dei bacini, per garantire un parziale ombreggiamento delle superfici d'acqua e rallentare il processo evaporativo. Tra le specie arboree viene posto a dimora anche *Quercus ilex*, un esemplare di seconda grandezza che non è presente nell'area di studio, ma che è estremamente adatto alle condizioni urbane e alla siccità prolungata. Si tratta di una quercia sempreverde tipica del clima mediterraneo, ma anche in grado di sopportare gli inverni torinesi. Proietta un'ombra molto densa, grazie ad una chioma fitta, ampia e tondeggiante. L'ultima specie arborea, l'unica di terza grandezza è *Lagerstroemia indica*, della varietà a fiore bianco 'Bianca Grassi'. Tale specie viene posta a dimora in condizioni di spazi aperti ristretti, come la sezione stradale di via Del Prete. Si tratta di un albero di piccola dimensione, che non supera gli 8 metri di altezza, che fiorisce in piena estate ad agosto, fornendo supporto nutritivo agli insetti pronubi, in un periodo caratterizzato da pochissime altre fioriture.

Tra le specie arbustive viene posto a dimora *Rhamnus cathartica*, lo spino cervino. Si tratta di un arbusto deciduo che può raggiungere i 4 metri di altezza, a ramificazione fitta. Le foglie sono opposte e ovate e produce piccoli fiori verde-giallastri da maggio a giugno che si sviluppano in piccole drupe nere a maturità. *Rhamnus cathartica* è una specie rustica, eliofila o parzialmente sciafila, per questo motivo viene posta a dimora sia in forma libera che al di sotto delle chiome degli alberi, come completamento del livello arbustivo e per migliorare le condizioni pedologiche delle aiuole spartitraffico. *Phillyrea angustifolia* è un arbusto sempreverde a portamento compatto e ramificato fin dalla base. Può raggiungere i 3 metri di altezza. Presenta foglie opposte, lanceolate e coriacee, produce fiori biancastri e profumati da marzo, che si sviluppano in drupe bluastre. È una specie termofila e xerofila, con elevata tolleranza alla siccità prolungata, per questo motivo viene posta a dimora in esposizione di pieno Sole. *Viburnum lantana* è un arbusto deciduo di 3 metri di altezza, con foglie ovate, produce fiori bianco crema ad aprile, che si sviluppano in drupe che virano dal verde, al rosso, al nero lucido a maturità. Sopporta molto bene la siccità e l'esposizione solare diretta. *Cotinus coggygria* è un arbusto deciduo che raggiunge i 5 metri di altezza, presenta una chioma espansa e globosa, con foglie obovate. Fiorisce a maggio con grandi infiorescenze dall'aspetto leggero, che producono piccole drupe. È una specie estremamente resistente all'aridità e allo stress termico.

LEGENDA

performance
microclimatica
medio-elevata
resistenza alla
siccità e
temperature
elevate

ombreggiamento
denso
adattabilità a
suoli umidi

Fonti:
Schede QualiViva, Associazione Vivaisti
Italiani
Alberi in città - funzioni e gestione del verde
e delle foreste urbane, Regione Piemonte



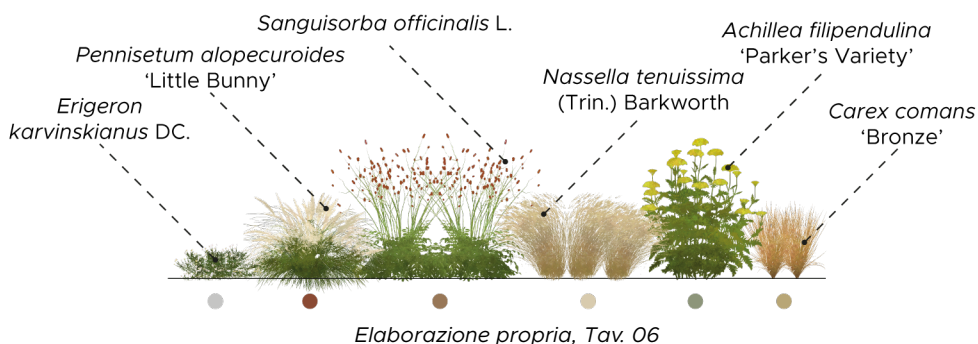
Elaborazione propria, Tav. 06

7.3.2 SPECIE ERBACEE XEROFILE

La scelta delle specie erbacee che compongono le bordure interne agli spazi aperti vegetati sono state effettuate al fine di soddisfare i criteri di resistenza alla siccità e ridotta manutenzione. Per questo motivo sono state scelte le seguenti specie erbacee xerofile:

- *Erigeron karvinskianus*
- *Pennisetum alopecuroides* 'Little Bunny'
- *Sanguisorba officinalis*
- *Nassella tenuissima*
- *Achillea filipendulina*
- *Carex comans* 'Bronze'

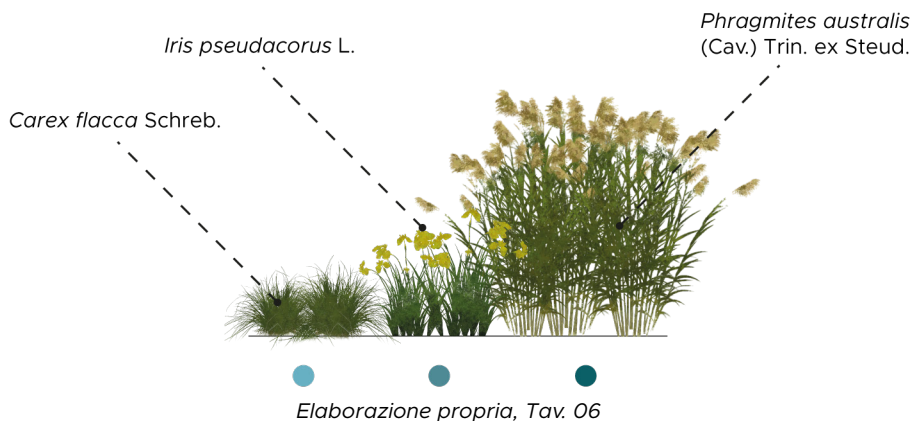
Queste sei specie rappresentano una selezione complementare in termini di forma e matericità, mentre la loro associazione risponde a precisi requisiti di resilienza urbana e tolleranza agli stress.



