Morfologia Urbana e Microclima

Il caso studio del quartiere Regio Parco a Torino

Tesi di Laurea Magistrale

Federico Calorio

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Architettura per il Progetto Sostenibile
A.a. 2020/2021
Sessione di Dicembre 2021

Morfologia Urbana e Microclima

Il caso studio del quartiere Regio Parco a Torino

Relatore:
Riccardo Pollo

Co-relatore:
Matteo Trane

Candidato:
Federico Calorio

Ringrazio tutti coloro che mi hanno sostenuto durante l'intero percorso.

Ringrazio la mia famiglia e i rapporti più cari,
che, nonostante tutto, mi sono sempre stati accanto.

Un ringraziamento speciale ai miei nonni,
che hanno sempre creduto in me.

Glossario

Definizioni chiave

Glossario

Geometria Canyon Urbano

Rapporto altezza - larghezza (H/W)

Il rapporto altezza-larghezza è un parametro adimensionale, utilizzato come indicatore della morfologia dei cosiddetti "canyon stradali", vale a dire degli spazi urbani definiti da cortine edilizie continue. È definito dal rapporto tra l'altezza di un fronte edilizio (H) e la sua distanza dal fronte contrapposto (W), entro un intervallo di valori solitamente compreso tra 0 e 3+, ma che può raggiungere anche valori più elevati in relazione a specifiche caratteristiche dei tessuti urbani (Losasso, Lucarelli, Rigillo & Valente, 2020).

Fattore di vista del cielo (SVF)

Il fattore di vista del cielo è un parametro adimensionale che restituisce, con valori compresi tra 0 e 1, il grado di esposizione di una superficie alla volta celeste, ovvero la porzione di cielo visibile da un determinato punto al livello del terreno. Tale fattore è influenzato dalle componenti del tessuto urbano, dagli elementi di arredo stradale e dalla presenza o meno di alberi: valori prossimi a 1 corrispondono ad un'ampia porzione visibile, valori vicini allo 0 indicano una visione del cielo limitata (Losasso, Lucarelli, Rigillo & Valente, 2020).

Orientamento dell'asse dei canyon (Θ)

L'orientamento dell'asse dei canyon rappresenta la direzione dello spazio allungato, misurata (in gradi) come l'angolo tra una linea che corre da nord a sud e l'asse principale nella direzione della lunghezza della strada o altro spazio lineare, misurato in senso orario. Spesso l'orientamento dell'asse del canyon è semplicemente descritto dalla direzione cardinale più vicina (es. N-S, E-O) o diagonale (NO-SE, NE-SO), (Erell, Pearlmutter & Williamson, 2011).

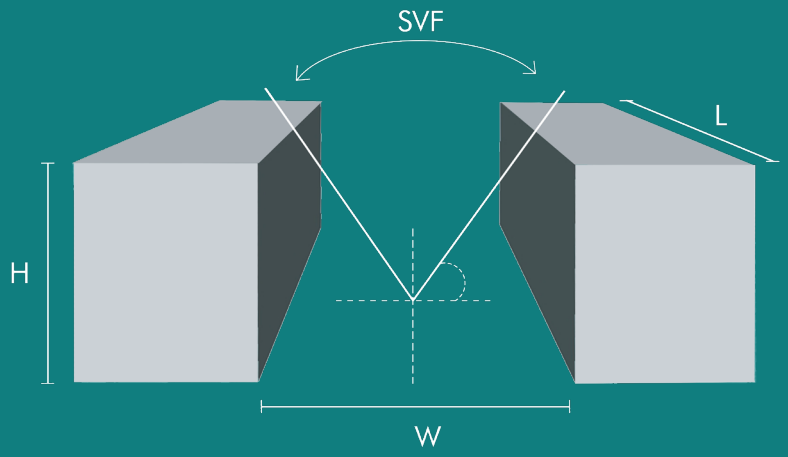


Fig. 1 *Immagine prospettica schematica rappresentativa della geometria di un canyon urbano simmetrico.*

Microclima

Microclima urbano

Il mircoclima rappresenta il clima di uno spazio molto piccolo, che differisce da quello della zona circostante. Le condizioni microclimatiche come la temperatura dell'aria, il flusso del vento e l'equilibrio della radiazione all'interno di un'area, che può variare in

Fig. 1 *L'immagine è stata elaborata a partire da uno schema analogo all'interno del libro: "Urban Microclimate. Designing the Spaces Between Buildings", pag. 19.*

dimensioni da pochi centimetri a diversi chilometri, sono influenzati dalla natura fisica delle immediate vicinanze e dal clima della regione circostante. (Erell, Pearlmutter & Williamson, 2011).

Isola di Calore Urbana (UHI)

L'isola di calore urbana rappresenta la differenza di temperatura osservata tra una città e le aree rurali circostanti, per cui se vengono tracciate le isoterme per l'area in questione, la città appare come una serie di linee concentriche e chiuse di temperatura crescente verso il centro (Erell, Pearlmutter & Williamson, 2011).

Ondata di Calore

L'ondata di calore è definita come un periodo di tempo di almeno cinque giorni di caldo eccezionale e possibilmente umido, durante il quale la temperatura massima media viene superata di almeno 5 °C (Losasso, Lucarelli, Rigillo & Valente, 2020).

Temperatura media radiante (TMR)

La temperatura media radiante è definita come la temperatura media ponderata in base all'area delle superfici che circondano un oggetto (Erell, Pearlmutter & Williamson, 2011).

Albedo

L'albedo è un indice che è in grado di misurare, in maniera adimen-

sionale, ovvero privo di unità di misura, la quantità e la qualità di energia solare incidente che viene riflessa da una superficie.
Il valore di albedo è compreso nell'intervallo tra 0 e 1, dove 1 è il più alto valore di riflettanza ed indica un corpo capace di riflettere tutta l'energia incidente (superficie bianca), mentre lo 0 rappresenta il più alto valore di assorbimento della radiazione solare (superficie nera) (Losasso, Lucarelli, Rigillo & Valente, 2020).

Frazione vegetale

La frazione vegetale è una misura dello spazio verde all'interno delle città. Quantifica il rapporto tra l'area orizzontale coperta dalla vegetazione e l'area orizzontale totale (Erell, Pearlmutter & Williamson, 2011).

Indice di area fogliare (LAI)

L'indice di area fogliare rappresenta il rapporto tra la superficie totale delle foglie di un albero (unilaterale nelle specie a foglia larga e l'area proiettata nelle chiome degli aghi) e l'area della chioma proiettata sul terreno (Erell, Pearlmutter & Williamson, 2011).

Indice di vegetazione a differenza normalizzata (NDVI)

L'indice di vegetazione a differenza normalizzata (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index) permette di caratterizzare la presenza, il vigore, gli stadi fenologici e la condizione di stress (fitopatologie, stress idrici, ecc.) della vegetazione, essendo correlato alla struttura anatomica delle foglie, alla loro forma e densità e con-

centrazione dei pigmenti chimici (Erell, Pearlmutter & Williamson, 2011).

Nature-Based Solution

Con il termine Nature Based Solution (NBS) l'Unione Europea identifica soluzioni che mirano: «ad aiutare la società ad affrontare una varietà di sfide ambientali, sociali ed economiche in modo sostenibile. Sono azioni ispirate, supportate o copiate dalla natura; sia utilizzando che migliorando le soluzioni esistenti alle sfide, nonché esplorando soluzioni più innovative, ad esempio, imitando il modo in cui gli organismi e le comunità non umane affrontano gli estremi ambientali. Le soluzioni basate sulla natura utilizzano le caratteristiche e i complessi processi della natura, come la sua capacità di immagazzinare carbonio e regolare i flussi d'acqua, al fine di ottenere i risultati desiderati, come la riduzione del rischio di catastrofi e un ambiente che migliora il benessere umano e una crescita verde socialmente inclusiva» (Losasso, Lucarelli, Rigillo & Valente, 2020).

Temperatura Fisiologica Equivalente (PET)

L'indicatore di Temperatura Fisiologica Equivalente (PET - Physiological Equivalent Temperature) ha l'obiettivo di rappresentare in modo unico e intuitivo le condizioni di comfort in un ambiente esterno. La necessità di ricorrere ad un parametro diverso della semplice temperatura deriva dal fatto che la reale percezione termica dipende da un ampio numero di fattori che includono parametri oggettivi, come la temperatura radiante, la velocità dell'aria e la pressione vapore, ma anche parametri soggettivi quali l'attività fisica e il tipo di abbigliamento indossato (Losasso, Lucarelli, Rigillo & Valente, 2020).

Superficie Coperta (SC)

La Superficie Coperta è l'area, misurata in metri quadrati [mq], della proiezione sul piano orizzontale del massimo ingombro della costruzione emergente dal terreno, delimitata dalle superfici esterne delle pareti perimetrali, o in loro mancanza, dai piani verticali circoscritti alle strutture portanti, compresi tutti i vani, i volumi e gli spazi praticabili o agibili quali "bow window" e sporti continui, logge e loggiati, compresi i vani chiusi o semiaperti di scale ed ascensori, dei porticati e di eventuali locali tecnologici ed altre analoghe strutture[1].