7.3.3 SPECIE ERBACEE IGROFILE

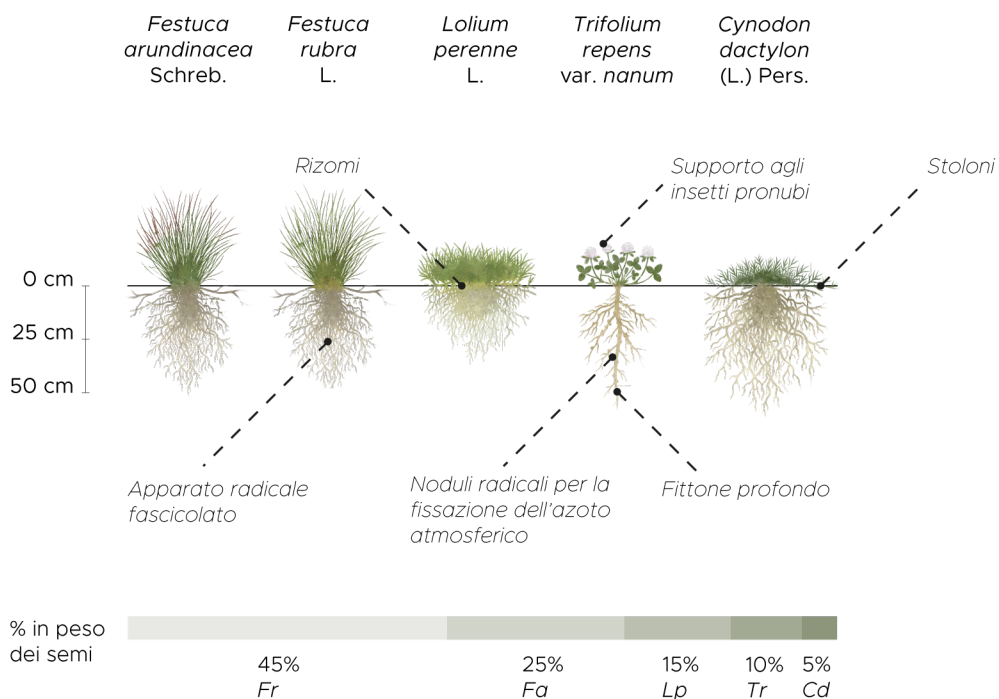
In prossimità dei bacini di ritenzione vengono collocate specie erbacee adatte a suoli umidi o alla sommersione parziale, ma anche all'alternanza con periodi di siccità. La presenza di queste specie erbacee disposte in masse monospecifiche determina la definizione di spazi suggeriti sulle sponde dei bacini. Tali specie sono: *Carex flacca*, *Iris pseudacorus* e *Phragmites australis*. *Carex flacca* è una specie pioniera caratterizzata da uno spettro ecologico straordinariamente ampio. A differenza di molti altri *Carex*, non è strettamente legata a contesti idromorfi stabili: vegeta con successo sia in prati umidi, sia in ambienti spiccatamente aridi e suoli argillosi pesanti. Mostra un'eccellente tolleranza alla siccità estiva prolungata. Grazie a un sistema rizomatoso strisciante ben sviluppato, è in grado di colonizzare substrati poveri di nutrienti e compatti, svolgendo un'azione primaria di consolidamento superficiale del suolo e prevenzione dell'erosione. È la specie collocata più lontana dall'acqua, sulla porzione medio-alta della sponda. *Iris pseudacorus* è una specie eliofila tipica dei margini di corsi d'acqua, e aree umide. Predilige suoli permanentemente saturi d'acqua o periodicamente sommersi (fino a 20–30 cm di battente idrico). Mostra una spiccata resilienza all'anossia radicale e ha un ruolo ecologico cruciale, grazie alla sua capacità di estrarre e accumulare metalli pesanti e inquinanti organici. È collocata in posizione intermedia, tra *Carex flacca* e *Phragmites australis*. *Phragmites australis* è una specie eliofila capace

di formare popolamenti monospecifici densi. Tollera ampie fluttuazioni del livello idrico (fino a sommersione di oltre un metro). Data la rusticità ed adattabilità di questa specie, si considerano interventi di riduzione del numero di esemplari nel caso in cui la sua espansione determini un'eccessiva competizione nei confronti delle altre specie erbacee.



7.3.4 MISCUGLIO DEL PRATO

La scelta del miscuglio per i prati risponde a logiche di basso input manutentivo, consolidamento superficiale e rinaturalizzazione del paesaggio urbano. Si tratta di una miscela concepita per simulare la dinamica e la resilienza di un prato stabile naturale. La sua struttura combina graminacee macroterme con graminacee microterme rustiche a insediamento scalare e leguminose da prato, garantendo una copertura vegetale autosufficiente a lungo termine. La presenza di leguminose, di cui *Trifolium repens* è l'elemento chiave della miscela, permette l'instaurazione di simbiosi radicali con batteri del genere *Rhizobium*, fissando l'azoto atmosferico nel suolo. Questo processo biologico evita la necessità di intervenire con concimazioni azotate di sintesi e nutre progressivamente le graminacee consociate, mantenendo la cotica erbosa densa anche su suoli urbani ripristinati. Le specie selezionate in questo miscuglio possiedono apparati radicali differenziati (fittonanti per le leguminose, fascicolati e profondi per le festuche). Ciò consente al prato di attingere l'umidità negli orizzonti profondi del suolo e tollerare la siccità estiva andando in parziale dormienza, per poi continuare il proprio sviluppo autonomamente alle prime piogge autunnali. La manutenzione è ridotta a soli due o tre sfalci annuali, limitando i costi per l'amministrazione pubblica.



Dose di semina: 15 g/m²

Tagli annuali: 2/3

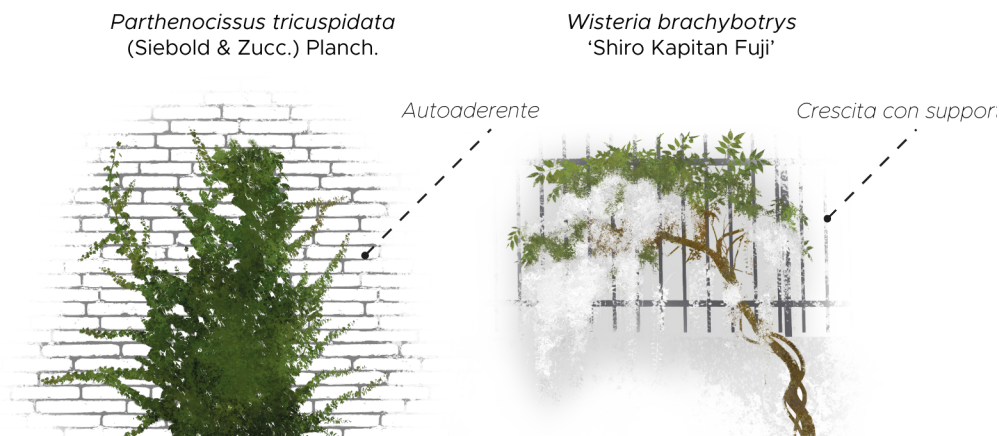
Prodotto commerciale Fitò Seeds

Elaborazione propria, Tav. 06

7.3.5 SPECIE DELLE PARETI VERDI

Le pareti cieche o le cancellate libere vengono coperte da specie rampicanti, in particolare *Parthenocissus tricuspidata* e *Wisteria brachybotrys* 'Shiro Kapitan Fuji'. La prima viene posta a dimora alla base delle pareti cieche, lavorando il suolo presente e ripristinandolo se necessario, al fine di garantire le condizioni edafiche sufficienti al corretto sviluppo della pianta. Si tratta di una specie in grado di aderire autonomamente alla superficie verticale attraverso la produzione di cirri (viticci) modificati che terminano con ventose adesive. Questa particolarità anatomica le permette di aderire a pareti verticali completamente lisce (intonaco, cemento, pietra) senza la necessità di installare cavi di guida, grigliati o tensostrutture. È una specie decidua a crescita estremamente vigorosa. Le foglie sono alterne, prevalentemente trilobate (da cui l'epiteto *tricuspidata*) e di consistenza coriacea e lucida. In autunno, il fogliame vira in modo uniforme verso tonalità rosso porpora prima della caduta, lasciando visibile in inverno una fitta e geometrica rete di ramificazioni aderenti al muro e permettendo un corretto riscaldamento delle pareti grazie alla radiazione solare. In primavera ed estate riduce la temperatura superficiale degli involucri edilizi tramite l'ombreggiamento diretto e l'evapotraspirazione, abbattendo il carico termico estivo degli edifici e contribuendo al contrasto dell'effetto isola di calore urbana. Ha un'ampia tolleranza all'esposizione, vegetando con successo sia in pieno sole che in zone d'ombra dei canyon urbani.