Superficie Fondiaria (SF)

La Superficie Fondiaria (SF) è la superficie reale di una porzione di territorio destinata all'uso edificatorio che è costituita dalla superficie territoriale al netto delle aree per dotazioni territoriali ivi comprese quelle esistenti. Essa è da intendersi quale area del terreno, asservita o asservibile alle costruzioni realizzate o realizzabili, al netto delle superfici destinate dagli strumenti urbanistici generali ed esecutivi alle urbanizzazioni primarie, secondarie e indotte o comunque quelle rientranti nella dotazione di servizi pubblici prevista per legge o dal PRG[1].

Indice di Copertura (IC)

L'indice di Copertura si esprime in percentuale (%) e rappresenta il rapporto tra la superficie coperta edificata e/o edificabile e la super-

1. *NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE (NTA) del comune di Torino su: http://www-portale-coto.territorio.csi.it/web/sites/default/files/mediafiles/7.2_appendice_alle_nta.pdf, consultate il 03/06/2021.*

2. *REGOLAMENTO EDILIZIO della città di Torino su: http://www.comune.torino.it/regolamenti/381/381.htm#art009, consultato il 03/06/2021.*

ficie fondiaria (IC = SC/SF)[2].

Superficie Permeabile (SP)

La Superficie Permeabile è la porzione di superficie territoriale o fondiaria priva di pavimentazione o di altri manufatti permanenti, entro o fuori terra, che impediscano alle acque meteoriche di raggiungere naturalmente la falda acquifera[2].

Indice di Permeabilità (IPT o IPF)

L'Indice di Permeabilità territoriale e l'indice di permeabilità fondiaria si esprimono in percentuale (%) e rappresentano la percentuale di superficie permeabile rispetto alla superficie territoriale o fondiaria (IPT=SP/ST o IPF=SP/SF)[2].

INDICE

Glossario 8

Abstract 20

Ambito e obiettivi 24

Introduzione 30

1. Background scientifico

1.1 Sustainable Development Goals 34
1.1.1 Sustainable cities and communities 34
1.1.2 Climate action 35
1.2 Isola di Calore Urbana 38
1.3 Adattamento 40
1.4 Resilienza 42
1.5 Mitigazione 44
1.6 Principali strategie di adattamento e mitigazione 45
1.6.1 Vegetazione 45
1.6.2 Acqua 48
1.6.3 Superfici riflettenti 48
1.6.4 Superfici permeabili 49
1.6.5 Superfici porose 50
1.7 Morfologia urbana: influenza sul microclima urbano 52
1.7.1 Geometria urbana 52
1.7.2 Rapporto dei canyon urbani 53
1.7.3 Orientamento dell'asse stradale 54
1.7.4 Fattore di vista del cielo 55
1.7.5 Frazione di vegetazione 56

2. Best practices

2.1.Casi Studio progetti realizzati
2.1.1 Parco Gavoglio 60
2.1.1 Ferrovia Ordener-Poissonniers 66
2.1.1 Il cortile del futuro 72
2.1.1 Piazzale Loreto 78
2.1.1 Science & Innovation Park 84
2.2. Casi Studio progetti di ricerca
2.2.1 Via Sammartini 90
2.2.2 Ex Mercati Generali 93
2.2.3 Quartieri sostenibili 96
2.2.4 Quartiere di Primavalle 100
2.2.5 Cortili urbani nei Paesi Bassi 103

3. Caso studio

3.1 Torino: inquadramento
3.1.1 Inquadramento geografico-storico 104 110
3.1.2 Popolazione 112
3.1.3 Clima 114
3.1.4 Qualità dell'aria 115
3.1.5 Il sistema del verde 116
3.1.6 Vulnerabilità climatica 117
3.1.7 Consumo di suolo 118
3.2. Torino: il quartiere Regio Parco
3.2.1 Circoscrizione VI e il quartiere Regio Parco 122
3.2.2 Infrastrutture 124
3.2.3 Aree e corridoi verdi 128
3.2.4 Aree verdi 130

3.2.5 Servizi 131
3.2.6 Analisi sulla densità edilizia 136
3.2.7 Individuazione dei lotti 142
3.2.8 Area 1 148
3.2.9 Area 2 158
3.2.10 Area 3 168
3.2.11 Area 4 180

4. Analisi microclimatica

4.1 Processo di modellazione 194
4.1.1 Modellazione 194
4.1.2 Simulazione 196
4.1.3 Risultati 197
4.2 Output 199
4.2.1 Temperatura dell'aria 202
4.2.2 Temperatura superficiale 206
4.2.3 Velocità del vento 210
4.2.4 PET 214
4.2.5 Sezioni urbane 218

5. Visione progettuale

5.1 Scelta dell'area d'intervento 224
5.2 Visione progettuale 226
5.3 Criticità dell'area 228
5.4 Obiettivi progettuali 229
5.5 Strategie progettuali 230
5.6 Schemi sulle strategie adottate 232
5.7 Masterplan 236
5.8 Sezione A-A 238

5.9 Sezione B-B 240
5.10 Assonometria della visione progettuale 242
5.11 Viste della visione progettuale 244

Conclusione 256

Bibliografia 260

Sitografia 264

Allegati 272

Abstract

La ricerca indaga alcuni tessuti morfologici urbani torinesi, facenti parte della zona nord di Torino, precisamente nel distretto di Regio Parco, situato in prossimità del fiume Po e di alcune delle principali infrastrutture verdi. L'area è caratterizzata da una diffusa presenza di edifici residenziali pubblici, caratterizzati da diversa tipologia di sviluppo degli insediamenti: compatti e cortili semi-compatti, case a schiera ed edifici in linea. L'obiettivo risulta identificare tessuti morfologici "tipo" che possano favorire a Torino un migliore comfort termico esterno nel periodo estivo, confrontando il loro impatto sul microclima in un contesto specifico.

La ricerca di tesi si articola in differenti fasi metodologiche, consequenziali tra di loro, in seguito ad una prima revisione della letteratura ed esperienze nel panorama Europeo. La prima fase coincide con il "background scientifico", ovvero la revisione della letteratura come approfondimento teorico sulla scelta tematica di cui la tesi tratta. Sempre in questa fase sono riportate alcune best practices riguardo a casi studio di progetti realizzati negli ultimi anni sui temi di rigenerazione di aree e parchi urbani con particolare attenzione a strategie di adattamento e mitigazione ai cambiamenti climatici, e best practices di progetti di ricerca, dove si riportano progetti teorici, analisi condotte con l'utilizzo del software ENVI-met, ecc. La seconda fase riguarda l'analisi del caso studio. Questa scala di dettaglio parte da alcune informazioni sulla città d'intervento: Torino. Dopo averla localizzata e brevemente inquadrata da un punto di vista storico/sociale, viene analizzata la popolazione residente e il suo evolversi nel corso degli ultimi anni, il clima e gli effetti del cambiamento climatico che sta subendo e la qualità dell'aria nelle diverse aree della città. Scendendo di scala si passa all'individuazione della Circoscrizione VI e del suo distretto di Regio Parco, su cui insistono le aree specifiche oggetto di analisi che vengono approfondite sia da un punto di vista territoriale, sia da un punto di vista storico. A

questo punto sono stati individuati quattro lotti, con differenti morfologie urbane ma comparabili grazie alle medesime condizioni al contorno (condizioni microclimatiche e territoriali analoghe). Nella terza fase i quattro lotti, approfonditi nel dettaglio, sono stati modellati sul software di Fluidodinamica Computazionale ENVI-met, in modo da poter ottenere risultati valutabili e confrontabili sul loro comportamento microclimatico esterno in condizioni "estreme". L'output dei modelli delle quattro aree ha evidenziato caratteristiche microclimatiche a volte peculiari rispetto al contesto di analisi, al tipo morfologico, alla quantità e qualità di verde verticale e orizzontale. Inoltre, gli output hanno evidenziato la morfologia più sfavorevole, la quale sarà scelta come base nella quarta fase. Qui si riprendono i risultati ottenuti nella fase di simulazione (fase 3) e si sviluppa una visione progettuale volta a migliorare il comfort microclimatico dell'area con le prestazioni peggiori. L'intervento mira a ricucire la città, a lungo tagliata in due dall'ex sedime ferroviario, promuovendo una "città dei 15 minuti", incentivando la mobilità sostenibile attraverso percorsi verdi, piste ciclabili e corsie riservate ai mezzi pubblici. Si punta a realizzare un "corridoio verde", con diverse funzioni lungo il suo percorso, il quale avrà anche il compito di mitigare il microclima urbano localmente.

Parole chiave:

Microclima urbano, Rigenerazione urbana, Mitigazione climatica, Adattamento, Comfort termico esterno, Morfologia urbana, ENVI-met.

Abstract

The research investigates some Turin urban morphological fabrics, which are part of the northern area of Turin, precisely in the Regio Parco district, located near the Po river and some of the main green infrastructures. The area is characterized by a widespread presence of public residential buildings, characterized by different types of development of settlements: compact and semi-compact courtyards, terraced houses, and in-line buildings. The goal is to identify morphological fabrics "type" that can promote better external thermal comfort in Turin during the summer, by comparing their impact on the microclimate in a specific context. The thesis research is divided into different methodological phases, consequential to each other, following a first review of the literature and experiences in the European panorama. The first phase coincides with the "scientific background", that is the study of literature as a theoretical study on the thematic choice of which the thesis deals. Also in this phase, some best practices are reported regarding case studies of projects carried out in recent years on the themes of regeneration of urban areas and parks with particular attention to adaptation and mitigation strategies to climate change, and best practices of research projects, where there are theoretical projects, analyzes conducted with the use of the ENVI-met software, etc. The second phase concerns the analysis of the case study. This scale of detail starts with some information on the city of intervention: Turin. After having localized it and briefly framed it from a historical / social point of view, the resident population and its evolution over the last few years, the climate and the effects of climate change it is undergoing and the quality of the air in the different areas of the city. Going down the scale of detail, we move on to the identification of Circumscription VI and its Regio Parco district, on which the specific areas subject to analysis insist which are deepened both from a territorial point of view and from a historical point of view.

At this point, four plots have been identified, with different urban morphologies but comparable thanks to the same boundary conditions (similar microclimatic and territorial conditions). In the third phase, the four plots, detailed in depth, were modeled on the Computational Fluid Dynamics software ENVI-met, in order to obtain evaluable and comparable numerical results on their external microclimatic behavior in "extreme" conditions. The output of the models of the four areas highlighted microclimatic characteristics that are sometimes peculiar to the context of analysis, the morphological type, the quantity and quality of vertical and horizontal greenery. Furthermore, the output highlighted the most unfavorable morphology, which will be chosen as the basis in the fourth phase. Here the results obtained in the simulation phase (phase 3) are resumed and a design vision is developed aimed at improving the microclimatic comfort of the area with the worst performance. The intervention aims to mend the city, cut in two by the former railway site for a long time, promoting a "city of 15 minutes", encouraging sustainable mobility through green paths, cycle paths and lanes reserved for public transport. The aim is to create a "green corridor", with different functions along its path, which will also have the task of mitigating the urban microclimate locally.

Keywords:

Urban microclimate, Urban regeneration, Climate mitigation, Adaptation, External thermal comfort, Urban morphology, ENVI-met.

Ambito e obiettivi

L'ambito della ricerca risulta l'indagine morfologica di alcuni tessuti urbani, all'interno della zona nord di Torino, precisamente nel distretto di Regio Parco, situato in prossimità del fiume Po e di alcune delle principali infrastrutture verdi. L'area è caratterizzata da una diffusa presenza di edifici residenziali pubblici, facenti parte della gestione dell'ATC (Agenzia Territoriale per la Casa del Piemonte Centrale), caratterizzati da diversa tipologia di sviluppo degli insediamenti: compatti e cortili semi-compatti, case a schiera e edifici in linea. L'**obiettivo** è quello di identificare tessuti morfologici "tipo" che possano favorire a Torino un migliore comfort termico esterno nel periodo estivo, confrontando il loro impatto sul microclima in un contesto specifico. Tale ricerca si propone di identificare delle prestazioni di comfort termico dei diversi spazi pubblici per uno sviluppo urbano futuro sostenibile. A tal fine, quattro modelli di Fluidodinamica Computazionale (CFD) sono stati impostati in ambiente **ENVI-met** secondo quattro diversi tessuti urbani, risalenti a diverse età e tipologie edilizie. Il software analizza il sistema locale tenendo conto degli effetti della vegetazione sull'atmosfera, sulle radiazioni e sul suolo (Todeschi, Beltramino, El Jamous & Mutani, 2021). Il processo di modellazione riguarda la morfologia degli edifici, le caratteristiche superficiali orizzontali, la quantità e la qualità del verde. In particolare, le principali banche dati utilizzate per la realizzazione dei modelli 3D sono state le ortofoto (morfologia urbana) e il dettagliato Sistema Informativo Georeferenziato (GIS) del Comune (es. altezza edificio, specie arboree).

Di contro, dal **confronto tra i risultati** delle simulazioni è possibile individuare il lotto con le caratteristiche microclimatiche peggiori. Tale realtà, meno performante per quanto riguarda la qualità ambientale, verrà approfondita attraverso una visione progettuale, intervenendo attraverso azioni combinate di adattamento e mitigazione.

Struttura

La ricerca di tesi si articola in differenti fasi metodologiche, consequenziali tra di loro, le quali partono da un'ampia revisione della letteratura nel panorama Europeo (per poter confrontare studi e progetti di aree con caratteristiche microclimatiche e latitudini simili), passando all'analisi approfondita dei casi studio e al loro calcolo microclimatico tramite il software ENVI-met, fino alla realizzazione di un masterplan di visione progettuale, condotto sull'area meno performante. Le fasi possono essere suddivise in quattro macro-temi, descritti in seguito.

La **prima fase** coincide con il "background scientifico", ovvero la revisione della letteratura come approfondimento teorico sulla scelta tematica di cui la tesi tratta. Questo approccio parte dalla ricerca di articoli che rispondono a due domande chiave di introduzione al tema, la prima è la principale, mentre la seconda una sotto-domanda:

- Quale tipologia di tessuto morfologico favorisce una qualità ambientale migliore nel contesto urbano torinese?
- Come migliorare il contesto urbano e morfologico in cui questa qualità non risulta così elevata ai fini dell'adattamento e della mitigazione?

Sulla base di queste due domande la letteratura scientifica è risultata necessaria per poter ottenere alcune risposte. L'approccio di ricerca è partito dalla scelta consapevole di alcuni database, riviste italiane e inglesi, e motori di ricerca autorevoli come: Scopus, Science Direct, Google Scolar, TECHNE (Journal of Technology for Architecture and Environment), ecc.
È stato necessario definire le **parole chiave** per ogni sotto-domanda, partendo dal campo di applicazione, passando agli obiettivi della ricerca, arrivando alla scala (quartiere, edificio, all'interno o all'esterno, ecc.). L'incremento del numero di parole chiave porta ad una

riduzione della selezione di articoli. Particolare attenzione è stata posta nello scegliere gli articoli più citati e più recenti, in generale successivi al 2015.
Alcune sequenze di parole chiave utilizzate sono state:

- Thermal comfort AND Mortphologies OR Urban form AND Outdoor;
- Thermal comfort AND Local climate condition AND Urban AND Outdoor;
- Outdoor thermal comfort AND Urban forms AND PET OR ENVI-met;
- Urban Heat Island AND Mitigation technologies AND Urban vegetation;
- Urban heat island AND Thermal comfort OR Temperature AND Vegetation.

Oltre alle stringhe di ricerca è stato molto utile consultare le bibliografie e le citazioni degli articoli selezionati per approfondire alcuni temi trattai e trovare nuovi spunti.
Dalla ricerca è emerso una notevole quantità di informazioni e casi studio riguardanti il tema del microclima urbano, dell'adattamento e della mitigazione, meno ricerca, invece, è stata attualmente condotta sull'accostamento tra microclima urbano e morfologia urbana. Sempre in questa fase sono riportate alcune "best practices" riguardo a casi studio di progetti realizzati negli ultimi anni sui temi di rigenerazione di aree e parchi urbani con particolare attenzione a strategie di adattamento e mitigazione ai cambiamenti climatici, e casi studio di progetti di ricerca, dove si trovano progetti teorici, analisi condotte con l'utilizzo del software ENVI-met, ecc.

La **seconda fase** riguarda l'analisi del caso studio, partendo dal generale per poi arrivare al particolare. Questa scala di dettaglio parte da alcune informazioni sulla città di Torino. Dopo averla brevemente inquadrata da un punto di vista storico/sociale, viene analizzata la popolazione residente e il suo evolversi nel corso degli anni, il clima e il cambiamento climatico che sta subendo e la qualità dell'aria nelle diverse aree della città, grazie al confronto tra i dati delle stazioni meteorologiche forniti dall'Arpa della regione Piemonte.

Ancora, si analizza da un punto di vista dell'intera città il sistema del verde, per poi arrivare alla sua vulnerabilità climatica e al consumo di suolo, partendo dal livello regionale fino ad arrivare a quello comunale.
Scendendo di scala si passa all'individuazione della Circoscrizione VI e del suo distretto di Regio Parco, su cui insistono le aree specifiche oggetto di analisi che vengono approfondite sia da un punto di vista territoriale, sia da un punto di vista storico. A questo livello vengono individuate le principali infrastrutture, le aree e i corridoi verdi presenti.
Un ulteriore approfondimento arriva ad indagare il sistema del verde pubblico e privato a livello di quartiere, dei servizi presenti (tipologie di edifici, attività commerciali), della densità edilizia, ecc.
A questo punto sono stati individuati quattro lotti, differenti tra di loro ma comparabili per condizioni al contorno, orientamenti e tipologie costruttive. L'approfondimento è sia qualitativo, con cenni di carattere storico-evolutivo del lotto e con indicazioni sulla morfologia degli edifici, sia di natura quantitativa, con le caratteristiche superficiali orizzontali (indice di permeabilità, indice di copertura), la quantità e la qualità del verde orizzontale e verticale.