Wisteria brachybotrys è una specie rampicante che non possiede organi di ancoraggio diretti; si sviluppa attorcigliando i propri fusti attorno a un supporto. Richiede quindi strutture di sostegno come le cancellate, strutturalmente robuste, poiché i fusti maturi esercitano una notevole forza di torsione e accumulano un peso considerevole. È una specie decidua e permette quindi il passaggio della radiazione solare in inverno. La fioritura primaverile è profumata, con petali bianco puro. La fioritura massiva rappresenta una stazione nettariana fondamentale per insetti pronubi a inizio stagione. Appartenendo alla famiglia delle *Fabaceae*, tollera i suoli urbani poco fertili grazie alla capacità di fissare l'azoto.



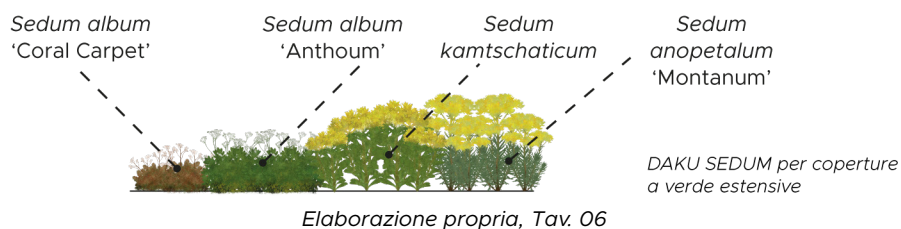
Elaborazione propria, Tav. 06

7.3.6 SPECIE DELLE COPERTURE A VERDE

La vegetazione inserita sulle coperture a verde estensive è costituita dal genere *Sedum*. I *Sedum* sono piante succulente e xerofite appartenenti alla famiglia delle *Crassulaceae*, originariamente adattate a climi estremi e a ridotta piovosità. La loro natura rustica conferisce una spiccata resistenza alle basse temperature. Dal punto di vista del portamento, sviluppano fusti eretti o pendenti, crescendo prevalentemente a cespi. Le foglie assumono geometrie variabili (rotonde, alternate, ovali o verticali), mentre i fiori si riuniscono in infiorescenze a corimbo. Nelle coperture estensive si fa riferimento alla miscela DAKU® composta da quattro specie. Le varietà e specie selezionate comprendono:

- *Sedum album* 'Coral Carpet'
- *Sedum album* 'Athoum'
- *Sedum kamtschaticum*
- *Sedum anopetalum* 'Montanum'

Grazie alla loro eccezionale resilienza, queste piante sono in grado di colonizzare stratificazioni estremamente sottili, sopravvivendo su soli 10 cm di substrato specifico. L'apparato così costituito riduce al minimo gli interventi di manutenzione offrendo significativi vantaggi in termini di miglioramento microclimatico.



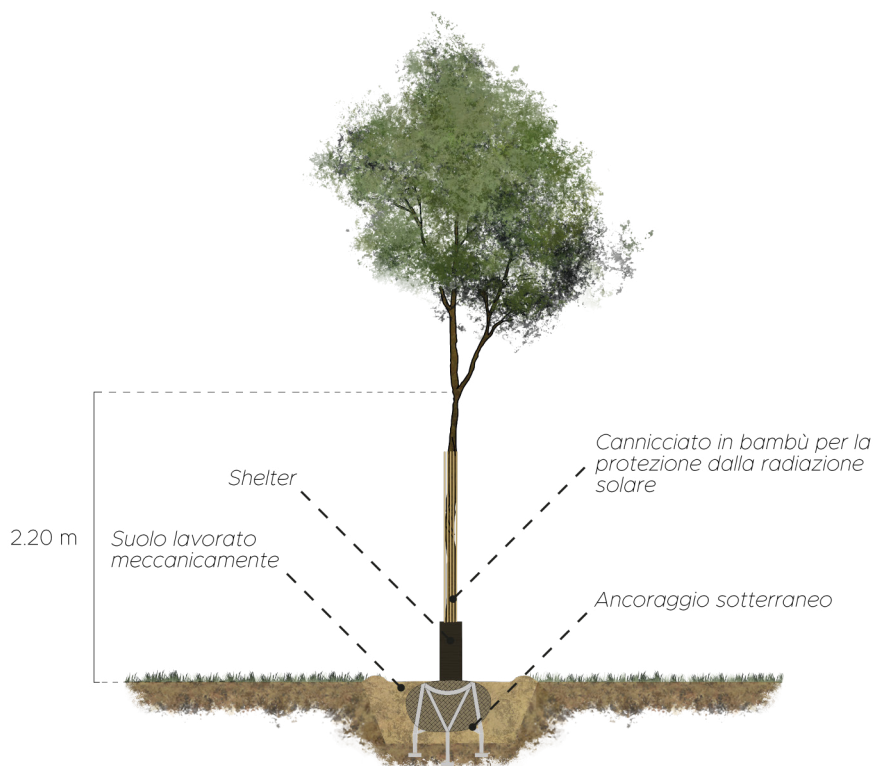
7.4 MESSA A DIMORA

La corretta realizzazione del progetto passa soprattutto da una appropriata messa a dimora delle specie arboree ed arbustive. La mortalità post-trapianto è una realtà per ogni progetto e come tale va considerata, assestandosi in media al 5% delle piante totali, in condizioni ottimali di impianto. Al fine di ridurre il più possibile tale percentuale, è richiesto di seguire la procedura corretta per la messa a dimora.

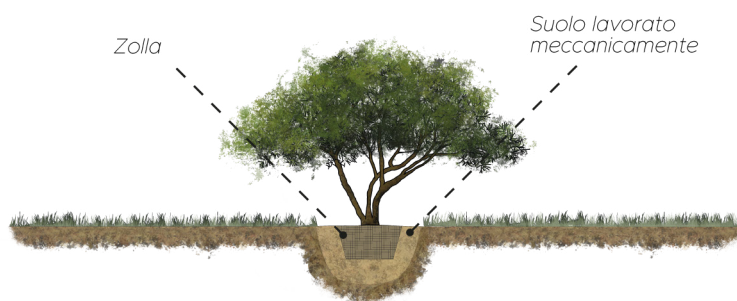
Per le specie arboree il progetto prevede la messa a dimora di giovani piante in zolla, di circa 3 anni, impalcate a 2.20 metri, in ottimo stato di salute e aventi una circonferenza di 16-18 cm. La buca di impianto va realizzata a sezione trapezoidale, lavorando meccanicamente il suolo che verrà esplorato nei primi anni dall'apparato radicale dell'albero. Il fondo della buca deve presentarsi convesso, al fine di evitare che l'acqua ristagni a contatto con le radici, ma che venga drenata verso spazi lontani dalle radici stesse. Al fine di evitare l'installazione di pali di sostegno che diventano dei veri e propri ostacoli per la fruizione dello spazio aperto, si è deciso di prediligere il sub-ancoraggio, che determina anche una migliore radicazione del capillizio radicale, quindi un attecchimento più rapido ed efficace. L'esemplare arboreo deve poi essere protetto a livello del colletto da uno shelter in corrugato in plastica, al fine di evitare i danni causati da un uso improprio del decespugliatore. Data la giovane età degli esemplari, i primi due metri di fusto vanno coperti da un cannicciato in bambù, che evita pericolose scottature da radiazione solare, che determinerebbero danni importantissimi che si ripercuoterebbero nell'arco dell'intera vita dell'albero. Immediatamente dopo la messa a dimora, va eseguita un'irrigazione abbondante nella zona del girello. Per i successivi 2 anni dall'impianto andranno eseguite periodiche irrigazioni, al fine di garantire il corretto attecchimento.