La **terza fase** riporta l'utilizzo del software **ENVI-met**. I quattro lotti, approfonditi nel dettaglio, sono stati modellati sul software di Fluidodinamica Computazionale, in modo da poter ottenere risultati numerici valutabili e confrontabili sul comportamento microclimatico degli spazi esterni in condizioni "estreme" (al fine del calcolo viene utilizzato il giorno più caldo del 2019). Il processo di modellazione e simulazione è descritto in modo dettagliato, con indicazione dei vari input e procedimenti eseguiti.
I **risultati** di tale processo sono espressi in termini di Temperatura Potenziale dell'Aria [°C], Temperature Superficiali [°C], Temperatura Fisiologica Equivalente (PET) [°C] e Velocità del Vento [m/s], tutti in grado di descrivere le condizioni termiche degli spazi aperti. Sono stati analizzati in diverse fasce orarie (09:00, 12:00, 15:00, 18:00), al fine di determinare l'andamento dei valori in una giornata estiva particolarmente calda.

L'output dei modelli delle quattro aree ha evidenziato **caratteristiche microclimatiche** significative, portando alla luce la tipologia morfologica con le condizioni più favorevoli in questo determinato contesto e con queste determinate caratteristiche morfologiche. Inoltre, l'output ha evidenziato la morfologia più sfavorevole, la quale sarà presa come base per un intervento progettuale microclimatico.

La **quarta fase**, infine, riprende i risultati ottenuti nella fase di simulazione (fase 3) e sviluppa una visione progettuale volta a migliorare il comfort microclimatico nell'area con le prestazioni peggiori. L'area critica individuata (Area 1) è caratterizzata da corti semi-compatte e ha già subito un processo di riqualificazione interna attraverso interventi di restauro delle facciate, rifacimento delle coperture, introduzione di ascensori per edifici con più di tre piani e la riprogettazione dei cortili e delle rispettive aree verdi. Per questo motivo la progettazione dei nuovi interventi per la mitigazione si è spostata principalmente sull'area circostante, sulle vie perimetrali dei lotti. Inoltre, si approfitta del fatto che l'ex sedime ferroviario, compreso tra le vie Gottardo e Sempione, verrà sfruttato per il passaggio della linea 2 della metropolitana. L'**obiettivo** è quello d'intervenire ricucendo la città, a lungo tagliata in due dallo scalo, accorciando le distanze, promuovendo l'accessibilità nella logistica delle "città dei 15 minuti"[1], incentivando la mobilità sostenibile attraverso percorsi verdi, piste ciclabili e corsie riservate ai mezzi pubblici. Si punta a realizzare un "corridoio verde", con diverse funzioni lungo il suo percorso, il quale avrà anche il compito di mitigare il microclima urbano localmente. Tale tratto metropolitano ripensato sarà un affondo metodologico, riproducibile e scalabile, uno spunto per potenziare l'infrastruttura verde e blu, evitando di realizzare l'ennesimo tratto viario asfaltato, poco sfruttabile e riqualificante.
Il **processo progettuale** parte dalla definizione delle criticità legate alla zona d'intervento per poi sviluppare gli obiettivi da raggiungere per potenziare l'area e di conseguenza le relative strategie di intervento per arrivare a tali obiettivi, il tutto riassunto da schemi e assonometrie per comunicare al meglio le scelte progettuali. In seguito,

1. *Il primo a introdurre il concetto di città dei 15 minuti è stato il professore franco-colombiano Carlos Moreno, docente alla Sorbona di Parigi, proponendo una nuova concezione dell'idea di prossimità all'interno delle città, orientata allo sviluppo sostenibile. Secondo la sua teoria, in contesto urbano, il lavoro, i negozi, l'assistenza sanitaria, l'istruzione, il benessere, la cultura, lo shopping e il divertimento dovrebbero essere idealmente tutti raggiungibili entro quindici minuti da casa propria, a piedi o in bicicletta. L' Obiettivo è quello di influire positivamente sul ritmo di vita nelle città (Rasero, 2020).*

un Masterplan di visione dell'area riassumerà i concetti messi in gioco e sarà accompagnato da sezioni territoriali che rappresentano lo stato di fatto e di progetto e affondi progettuali, tramite viste assonometriche.

Introduzione

Secondo le Nazioni Unite (ONU), il 66% della popolazione mondiale vivrà in comunità metropolitane entro il 2050, mentre si prevede che l'86% di esse si concentrerà nelle regioni metropolitane rispetto a quelle rurali. L'aumento delle temperature e l'aumento dell'urbanizzazione sono tendenze che fanno sì che le città svolgano un ruolo importante nella lotta al cambiamento climatico (Todeschi, Beltramino, El Jamous & Mutani, 2021).
Un gran numero di prove scientifiche mostra che il sistema climatico mondiale sta diventando più caldo. La temperatura media dell'aria superficiale globale aumenterà da 0,3 a 4,8 °C entro l'anno 2100, a seconda dello scenario di emissioni specifico e del modello climatico (Lai, Liu, Gan, Liu & Chen, 2019).
Mitigare gli effetti del cambiamento climatico è fondamentale per ridurre al minimo il verificarsi dei rischi associati. Adattarsi a questa nuova era climatica è importante per la sopravvivenza della vita sul pianeta terra (Tunji-Olayeni, Omuh, Afolabi, Ojelabi, & Eshofonie, 2019). L'azione combinata di mitigazione e adattamento, pur se non sempre perseguite in simbiosi, risulta essere la risposta più efficace, al livello micro-urbano così come al livello territoriale, rispetto ai repentini e violenti cambiamenti indotti dal climate change.
In una certa misura, possiamo considerare le azioni di adattamento come espressione locale di strategie globali di mitigazione. La riduzione delle emissioni climalteranti può essere resa possibile solamente attraverso la riduzione dei rischi per la salute e il miglioramento della qualità ambientale.

Obiettivo della ricerca è quello di analizzare scientificamente, dal punto di vista della qualità ambientale, i benefici e i limiti della forma urbana in un contesto consolidato, quale quello torinese. La classificazione del tessuto urbano in "forme-tipo" potrà essere effettuata solo a seguito di un'approfondita analisi storica, morfolo-

gica, evolutiva. Si tratta, in altre parole, di individuare potenzialità e criticità del tessuto in relazione a rapporti di forma, attributi materici, caratteristiche costitutive. Tale analisi è condotta su un totale di quattro aree, collocate nel distretto di Regio Parco, all'interno della Circoscrizione VI di Torino, corrispondente alla zona più a nord della città. Il fine è individuare quale alternativa possa essere considerata la più adatta per la mitigazione delle cause del cambiamento climatico nel contesto urbano torinese. Di contro, ci si sofferma sulla mitigazione del contesto peggiore evidenziato dalla simulazione condotta, in cui la morfologia del costruito non agevola la qualità ambientale outdoor, con ripercussioni negative e in termini di mitigazione e utilizzo degli spazi. Per il confronto si considerano condizioni microclimatiche al contorno e territoriali analoghe, mentre la variabile risulta la forma urbana. Questo consente di indagare l'influenza del tessuto morfologico urbano sul microclima.
L'analisi climatica outdoor verrà eseguita mediante il software ENVI-met nel giorno più caldo dell'anno (27 giugno 2019 con una temperatura dell'aria massima di 38,4 °C). La modellazione delle quattro aree consentirà di simulare la temperatura dell'aria esterna [°C], la temperatura superficiale [°C], la velocità del vento [m/s] e la PET [°C] (Physiological Equivalent Temperature), in diverse fasce orarie. Dal confronto delle simulazioni effettuate in diversi output orari la scelta d'intervento è ricaduta sull'area con le peggiori performance: "l'area 1" di via Giorgio Ghedini. Approfittando della linea metropolitana 2, che passerà a fianco del lotto, si coglie l'opportunità di agire con il duplice scopo di mitigare il microclima urbano nell'immediato intorno e realizzare un affondo sul tracciato metropolitano, uno spunto progettuale scalabile e riproducibile lungo tutto il suo sviluppo. Inoltre, il progetto si propone di potenziare l'infrastruttura verde e blu e ricollegare le due sponde, ricucendo la città.

1. Background scientifico

1.1 Sustainable Development Goals

1.1.1 Sustainable cities and communities

1.1.2 Climate action

1.2 Isola di Calore Urbana

1.3 Adattamento

1.4 Resilienza

1.5 Mitigazione

1.6 Principali misure di adattamento e mitigazione

1.6.1 Vegetazione

1.6.2 Acqua

1.6.3 Superfici riflettenti

1.6.4 Superfici permeabili

1.6.5 Superfici porose

1.7 Morfologia urbana:influenza sul microclima urbano

1.7.1 Geometria urbana

1.7.2 Rapporto altezza-larghezza (H/W)

1.7.3 Orientamento dell'asse stradale

1.7.4 Fattore di vista del cielo (SVF)

1.7.5 Frazione di vegetazione

Sustainable Development Goals

1.1

L'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile, adottata da tutti gli Stati membri delle Nazioni Unite nel 2015, fornisce un progetto condiviso per la pace e la prosperità per le persone e il pianeta, ora e in futuro. Al centro ci sono i 17 obiettivi di sviluppo sostenibile (SDGs), che sono un appello urgente all'azione di tutti i paesi - sviluppati e in via di sviluppo - in una partnership globale.
Questa serie di 17 obiettivi immagina un futuro, a soli 15 anni di distanza, liberato dalla povertà e dalla fame e al sicuro dai peggiori effetti del cambiamento climatico.
Gli SDGs sono integrati, ovvero riconoscono che l'azione in un'area influenzerà i risultati in altre e che lo sviluppo deve bilanciare la sostenibilità sociale, economica e ambientale. Attraverso l'impegno a non lasciare indietro nessuno, i paesi si sono impegnati a velocizzare i progressi per quelli più arretrati[1].