Per le specie arbustive si prevede la lavorazione meccanica del suolo che ospiterà la zolla, al fine di garantire all'arbusto un suolo con corretta struttura e macroporosità per la fase di attecchimento. Non sono previsti sostegni in quanto le dimensioni degli arbusti al momento dell'impianto non li necessitano. Si prevedono irrigazioni costanti nel periodo primaverile ed estivo per i primi 2 anni dall'impianto.

SPECIE ARBOREE



SPECIE ARBUSTIVE

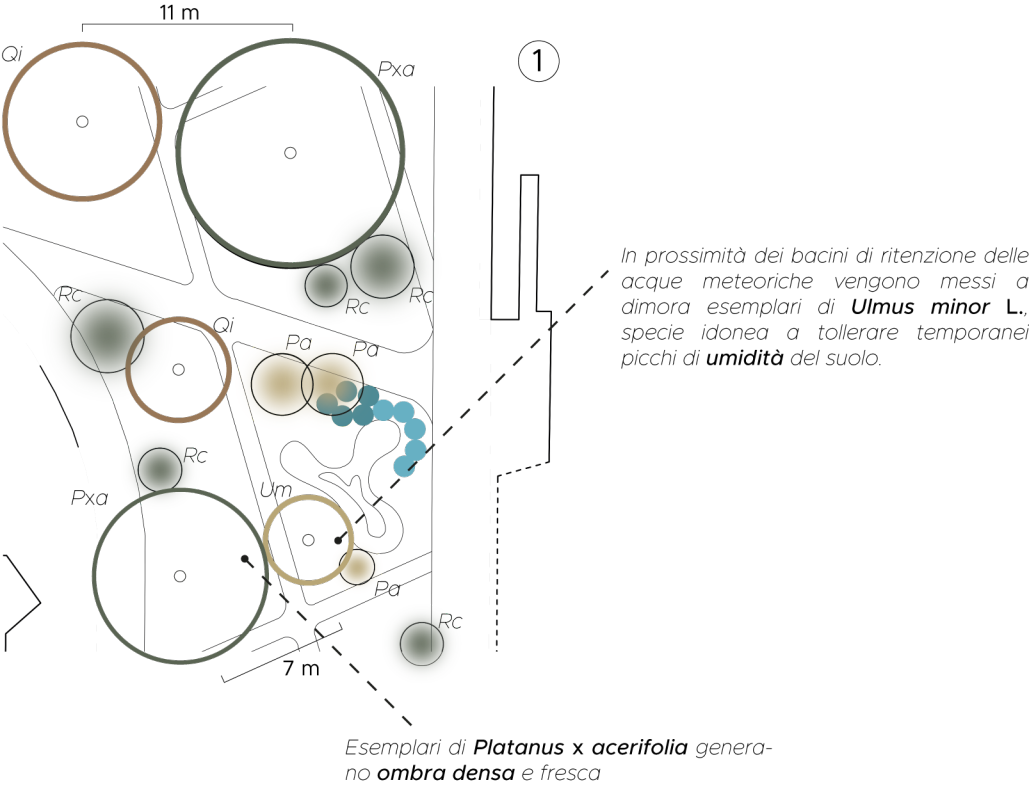


Elaborazione propria, Tav. 06

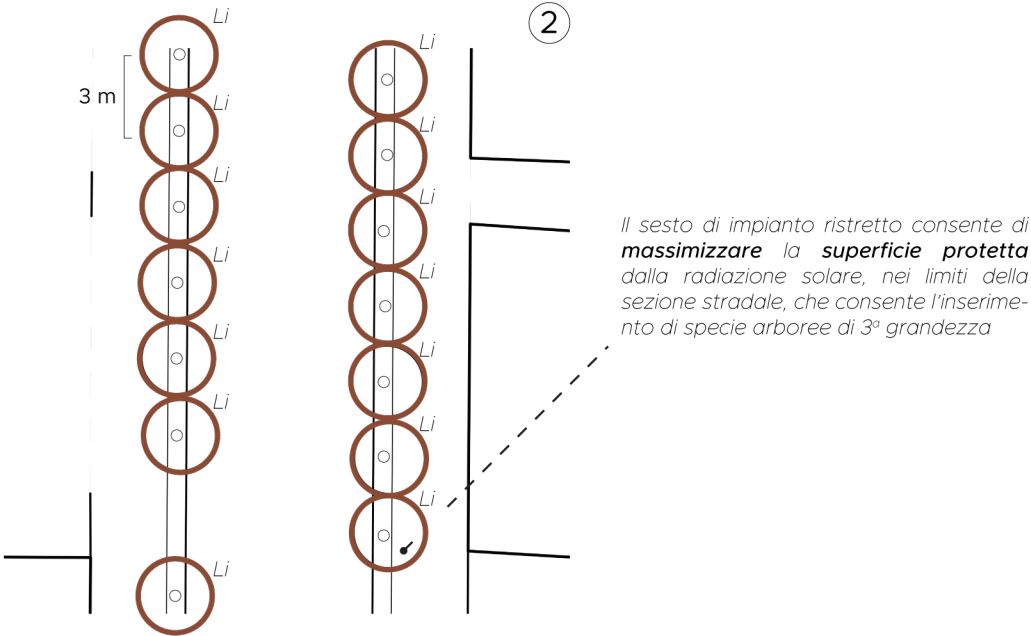
7.5 SESTI DI IMPIANTO

I sestì di impianto variano a seconda del contesto di progetto. Nel caso di spazi aperti vegetati, la disposizione è libera e prevede la messa a dimora di specie arboree e arbustive in gruppi, con le seconde che possono trovarsi in prossimità di quelle arboree, al fine di creare un profilo vegetale completo, in grado di mitigare molto efficacemente le temperature. La disposizione libera lascia piccoli spazi aperti definiti dagli elementi vegetali, che hanno lo scopo di variare la percezione di apertura/chiusura dello spazio aperto, fornendo atmosfere sempre diverse. Per quanto riguarda la disposizione a filare, all'interno delle strade, gli esemplari arborei di *Lagerstoremia indica* vengono posti ad una distanza di 3 m al fine di creare un'ombra densa e compatta, ma soprattutto continua lungo l'asse viario, che deve essere il più possibile schermato dagli alberi. In via De Canal, la distanza sulla fila del doppio filare di *Celtis australis* è di 8 m e garantisce invece uno sviluppo espanso della chioma, che se in competizione per la luce determinerebbe il disseccamento di branche, quindi una manutenzione costante per evitare pericolose cadute delle stesse.