Gli obiettivi che questa tesi tocca e si propone di raggiungere sono principalmente 2: "sustainable cities and communities" e "climate action", che corrispondono rispettivamente all'undicesimo e il tredicesimo "goal".

1.1.1 Sustainable cities and communities

L'**obiettivo** numero **undici**, "sustainable cities and communities", mira a rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resilienti e sostenibili. Il mondo sta diventando sempre più urbanizzato. Dal 2007, più della metà della popolazione mondiale vive nelle città e si prevede che tale quota salirà al 60% entro il 2030. Le città e le aree metropolitane sono centrali di crescita economica, contribuendo per circa il 60 per cento del PIL globale. Tuttavia, rappresentano

1. *Fonte: United Nations, https://unric.org/en/united-nations-sustainable-development-goals/, consultato il 16.09.2021*

2. *Fonte: Istat. Rapporto sdgs 2021, https://www.istat.it/it/archivio/260102, consultato il 16.09.2021*

anche circa il 70% delle emissioni globali di carbonio e oltre il 60% dell'uso delle risorse. La rapida urbanizzazione sta causando un numero crescente di abitanti delle baraccopoli, infrastrutture e servizi inadeguati e sovraccarichi, il peggioramento dell'inquinamento atmosferico e l'espansione urbana non pianificata[1].

La situazione in **Italia** non è delle migliori e registra forti squilibri: più di un quarto dei residenti reputa insoddisfacente la qualità delle abitazioni in cui vivono. Nel 2019, il numero delle persone che vivono in abitazioni sovraffollate continua ad aumentare, raggiungendo il 28,3%, la percentuale più alta registrata negli ultimi 10 anni. Tre famiglie su dieci (30,2%) dichiarano, nel 2020, di avere molta o abbastanza difficoltà di collegamento con i mezzi pubblici di trasporto nella zona in cui risiedono, in calo rispetto all'anno precedente (33,5%), (Istat 2021)[2].

Obiettivo undici: Sustainable cities and communities

1.1.2 Climate action

L'**obiettivo** numero **tredici**, "climate action", è volto ad intraprendere azioni urgenti per combattere il cambiamento climatico e i suoi impatti. Il 2019 è stato il secondo anno più caldo mai registrato che giunge alla fine del decennio più caldo (2010-2019) mai registrato. I livelli di anidride carbonica (CO2) e altri gas serra nell'atmosfera hanno raggiunto nuovi record nel 2019. L'accordo di Parigi, adottato nel 2015, mira a rafforzare la risposta globale alla minaccia del cambiamento climatico cercando di mantenere l'aumento della temperatura globale in questo secolo ben al di sotto dei 2 gradi Celsius rispetto ai livelli preindustriali. L'accordo mira anche a rafforzare la capacità dei paesi di affrontare gli impatti dei cambiamenti climatici, attraverso adeguati flussi finanziari, un nuovo quadro tecnologico e un quadro rafforzato di sviluppo delle capacità[1].

Obiettivo tredici: Climate Action

In **Italia**, nel 2019, diminuiscono le emissioni di gas serra (-2,8% rispetto all'anno precedente), confermando la tendenza al disac-

coppiamento tra dinamica delle emissioni delle attività produttive e andamento del Pil.

Nel 2019, le anomalie di temperatura media sulla terraferma registrano, rispetto ai valori climatologici medi del periodo 1961-1990, un incremento di 1,28°C a livello globale e di 1,56°C in Italia. Nel 2020 sono esposti in aree a rischio di alluvioni 22,57 abitanti per km^2.

La superficie forestale (boscata e non boscata) percorsa dal fuoco è pari a 1,2 per 1.000 km^2 nel 2019, con valori più elevati nel Mezzogiorno. Nello stesso anno la preoccupazione delle famiglie per i cambiamenti climatici diminuisce di un punto percentuale, attestandosi al 70% (63,3% nel 2012) (Istat 2021)[2].

Isola di Calore Urbana

1.2

Nelle zone densamente urbanizzate le temperature sono più elevate rispetto a quelle esterne, sia di giorno che di notte: tale condizione è chiamata Isola di Calore Urbana (UHI). L'intensità dell'isola di calore supera i 10 K in molte città, a seconda delle proprietà urbane e delle condizioni climatiche locali (Jamei, Rajagopalan, Seyedmahmoudian, & Jamei, 2016). Questo fenomeno è la conseguenza di diversi fattori tra cui: una riduzione della vegetazione che porta a una minore evapotraspirazione, una maggiore prevalenza di superfici scure con bassa albedo e una maggiore produzione di calore di origine antropica (Fig.1). Si deduce, quindi, che l'urbanizzazione è la causa principale dell'isola di calore urbana. Anche le condizioni atmosferiche e geografiche regionali sono una determinante chiave dell'effetto dell'UHI e della sua intensità nelle città. L'effetto è significativamente influenzato dalle caratteristiche geografiche, dalle condizioni climatiche e dalle variazioni stagionali della particolare posizione di una città. Inoltre, l'ora del giorno influenza notevolmente l'intensità dell'UHI (Mohajerani, Bakaric, & Jeffrey-Bailey, 2017).
L'isola di calore urbana aumenta il consumo di energia per il raffrescamento e la domanda di picco di energia elettrica durante il periodo estivo, aumenta la concentrazione di inquinanti secondari nocivi come l'ozono troposferico e i Composti Organici Volatili (COV), aumenta le emissioni di CO_2 nell'atmosfera, peggiora il comfort termico interno ed esterno durante i periodi caldi, influisce sulle condizioni di salute e aumenta la mortalità (Akbari & Kolokotsa, 2016).

Le isole di calore urbane possono essere osservate sia in superficie (isole di calore superficiali) sia nell'atmosfera all'interno e al di sopra della città (isole di calore atmosferiche). Quest'ultimo tipo può essere suddiviso in "canopy-layer" e "boundary-layer".
L'isola di calore "**superficiale**" (SHI) si forma quando la tempera-

tura delle superfici urbane è maggiore di quella delle superfici rurali (naturali) circostanti. Questo tipo di isola di calore è comune dove la città è circondata da terreno umido o da aree con vegetazione, in quanto queste aree tendono ad essere più fresche delle superfici urbane impermeabili e secche (Erell, Pearlmutter & Williamson, 2011).

L'isola di calore del "**canopy-layer**" (CLHI) si osserva nello strato d'aria più vicino alle superfici all'interno delle città, estendendosi verso l'alto, approssimativamente fino all'altezza media degli edifici. Questo fenomeno si osserva tipicamente di notte in condizioni atmosferiche stabili (Erell, et al. 2011).

L'isola di calore del "**boundary-layer**" (BLHI), infine, forma una cupola di aria più calda che si estende sottovento. Può avere uno spessore di un chilometro o più durante il giorno, mentre si riduce a centinaia di metri o meno durante la notte. Il vento cambia spesso la forma a cupola in una a pennacchio (Erell, et al. 2011).

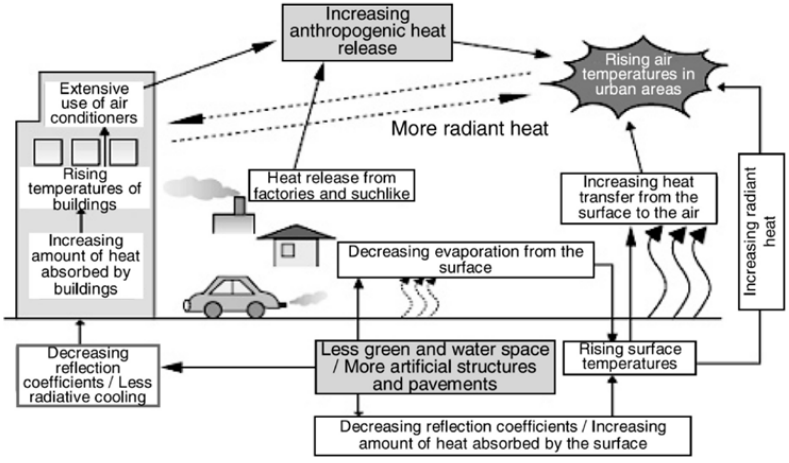


Fig. 1 *Fenomeno dell'Isola di Calore Urbana: le sue origini.*

Per controbilanciare gli impatti del riscaldamento urbano è necessario adottare strategie di mitigazione e adattamento, le quali, tuttavia, sono strettamente interrelate poiché molte azioni di adattamento contribuiscono e costituiscono presupposti della mitigazione (Pollo, Biolchini, Squillacioti, & Bono, 2020).

Fig. 1. *Fonte immagini: Mohajerani, A., Bakaric, J. & Jeffrey-Bailey, T. (2017), "The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete". Journal of Environmental Management, volume 197, p. 529, disponibile su: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.095 consultato il 7 aprile 2021.*

Adattamento

1.3

Con il termine "adattamento" si intende la regolazione nei sistemi umani o naturali agli stimoli o ai loro effetti (attuali o previsti / prevedibili) provenienti dal cambiamento climatico in atto, con l'obiettivo di moderarne i danni o sfruttarne i benefici (Pollo & Trane, 2021).
Le strategie di adattamento si concentrano sugli effetti climatici secondari per evitare effetti terziari. Ad esempio: l'aumento delle precipitazioni abbondanti (effetto primario) può portare a un surplus d'acqua nelle zone più basse (effetto secondario), che a sua volta porta a strade allagate (effetto terziario) (Kleerekoper, 2016).
Gli sforzi di adattamento devono incorporare azioni "flessibili" per far fronte ai mutevoli rischi e incertezze climatiche. Lo stesso processo di adattamento deve essere flessibile e lasciare spazio a revisioni in corso, monitoraggio dei risultati e potenziali azioni di adeguamento, incorporando il requisito essenziale della flessibilità nella progettazione architettonica, ambientale, urbana, dei trasporti e di tutte le altre tipologie di infrastrutture (Bologna, Losasso, Mussinelli & Tucci, 2021).
Le modalità di intervento alla scala locale dovrebbero essere capaci di consentire un adattamento complessivo che contempli misure tecnologiche, misure basate sull'equilibrio degli ecosistemi e misure che promuovano cambiamenti comportamentali e di stili di vita alla luce delle nuove condizioni ambientali. Tali misure risultano necessarie per contrastare i principali effetti dei fenomeni climatici (ondata di calore, piogge intense, siccità, tempeste di vento) e dei fattori inquinanti nell'atmosfera.
Le misure possono coincidere con la previsione di infrastrutture verdi e blu, azioni di greening urbano e di water management, unitamente al controllo della radiazione solare e alla ventilazione naturale degli spazi urbani, le quali inducono una riduzione degli inquinanti e la presenza di spazi maggiormente dilatati e articolati per contenere la concentrazione sociale (Losasso, Verde, 2020).

Ridurre gli spostamenti fisici, limitando l'uso intenso e in orari concentrati dei trasporti pubblici, disincentivando l'uso di quei mezzi di trasporto privati che determinano inquinamento, diventa fondamentale per ridurre i possibili rischi per la salute. Questi modelli potrebbero indurre una modifica dei comportamenti e di organizzazione del lavoro e delle attività di tempo libero. Gli obiettivi di decongestionamento, de-intensificazione, policentralità, autosufficienza, offerta di servizi ecosistemici, si ritrovano per esempio, nelle proposte attuate per una riconversione della città di Parigi in una "ville du quart d'heur", ovvero una "**15-minute city**" proposta da Carlos Moreno. Lo scopo è quello di intervenire sugli spazi urbani, decentralizzando i servizi e fornendo più opzioni per camminare e utilizzare mezzi di trasporto green individuali come la bicicletta, in modo da poter raggiungere luoghi di lavoro, attività ricreative, spazi verdi e piccole imprese in un tempo limitato (Losasso, Verde, 2020).
Il **patrimonio costruito** potrebbe, inoltre, essere **riconvertito** tramite interventi alla piccola scala che implementano gli spazi di pertinenza o all'aperto come estensione dell'alloggio.
Le nuove esperienze progettuali evidenziano la necessità di approccio al progetto urbano affrontando contemporaneamente i diversi aspetti che la combinazione dei rischi ambientali e delle vulnerabilità che caratterizzano i sistemi urbani ha reso evidenti, in modo da permettere un adattamento adeguato alle esigenze dell'attuale scenario di multirischio ambientale. L'adattamento richiede una riorganizzazione delle conoscenze rispetto alle tematiche ambientali e alle loro implicazioni sul progetto di architettura (Losasso, Verde, 2020).

La domanda che ci si pone potrebbe essere: "come le misure di adattamento climatico si relazionano a uno specifico contesto urbano e come applicarle?". Esiste una grande varietà di tipologie e forme urbane e le misure di progettazione hanno un impatto diverso per ognuna di queste. Ad esempio, è difficile regolare il clima locale all'interno di un'area densamente edificata con un ampio sistema di verde e acqua a causa del ridotto spazio a disposizione, invece, risulta molto più semplice in un quartiere più ampio (Kleerekoper, 2016).

Resilienza

1.4

Strettamente collegato al concetto dell'adattamento vi è quello della resilienza, il quale ha acquisito una particolare importanza per le città, spesso teorizzate come sistemi adattivi altamente complessi derivanti dall'interazione di diversi sottosistemi: fisico, funzionale e socio-economico (Losasso, Lucarelli, Rigillo, Valente, 2020).
Il cambiamento climatico, accentuato dall'elevato tasso di crescita urbana dell'ultimo secolo e dal conseguente aumento di produzione di gas serra, richiede capacità di "sviluppo resiliente", ovvero di uno sviluppo basato, oltre che su azioni di mitigazione, su codici di adattamento per rispondere in maniera veloce e flessibile agli shock e stress derivanti dalle mutevoli esigenze ambientali, sociali ed economiche. Trasformare gli insediamenti urbani e le infrastrutture in sistemi resilienti è un obiettivo prioritario e trasversale dei Sustainable Development Goals (Marrone, Orsini, 2018).
La resilienza di territori, città ed edifici rappresenta la nuova sfida nell'attuale società del rischio, in una condizione hazard-specific e site-specific in cui è necessario coniugare progettualità e innovazione in riferimento alle capacità adattive, reattive e rigenerative volte a minimizzare gli impatti e le vulnerabilità derivanti da eventi estremi (Losasso, Lucarelli, Rigillo, Valente, 2020).
Produrre resilienza territoriale e urbana, vuol dire considerare l'equilibrio ambientale come riferimento (quali-quantitativo) primario per la pianificazione, da preservare agendo direttamente sul metabolismo[3], attraverso un progetto capace di gestire i flussi di rifiuti, per minimizzarne la produzione, sostenerne la riduzione e il riciclo, rigenerare il territorio, sullo sfondo dei concetti di economia circolare (Russo, 2018).
La capacità di **resilienza e adattamento ai mutamenti macroclimatici** e ai loro impatti microambientali implica la riduzione della vulnerabilità dei sistemi urbani agli eventi atmosferici estremi, l'aumento della capacità di adattamento degli edifici e degli spazi

3. *Per definire e valutare le interazioni tra società, città e ambiente, il metabolismo viene inteso come sistema complesso di trasformazione e scambio tra ambiente antropico, naturale e strutture economiche. In questa prospettiva, metabolismo, diviene una nozione articolata per la pianificazione urbanistica, riferita al "controllo" e alla "modificazione", come azioni finalizzate a incrementare la resilienza della città (Russo, 2018).*

aperti, l'impiego dei criteri bioclimatici, l'incremento di sicurezza e di comfort ambientale.
La **resilienza e l'adattamento** ai problemi legati alla progressiva limitatezza e **non rinnovabilità delle risorse naturali** investe la capacità dell'ambiente costruito di reagire all'evolversi dell'impoverimento ecologico e del capitale naturale, del depauperamento delle risorse materiche e fisiche e della minaccia energetica, con le sue inefficienze e la non rinnovabilità delle sue fonti, a scapito, alla lunga, anche della qualità della vita (Tucci, 2018).

Le opzioni possibili di **azione "green"** per interventi volti ad innalzare le capacità di resilienza, mitigazione e adattamento dell'ambiente costruito possono essere classificate in tre principali categorie:

- Azioni strategiche strutturali "**grigie**", ovvero categorie di interventi "fisici" nell'ambiente costruito che siano basate su servizi di progettazione tecnologica per realizzare operazioni di *deep renovation* di edifici e infrastrutture (Tucci, 2018).

- Azioni strategiche infrastrutturali "**verdi**", cioè categorie di interventi "biofisici"' nell'ambiente costruito che aiutino ad incrementare la resilienza degli ecosistemi e che, pur puntando ad arrestare la perdita di biodiversità e il degrado degli ecosistemi e a ripristinare i cicli dell'acqua, utilizzino allo stesso tempo le funzioni, i servizi e le risorse offerti dagli ecosistemi per realizzare soluzioni di resilienza e di adattamento più efficaci sotto il profilo economico (Tucci, 2018).

- Azioni strategiche non strutturali "**soft**", ovvero la definizione e l'applicazione di politiche e procedure sull'ambiente costruito, di divulgazione delle informazioni e di incentivi di *Green Economy* volti a ridurre o a prevenire la vulnerabilità, non solo degli elementi urbani oggetto di un intervento d'impronta "grigia" o "verde", ma dell'intero sistema sia ai mutamenti ambientali (cambiamenti climatici) che ai problemi cronici (scarsità delle risorse) (Tucci, 2018).