NUOVA AREA PEDONALE DEL GIARDINO EMILIA MARIANI

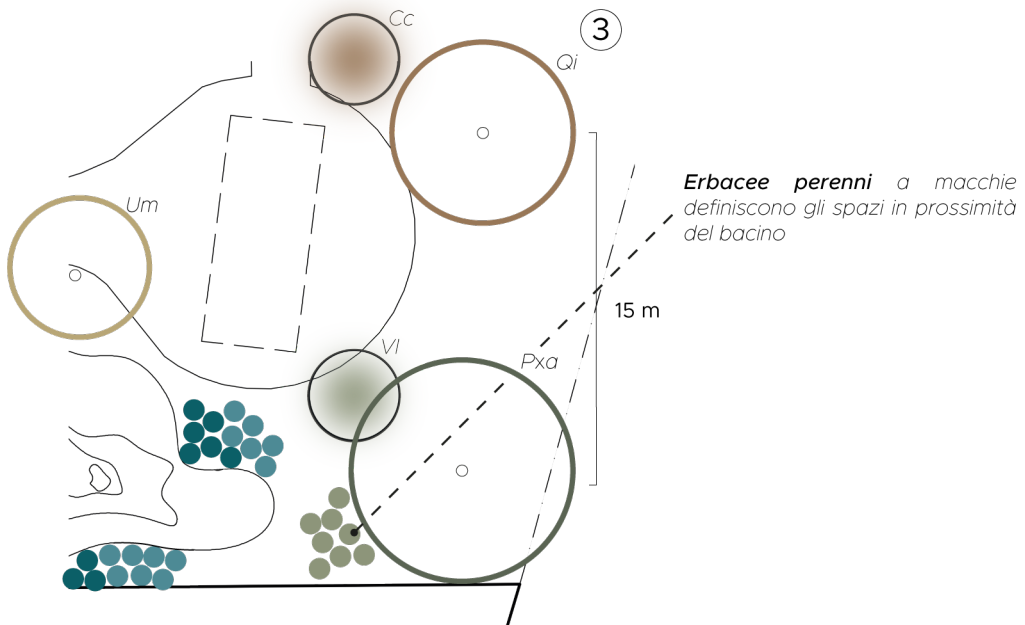


VIA CARLO DEL PRETE

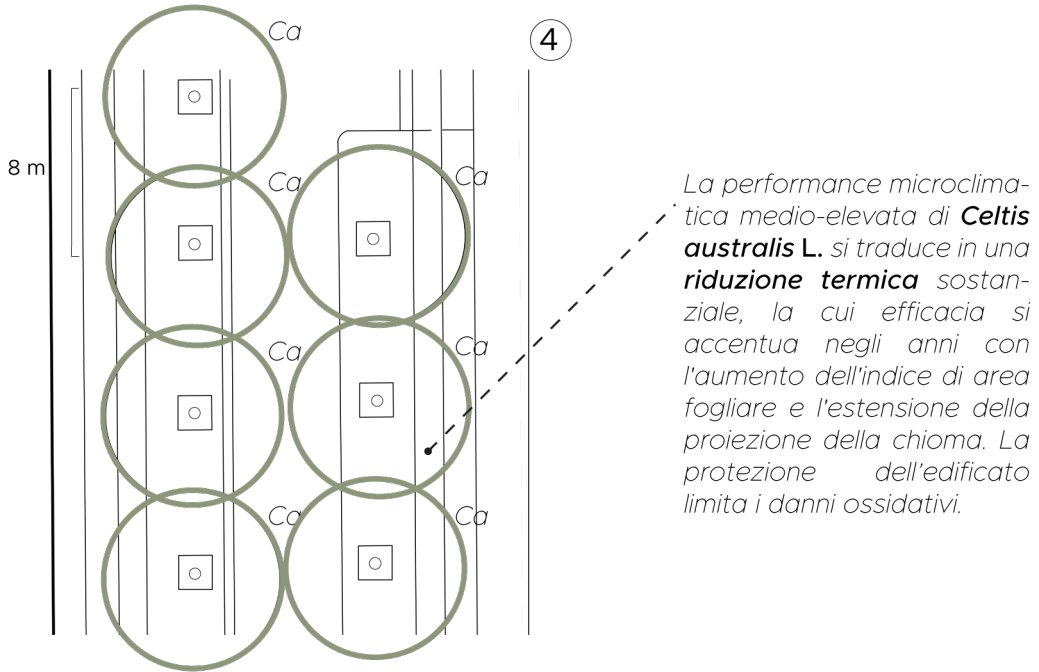


Elaborazione propria, Tav. 06

GIARDINO CARLO MONTÙ



VIA BERNARDO DE CANAL

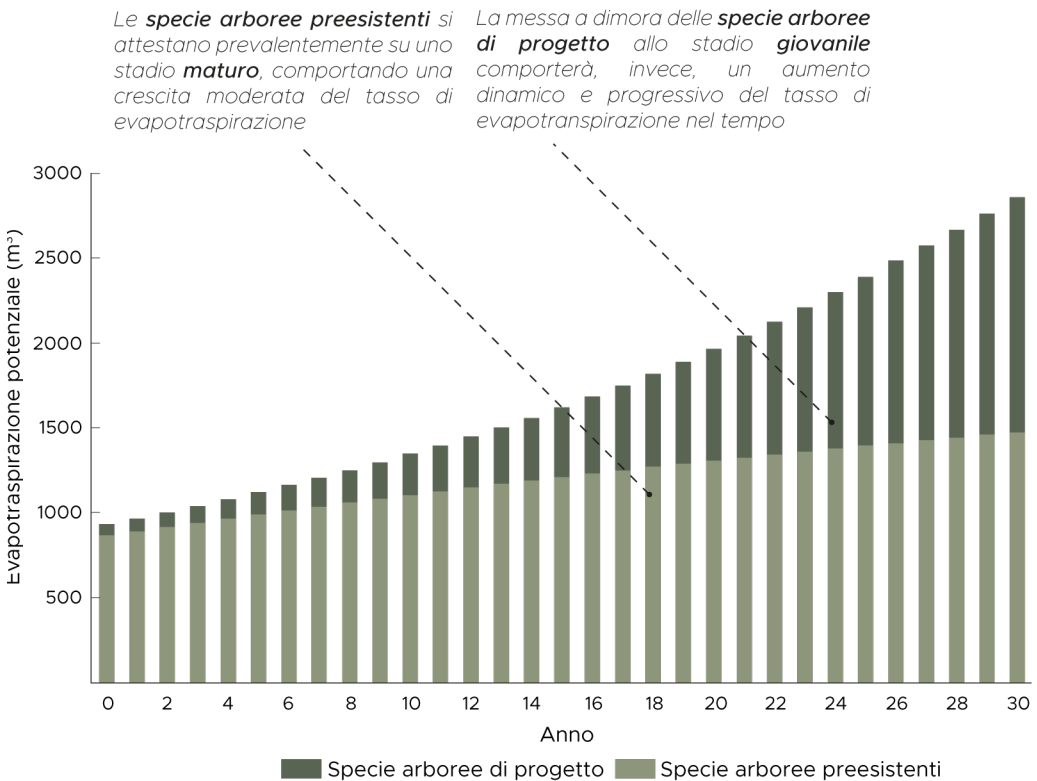


Elaborazione propria, Tav. 06

7.6 MITIGAZIONE MICROCLIMATICA ATTESA

Al termine del progetto si è deciso di quantificare la riduzione di temperatura derivante dalla realizzazione degli interventi, rispetto alla situazione di partenza. Per fare ciò è stato utilizzato il software statunitense i-Tree Eco, che è programmato per quantificare gli effetti ambientali e il valore economico dei servizi ecosistemici che i singoli alberi o i popolamenti vegetali offrono all'interno di un contesto urbano. Il suo funzionamento si basa su un modello scientifico che incrocia i dati biologici della vegetazione con le variabili meteo locali.