Mitigazione

1.5

Il termine mitigazione, che nel linguaggio corrente identifica l'insieme di strategie con cui si riducono i rischi di qualunque attività ed azione, può essere definito come «la riduzione del rischio tramite riduzione della probabilità e/o impatto di un pericolo e/o vulnerabilità della società» La **mitigazione** è spesso associata a differenti **tematiche** quali: l'innovazione tecnologica; il riscaldamento globale; la salute; la vulnerabilità fisica dei sistemi. Il rapporto con il cambiamento climatico può essere definito come «un intervento dell'uomo per ridurre le fonti di gas serra e/o aumentarne l'assorbimento, per diminuirne le concentrazioni in atmosfera» (Losasso, Lucarelli, Rigillo & Valente, 2020).

Nell'ambito di un quadro delle **politiche climatiche ed energetiche**, l'UE ha fissato un obiettivo vincolante, a breve termine, per ridurre le emissioni nel territorio dell'UE entro il 2030 a livelli almeno del 40 % inferiori a quelli del 1990. Inoltre, mira a ridurre le proprie emissioni di gas a effetto serra dell'80-95% entro il 2050 rispetto ai livelli del 1990 e ciascuno dei suoi Stati membri fissa e persegue obiettivi nazionali di riduzione delle emissioni[4]. Le principali **fonti di gas a effetto serra** generati dall'uomo risultano: la combustione di carburanti fossili per la produzione di energia, di beni e per il trasporto; l'agricoltura e i cambiamenti nelle destinazioni del suolo; le discariche; l'uso di gas fluorurati industriali. L'**evoluzione del termine** "mitigazione", tuttavia, ha inglobato tutte le tematiche elencate in precedenza. La correlazione tra cambiamenti climatici, sviluppo socio-economico, emissioni di gas serra, impatti e vulnerabilità nei vari settori è molto stretta (Losasso, Lucarelli, Rigillo & Valente, 2020). La mitigazione, quindi, è una strategia globale, che va attuata attraverso accordi e politiche internazionali, in grado di ridurre una grande percentuale degli impatti dei cambiamenti climatici che altrimenti si verificherebbero (IPCC 2014). Attuare strategie efficaci di mitigazione richiede cambiamenti radicali nella sfera socio-economica.

4. *Fonte: European Environment Agency, https://www.eea.europa.eu/themes, consultato il 20.09.2021*

1.6 Principali strategie di adattamento e mitigazione

1.6.1 Vegetazione

La vegetazione raffredda l'ambiente per evaporazione e traspirazione (evapotraspirazione) e per ombreggiamento limitando l'assorbimento della radiazione a onde corte da parte delle superfici. La vegetazione ha un effetto di raffreddamento medio sulla temperatura dell'aria di 1 - 6°C, ma è fortemente dipendente dalla quantità di acqua che la pianta o l'albero ha a disposizione. Esistono diversi tipi di applicazione della vegetazione nelle aree urbane: foreste urbane (parchi), alberi stradali, prati, verde privato nei giardini e tetti o facciate verdi (Kleerekoper, 2016).

Foresta urbana

Una foresta urbana o un parco è un'area verde all'interno di un ambiente urbanizzato. Queste aree hanno una temperatura dell'aria e della superficie inferiore e formano quindi un cosiddetto PCI (Park Cool Island). Un'area verde non deve essere particolarmente grande per generare un effetto di raffreddamento. È importante ricordare che gli alberi hanno un effetto di raffreddamento maggiore rispetto alla sola ombra generata dagli edifici, grazie all'effetto prodotto dall'evapotraspirazione.
Quando si utilizza un PCI per il raffreddamento, l'effetto sulla periferia è molto importante ed è variabile, a seconda del flusso d'aria e di altre circostanze climatiche. Anche la configurazione del parco gioca un ruolo importante: molti alberi forniscono ombra mentre

bloccano il flusso d'aria. Il verde piccolo e diffuso ha il potenziale per raffreddare più superficie urbana rispetto ai grandi parchi con le stesse dimensioni complessive (Kleerekoper, 2016).

Alberature stradali

Gli alberi ai bordi delle strade, nonostante si possa pensare che abbiano un basso impatto sulla temperatura all'interno della città perché sono così dispersi, hanno un grande impatto poiché sono numerosi. Questi, infatti, mostrano di avere le migliori prestazioni di raffreddamento in relazione al comfort termico. In una giornata di sole l'evapotraspirazione di un solo albero raffredda l'aria con una potenza pari a 20-30 kW, potenza paragonabile a quella di più di 10 unità di condizionamento. Una diminuzione del 10% del verde urbano si traduce in un aumento delle temperature massime superficiali fino a 8,2°C in uno scenario ad alta emissione.
La vegetazione non è sempre più fresca dell'ambiente costruito circostante. In inverno, gli alberi (e altri oggetti come gli edifici) rompono il vento e ostruiscono le radiazioni a onde lunghe, fornendo riparo e rallentando la dispersione di calore nell'atmosfera. Lo stesso processo si verifica in estate dopo il tramonto, causando un raffreddamento più lento delle aree con molti alberi rispetto alle aree senza alberi a causa delle riduzioni dello scambio radiativo verso il cielo (Kleerekoper, 2016).

Orti urbani

L'agricoltura urbana può essere un'opzione fattibile per incrementare il verde. La differenza di effetto sull'UHI e sul comfort termico è aumentato a causa dell'irrigazione dei campi coltivati. Quando le colture vengono raccolte anche l'effetto del verde è ridotto, tuttavia, il comportamento del suolo nudo risulta ancora migliore rispetto a un'impermeabilizzazione della pavimentazione in relazione al microclima. Un ulteriore vantaggio della coltivazione di colture

all'interno e intorno alle aree urbane è l'opportunità di ridurre l'impronta di carbonio delle città diminuendo il trasporto di cibo (Kleerekoper, 2016).

Tetti e facciate verdi

La copertura di un tetto o una facciata con la vegetazione ha un effetto rinfrescante sull'ambiente urbano e sull'edificio stesso. I meccanismi di raffreddamento responsabili di un tetto verde o di una facciata sono: l'evapotraspirazione delle foglie, la conversione del calore in calore latente per evaporazione dal suolo e la prevenzione dell'assorbimento delle radiazioni a onde corte da parte di materiali a bassa albedo e tramite ombreggiatura. La temperatura degli ambienti interni si riduce anche grazie all'elevato valore di isolamento del pacchetto verde, il quale manterrà il calore all'esterno in estate e all'interno in inverno (Kleerekoper, 2016). L'installazione di tetti verdi è una delle risposte di adattamento più efficaci, in quanto può trattenere l'acqua durante i fenomeni climatici violenti, consentendo di decentralizzare la gestione dell'acqua. Allo stesso tempo come strumento di mitigazione: efficace per la riduzione della radiazione a onde lunghe che determina il campo termico urbano, nonché per il miglioramento della qualità dell'aria (Pollo & Trane, 2021). I sistemi di tetto verde si possono classificare in tetti verdi estensivi e tetti verdi intensivi sulla base delle caratteristiche d'uso, della vegetazione e delle tecniche costruttive impiegate (Pollo, 2015).
Il maggior risparmio di energia di raffreddamento, per quanto riguarda le facciate verdi, si ottiene dall'ombreggiamento delle finestre e delle pareti rivolte a ovest. Numerosi studi sottolineano l'importanza dell'irrigazione delle facciate verdi: un litro al giorno per m^2 è sufficiente per un raffreddamento efficace (Kleerekoper, 2016). La maggiore efficacia di queste strategie adattive si riscontra in edifici di altezza inferiore ai 10 m (Pollo, Biolchini, Squillacioti & Bono, 2020).

1.6.2 Acqua

L'acqua raffredda l'aria tramite i processi di evaporazione, assorbendo calore (quando c'è una grande massa d'acqua, che funge da tampone di calore) o trasportando il calore tramite lo scorrimento (come nei fiumi). Le applicazioni dell'acqua in generale sono più efficaci quando hanno una grande superficie, o quando l'acqua scorre o si disperde, come da una fontana. L'effetto del raffrescamento evaporativo dipende anche dal flusso d'aria che attraversa la città. Il raffrescamento ad acqua, come nei PCI, dipende dalle circostanze atmosferiche e dal contesto urbano. L'acqua non ha sempre un effetto rinfrescante. Il ruolo dell'acqua è quindi duplice, poiché può raffreddare attraverso l'evaporazione oppure riscaldare la città in seguito al rilascio del calore immagazzinato dai corpi idrici stagnanti. Mentre l'acqua che scorre ha un effetto di raffreddamento maggiore rispetto all'acqua stagnante, l'acqua dispersa da una fontana ha il più grande effetto di raffreddamento.
L'acqua può anche essere utilizzata sui tetti perché, immagazzinando calore, può avere un significativo effetto di riduzione delle temperature dell'aria interna. Importante, in questo caso, è l'utilizzo di un dispositivo ombreggiante, preferibilmente a bassa emissività, che impedisca un eccessivo e rapido riscaldamento (Kleerekoper, 2016).