Per ottenere i dati relativi alla differenza di temperatura tra lo stato di fatto e lo stato di progetto, è stata quantificata l'evapotraspirazione annuale della componente arborea preesistente e di progetto, in una proiezione di trent'anni.



Elaborazione propria, Tav. 06

Dal grafico è possibile notare come il tasso di evapotraspirazione delle specie di progetto varia in modo molto rapido rispetto a quelle preesistenti. Questo è dovuto al fatto che le specie di progetto vengono poste a dimora ad uno stadio giovanile, quindi si caratterizzano per una fase di crescita iniziale rapida, prima di assestarsi ad uno stadio di maturità. Le specie arboree preesistenti, invece, si trovano nella maggior parte dei casi ad uno stadio di maturità, che determina un tasso di evapotraspirazione già collocabile al plateau della curva di sviluppo.

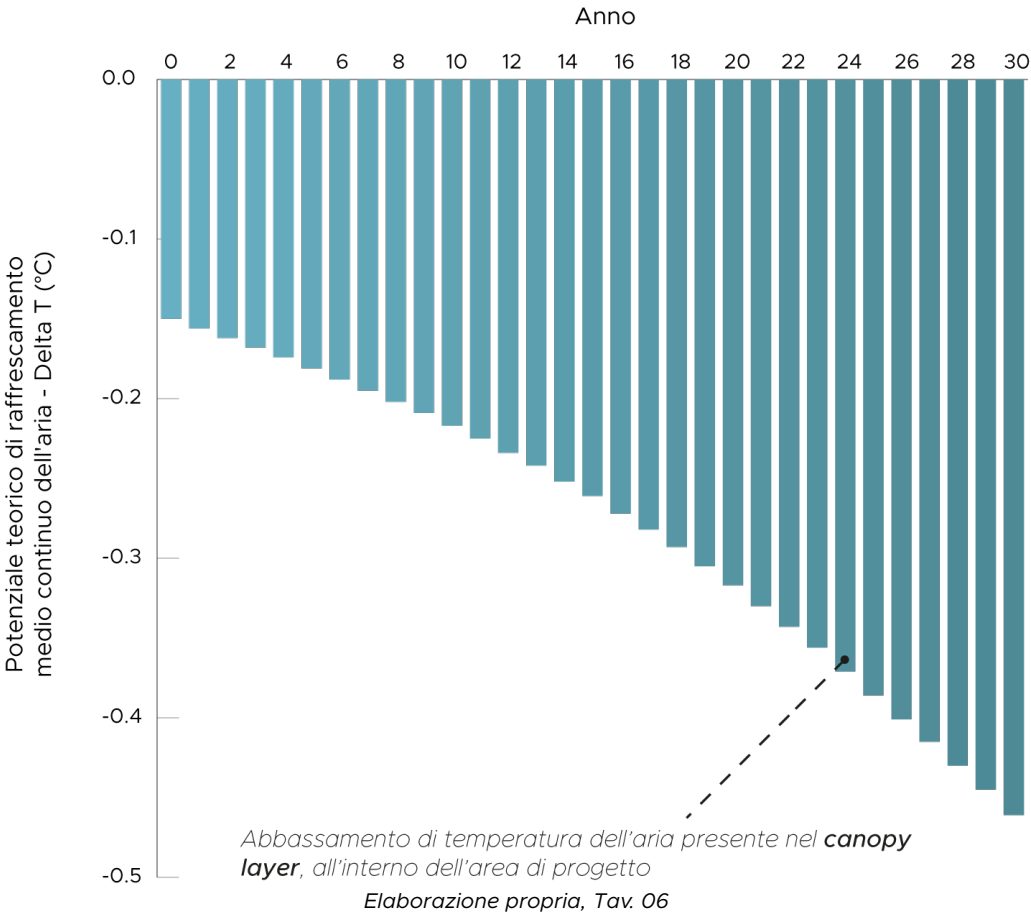
Per ottenere la differenza di temperatura garantita dalla presenza delle specie arboree di progetto è stato calcolato il potenziale teorico di raffrescamento medio continuo dell'aria. Si tratta di un indicatore (°C) che esprime l'abbassamento della temperatura dell'aria che è garantito dall'evapotraspirazione delle specie arboree all'interno di un volume d'aria predefinito, caratterizzato dai flussi di vento medi relativi ad una specifica posizione geografica, in questo caso per la giornata del 14 luglio a Torino (temperature medie).

I dati di partenza e le assunzioni sono:

- Evapotraspirazione annuale di 933,7 m³/anno;
- Numero totale di alberi: 365;
- Superficie totale del sito: 139.090 m² (circa 13,9 ha);
- Altezza di riferimento dell'aria 5 m (canopy layer pedonale);
- Velocità media del vento estivo a Torino: 1,5 m/s.

$$\Delta T = Q / (p * c_p * V_{\text{flusso}}) = - 0,1506 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Questo valore esprime il raffrescamento applicato a un volume importante di aria del canopy layer pedonale (primi 5 m di altezza), in continuo movimento. Al trentesimo anno dal progetto, la riduzione di temperatura del canopy layer si assesta a - 0.5 °C.



Tuttavia, nelle zone d'ombra diretta sotto le chiome, l'effetto percepito di mitigazione sul comfort termico risulta localmente molto più marcato. Per questo motivo si è deciso di calcolare anche la riduzione di temperatura che viene garantita al di sotto delle chiome dagli alberi di progetto, ovvero il Physiological Equivalent Temperature (PET).

In letteratura scientifica^{38,39}, è ampiamente dimostrato che l'infrastruttura verde genera un effetto moltiplicatore: sotto la chioma degli alberi, la riduzione del PET è generalmente da 4 a 10 volte maggiore rispetto alla riduzione della sola temperatura dell'aria nel canopy layer. Questo avviene perché l'albero non si limita a rinfrescare l'aria con l'evapotraspirazione, ma blocca la radiazione solare diretta, abbattendo la temperatura media radiante. Poiché l'indice PET è guidato prevalentemente dai flussi radiativi superficiali oltre che termici, i valori di dell'aria ricavati dal bilancio energetico sono stati integrati per via deduttiva con i coefficienti di attenuazione bioclimatica presenti in letteratura, determinando i seguenti risultati:

Physiological Equivalent Temperature (PET) - Indice di comfort

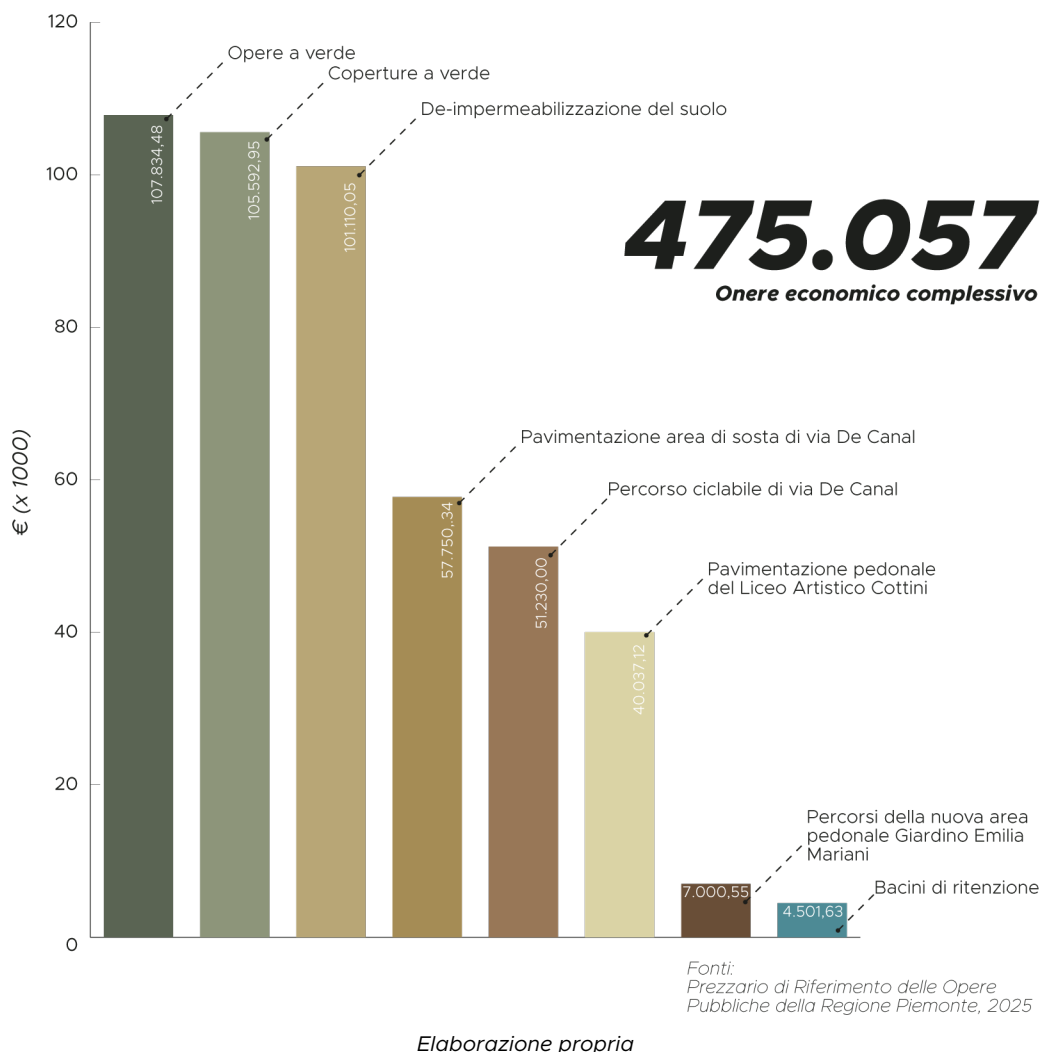
-1.5°C → **-4.0°C**
ANNO 0 ANNO 30

I risultati relativi al potenziale teorico di raffrescamento sottostimano l'impatto reale degli interventi, perché mettono in luce il solo apporto della vegetazione arborea nella mitigazione microclimatica. Tuttavia, il progetto, nella sua interezza, prevede la depavimentazione di ampie aree asfaltate e il ripristino del suolo, ma anche la messa in posa di materiale drenante a sostituzione dell'asfalto, con conseguente riduzione del calore assorbito dalla pavimentazione. Di conseguenza l'effetto positivo reale in termini mitigativi è maggiore rispetto a quello evidenziato dal calcolo del potenziale teorico di raffrescamento.

7.7 COMPUTO ESTIMATIVO

Il computo estimativo costituisce il quadro economico definitivo per la contabilità dei lavori relativi al progetto urbano di mitigazione dell'isola di calore.

Questo elaborato accorpa sia gli interventi di depavimentazione, sia le soluzioni tecnologiche di copertura a verde, ma anche la realizzazione dei bacini di ritenzione e delle opere a verde, che costituiscono il fondamento dell'intero progetto. Il costo totale dell'intero progetto ammonta a 475.057 euro.



Le voci di spesa riguardano:

- **Opere a verde:** € 107.834,48
Rappresenta la voce principale di investimento, focalizzata sul potenziamento del capitale naturale tramite la messa a dimora di specie arboree (circonferenza 16-18 cm), arbusti e la semina di manti erbosi resistenti al calpestio e alla siccità, per massimizzare il raffrescamento evapotraspirativo;
- **Coperture a verde:** € 105.592,95
Include l'intero pacchetto tecnologico conforme alle norme UNI 11235 (feltri filtranti, elementi di accumulo HDPE e substrati minerali alleggeriti) per l'inverdimento estensivo a base di Sedum, strategico per mitigare la temperatura dell'aria locale, coibentando anche l'edificio sul quale viene realizzato;
- **De-impermeabilizzazione:** € 101.110,05

Raggruppa i costi di cantiere per la demolizione e la rimozione meccanica dei manti in asfalto preesistenti e il relativo smaltimento.

- *Pavimentazione dell'area di sosta di via De Canal: € 57.750,00*
Intervento mirato alla sostituzione della pavimentazione preesistente del parcheggio con una pavimentazione drenante in masselli autobloccanti di calcestruzzo a forte capacità filtrante;
- *Percorso Ciclabile di via De Canal: € 51.230,00*
Riduzione delle corsie carrabili a favore dell'introduzione dei percorsi ciclabili tramite l'impiego di materiali ad elevata permeabilità e ridotta albedo;
- *Pavimentazione pedonale del Liceo Artistico Cottini: € 40.037,12*
Inserimento di una pavimentazione in calcestruzzo drenante, idonea a infiltrare acqua a favore delle specie arboree presenti e ad innalzare l'albedo nel cortile del plesso scolastico;
- *Percorsi della nuova area pedonale del Giardino Emilia Mariani: € 7.000,55*
Realizzazione di nuovi percorsi in terra battuta, che garantiscono un'ottima durabilità grazie alla miscelazione di terra locale con leganti ecocompatibili;
- *Bacini di ritenzione: € 4.501,63*
Integrazione di infrastrutture blu, che include lo scavo del fondo dei bacini, lo strato impermeabilizzante in argilla, i manufatti di sfioro e la messa a dimora di specie igrofile per la gestione sostenibile delle acque meteoriche in situ.

-
L'intervento progettuale nella sua interezza è stato pensato per ridurre al minimo i costi, al fine di offrire delle soluzioni attuabili in modo realistico e replicabili altrove. Come è constatabile dal grafico delle spese di progetto, il costo di de-impermeabilizzazione del suolo e in particolare la messa in posa di materiali drenanti rappresenta uno degli investimenti più onerosi di un progetto di mitigazione dell'isola di calore. Si è scelto quindi di limitare la depavimentazione agli spazi aperti che più necessitano di una riqualificazione termica. Tuttavia, con possibilità economiche maggiori, è possibile considerare la de-impermeabilizzazione dell'intero sistema pedonale urbano.

BIBLIOGRAFIA

- ¹ IPCC AR6 *Climate Change Synthesis Report*, 2023.
- ² Eurostat, 2016.
- ³ *World Cities Report* Nazioni Unite, 2024.
- ⁴ IAUC, *The Climate of London*, by Luke Howard, 2007.
- ⁵ Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. A. *Urban climates*. Cambridge university press, 2017.
- ⁶ Van Hove, L., et al. *Exploring the urban heat island intensity of Dutch cities: assessment based on a literature review, recent meteorological observation and datasets provide by hobby meteorologists*, 2011.
- ⁷ Young-Hee Ryu and Jong-Jin Baik, *Quantitative Analysis of Factors Contributing to Urban Heat Island Intensity*, Journal of Applied Meteorology and Climatology, Volume 51, 2011.
- ⁸ Takashi Asaeda, Vu Thanh Ca, Ak Wake, *Heat storage of pavement and its effect on the lower atmosphere*, Department of Civil Engineering, Saitama University, Saitama, Japan, Institute of Technology, Shimizu Corporation, Tokyo, Japan, 1993.
- ⁹ Ao Wang, Xian-Xiang Li, Rui Xin and Lup Wai Chew, *Impact of Anthropogenic Heat on Urban Environment: A Case Study of Singapore with High-Resolution Gridded Data*, 2023.
- ¹⁰ Università degli Studi di Roma "La Sapienza", *Piano Clima Roma, Strategia di adattamento climatico: Atlante delle pavimentazioni che riducono il surriscaldamento estivo nelle aree urbane*, 2025.
- ¹¹ Zhang, H., Arens, E., & Pasut, W. *Air temperature thresholds for indoor comfort and perceived air quality*. Building Research & Information, 39(2), 134–144, 2011.
- ¹² Ministero della salute, *Piano Nazionale di Prevenzione degli effetti del caldo sulla salute e i sistemi di allarme della rete dei servizi medici*, luglio 2019.
- ¹³ Janice Y. Ho et al., *Urban heat island effect-related mortality under extreme heat and non-extreme heat scenarios: A 2010–2019 case study in Hong Kong*, Science of The Total Environment, Volume 858, Part 1 159791, 2023.
- ¹⁴ World Health Organization, *Heat and Health* (www.who.int), Aprile 2026.
- ¹⁵ Xudong Yang et al., *Heat exposure impacts on urban health: A meta-analysis*, Science of the Total Environment 947 174650, 2024.
- ¹⁶ APAT, *Cambiamenti climatici ed eventi estremi. Rischi per la salute in Italia*, rapporto 77/2007.
- ¹⁷ United Nations Environment Programme. *Beating the Heat: A Sustainable Cooling Handbook for Cities*. Nairobi, 2021.
- ¹⁸ International Labour Organization. *Working on a warmer planet. The impact of heat stress on labour productivity and decent work*, 2019.
- ¹⁹ A.P. Behrer, R. J. Park, G. Wagner, C. M. Golja, D.W. Keith, *Heat has larger impacts on labor in poorer areas*, IOP Publishing, 2021.
- ²⁰ International Energy Agency, *The Future of Cooling, opportunities for energy-efficient air conditioning*, 2018.
- ²¹ Cities & Health, Volume 9, 2025 - Issue 5: *Special Issue: Urban environments at the frontline of climate breakdown and health: Planning, design, and management, Urban heat island effect: examining spatial patterns of socio-demographic inequalities in Greater London*, 2025.

- ²² Journal of Public Economics, Kilian Heilmann, Matthew E. Kahn, Cheng Keat Tang, *The Urban Crime and Heat Gradient in High and Low Poverty Areas*, 2021.
- ²³ Carlos Bartesaghi-Koc, Paul Osmond, Alan Petersa, School of Architecture and Built Environment, University of Adelaide, Australia Faculty of Built Environment, University of New South Wales (UNSW), Sydney, Australia, Landscape and Urban Planning 203, Elsevier, *Quantifying the seasonal cooling capacity of 'green infrastructure types' (GITs): An approach to assess and mitigate surface urban heat island in Sydney*, Australia, 2020.
- ²⁴ International Bank for Reconstruction and Developmentworld, World Bank Group, *A catalogue of Nature-Based Solutions for urban resilience*, 2021.
- ²⁵ Raffaele Bonsignori, Giulio Senes, Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali, Università degli Studi di Milano, Sustainable drainage systems, *Soluzioni progettuali tipo di infrastrutture verdi per la gestione delle acque meteoriche*, 2022.
- ²⁶ Sitao Li et al. *Ameliorating canopy urban heat island in block level: A holistic investigation into the radius, form, and typologies*, Building and Environment 282 113281, 2025.
- ²⁷ United Nations Environment Programme. *Beating the Heat: A Sustainable Cooling Handbook for Cities*. Nairobi, 2021.
- ²⁸ Chengliang Fan, Jie Chen, Peng Yu, MDPI, Buildings, *Feedback Effects of Air-Conditioning Anthropogenic Heat on Cooling Energy Consumption in Residential Buildings: A CFD-EnergyPlus Co-Simulation Study*, 2026.
- ²⁹ Muneer, T., Kolhe, M. L., Doyle, A., Elsevier, *Electric Vehicles: Prospects and Challenges*, 2017
- ³⁰ Pucher J., Buehler R., Sgm F., Transport Reviews, *Making Cycling Irresistible: Lessons from The Netherlands, Denmark and Germany*, 2008.
- ³¹ www.museotorino.it – *Cascine a Torino*
- ³² www.museotorino.it – *Ex ospedale militare Riberi*
- ³³ www.museotorino.it – *Ex Piazza d'Armi, ora Parco Cavalieri di Vittorio Veneto*
- ³⁴ www.museotorino.it – *Chiesa di Santa Rita da Cascia*
- ³⁵ Paola Di Biagi, *La Città pubblica, Edilizia sociale e riqualificazione urbana a Torino*, Umberto Allemandi & C, 2008.
- ³⁶ www.censimentoarchitetturecontemporanee.cultura.gov.it
- ³⁷ Katia Perini, Chiara Calise, Paola Castellari, Enrica Roccoliello. *Microclimatic and Environmental Improvement in a Mediterranean City through the Regeneration of an Area with Nature-Based Solutions: A Case Study*. MDPI, Sustainability, 2022.
- ³⁸ Santamouris M., *Solar energy, Cooling the cities—a review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments*, 2014.
- ³⁹ Matzarakis, A., Mayer, H., & Iziomon, M. G. International Journal of Biometeorology, *Applications of a universal thermal index for physiological equivalent temperature*, 1999.

ICONOGRAFIA

Fig.1 www.arpa.piemonte.it

Fig.2 IPCC AR6 Climate Change Synthesis Report, 2023

Fig.3 EEA Report No 12, Urban adaptation in Europe: how cities and towns respond to climate change, 2020

Fig.4 www.ansa.it

Fig.5 The Climate of London, by Luke Howard, IAUC, 2007.

Fig.6 www.thefriend.org

Fig.7 Elaborazione propria

Fig.8 Elaborazione propria

Fig.9 Elaborazione propria

Fig.10 Elaborazione propria

Fig. 11 Piano Nazionale di Prevenzione degli effetti del caldo sulla salute e i sistemi di allarme della rete dei servizi medici, Ministero della salute, luglio 2019.

Fig.12 Cambiamenti climatici ed eventi estremi. Rischi per la salute in Italia, APAT Rapporto 77/2007

Fig.13 ILO, Working on a warmer planet. The impact of heat stress on labour productivity and decent work, 2019.

Fig.14 Elaborazione propria

Fig.15 www.lifebeware.eu

Fig.16 www.modular.london

Fig.17 www.salirporbarcelona.com

Fig.18 www.zinco-italia.it

Fig.19 www.holcimelevate.com

Fig.20 www.cleanprofis.ch

Fig.21 www.edilportale.com

Fig.22 www.artofit.org