1.6.3 Superfici riflettenti

L'albedo di una superficie può essere definita come la frazione della luce incidente che viene riflessa. Una significante percentuale di questa radiazione viene assorbita dalle superfici all'interno della città (Mohajerani, Bakaric & Jeffrey-Bailey, 2017).
L'aumento della riflettanza solare riduce l'assorbimento della radiazione solare nell'ambiente urbano, consentendo così di ottenere, attraverso l'uso di materiali ad alta riflettanza solare (e alta emissio-

ne termica), superfici più fresche. Questi materiali, noti anche come materiali freschi, possono essere utilizzati sulle facciate degli edifici, sui tetti e come pavimentazione per strade e marciapiedi. Il loro utilizzo consente di diminuire la temperatura superficiale delle aree urbane e riduce al minimo il corrispondente rilascio di calore sensibile nell'atmosfera. Inoltre, se la pavimentazione è di colore chiaro, si riscontra un risparmio sull'utilizzo di energia per l'illuminazione notturna (Akbari, & Kolokotsa, 2016).
Di contro i materiali riflettenti possono causare il fenomeno dell'abbagliamento in determinate ore del giorno, oltre a ridurre il comfort invernale negli ambienti interni se usati su pareti e coperture degli edifici (Mohajerani, Bakaric and Jeffrey-Bailey, 2017).

1.6.4 Superfici permeabili

Permettono all'acqua di passare attraverso i vuoti nella struttura della pavimentazione, in questo modo viene ridotto il calore emesso perché parte dell'energia assorbita dalla pavimentazione viene spesa per far evaporare l'acqua in eccesso. Inoltre, i vuoti possono essere riempiti dall'erba che ha un'albedo più alta rispetto ad altri materiali e la sua traspirazione favorisce il raffreddamento evaporativo.
Tali superfici sono efficaci nei periodi notturni perché più fresche rispetto alle pavimentazioni non porose, le quali risultano più dense e quindi accumulano più calore durante il giorno. Tali superfici, però, non possono essere utilizzate nella progettazione di pavimentazioni stradali. Inoltre, se la pavimentazione è asciutta la temperatura della pavimentazione sarà più alta durante il giorno rispetto ad una pavimentazione non porosa. Questo è dovuto al fatto che un contenuto di vuoti d'aria più elevato nell'asfalto diminuisce la conduttività termica della pavimentazione nonché la sua capacità termica specifica (Mohajerani, Bakaric & Jeffrey-Bailey, 2017).

1.6.5 Superfici porose

Il loro funzionamento è diverso rispetto a quelle porose. Piuttosto che consentire all'acqua piovana di passare direttamente attraverso la pavimentazione, lo strato superiore diventa permeabile in modo da deviare il flusso d'acqua verso canali sottostanti, così da farla deviare attorno alla pavimentazione. Questo consente una mitigazione dell'effetto isola di calore, un rallentamento del deflusso delle acque piovane sulla pavimentazione e una maggiore proprietà di attrito, per via della superficie ruvida, con conseguente aumento della sicurezza per i veicoli. Di contro, questa tipologia di superfici è meno durevole e richiede una maggiore manutenzione a causa dell'ostruzione dei pori (Mohajerani, Bakaric & Jeffrey-Bailey, 2017).

1.7 Morfologia urbana: influenza sul microclima urbano

Esiste una complessa interazione tra gli edifici e il microclima locale (Allegrini, Dorer, & Carmeliet, 2015). La morfologia urbana, assieme alla geometria degli edifici e al clima locale influenza il comfort termico a livello di quartiere. (Todeschi, Beltramino, El Jamous & Mutani, 2021). Ogni quartiere può avere una varietà di diverse configurazioni urbane e layout urbani, e ciascuno produce un microclima distintivo. Una tale situazione porta a variazioni della temperatura dell'aria all'interno delle città (Jamei, Rajagopalan, Seyedmahmoudian, & Jamei, 2016).
La morfologia urbana è solitamente identificata dai seguenti parametri: la geometria urbana; il rapporto dei canyon urbani (H/W); l'orientamento dell'asse stradale dei canyon; il fattore di vista del cielo (SVF) per spazi irregolari e complessi, come spazi in piazze, parchi; la frazione di vegetazione.

1.7.1 Geometria urbana

Le strade con caratteristiche geometriche speciali sono note come "canyon" a causa delle geometrie simili ai canyon naturali. Un "canyon stradale urbano" può essere definito come: «una unità geometrica di base che può essere ragionevolmente approssimata da sezioni trasversali bidimensionali, trascurando gli incroci stradali e presumendo che gli edifici lungo l'asse del canyon siano di lunghezza semi-infinita» (Jamei, et al., 2016). La geometria del canyon urbano gioca un ruolo chiave nel risparmio fino al 30% dell'energia utilizzata negli edifici commerciali e del 19% negli edifici residenziali (Jamei, et al., 2016).
Il miglior comfort termico all'interno delle aree urbane si ottiene

quando le geometrie scelte consentono la ventilazione in prossimità di superfici calde. Ciò può essere ottenuto ad esempio da una morfologia caratterizzata da altezze degli edifici non uniformi. Le superfici degli edifici più alti si riscaldano maggiormente. Questo consente un raffreddamento più efficiente, perché la densità dell'aria varia tra gli edifici più alti, maggiormente riscaldati e quelli più bassi, più freschi, generando un aumento della velocità del vento. Un'altra opzione, per ottenere temperature superficiali inferiori sfruttando la differenza di temperatura, è quella di utilizzare materiali diversi per superfici diverse. Inoltre, le temperature della facciata si abbassano quando sono presenti geometrie più complesse, sempre per il maggiore effetto di ombreggiamento.

La temperatura della facciata e gli effetti di ombreggiamento non solo influenzano il microclima locale intorno agli edifici, ma anche le esigenze di raffreddamento e riscaldamento degli stessi (Allegrini, et al., 2015).

Per quanto riguarda la geometria degli isolati a corte si è riscontrato che grandi cortili sono adeguati dal punto di vista ambientale nei climi freddi, dove in determinate condizioni geometriche possono agire come concentratori di sole e mantenere il loro effetto di protezione dai venti freddi (Taleghani, M., Tenpierik, M., Dobbelsteen, A. van. den. & Sailor, D., 2014). Invece, un cortile più ridotto offre un microclima più protetto, con meno radiazioni solari in estate. Considerando la temperatura fisiologica equivalente (PET), il cortile ha le condizioni più confortevoli in una giornata estiva in un clima temperato, (Taleghani, Kleerekoper, Tenpierik, & Dobbelsteen, 2015).

1.7.2 Rapporto dei canyon urbani (H/W)

Uno dei parametri chiave per determinare la geometria del canyon è il rapporto di aspetto, che è definito come il rapporto tra l'altezza media (H) delle pareti del canyon e la larghezza del canyon (W). Il canyon è considerato uniforme se ha un rapporto di aspetto ap-

prossimativamente uguale a 1, poco profondo se ha un rapporto di aspetto inferiore a 0,5 e profondo se è uguale a 2.
Le strade strette con edifici ravvicinati (rapporto di aspetto alto) forniscono un migliore ombreggiamento per i pedoni a livello del marciapiede rispetto alle strade larghe. L'ombreggiamento risulta utile nel contribuire a ridurre il livello di disagio nelle città. Una significativa riduzione della temperatura fisiologica equivalente (PET) in estate è possibile aumentando l'ombreggiamento e le proporzioni nei canyon urbani (Jamei, et al., 2016). Tuttavia, le forme urbane compatte mostrano migliori condizioni termiche durante l'estate ma sono svantaggiose durante l'inverno. Un canyon poco profondo è estremamente scomodo in estate, però l'accesso solare in inverno lo rende più confortevole di un canyon profondo. Sarebbe necessario considerare un compromesso tra le stagioni calda e fredda quando si progetta la morfologia urbana per il comfort termico all'aperto, specialmente nelle regioni temperate (Lai, D., Liu, W., Gan, T., Liu, K. & Chen, Q. 2019).

1.7.3 Orientamento dell'asse stradale

È necessario evidenziare l'importanza della posizione geografica delle città nella scelta del miglior orientamento nella progettazione stradale. Tale orientamento influisce notevolmente sulla quantità di radiazioni ricevute dalla sezione stradale e sulla velocità del vento.
Per quanto riguarda l'influenza sulla **radiazione solare**, in linea di massima, la **direzione N - S** è suggerita per gli edifici bassi (Jamei, et al., 2016), inoltre, se il rapporto H /W è superiore a 0,8, si riscontrano condizioni termicamente confortevoli per la maggior parte della giornata all'interno del canyon urbano (Lai, Liu, Gan, Liu, & Chen, 2019). Per gli edifici alti, invece, non è stato riscontrato alcun orientamento preferito (Jamei, et al., 2016). Le strade con **orientamento E - W** hanno godono di un'esposizione alla radiazione solare diretta più prolungata rispetto alle strade con altri orientamenti (Lai, et al., 2019). Gli orientamenti intermedi

come NE-SW e NW-SE sono stati studiati meno frequentemente rispetto ai primi due orientamenti citati. Sebbene la durata del disagio estivo degli orientamenti intermedi sia maggiore di quella di una strada con orientamento N-S, con lo stesso rapporto H/W, le strade orientate secondo l'**asse NE-SW e NW-SE** sono sempre parzialmente ombreggiate, offrendo così un'alternativa ai pedoni. Se si considera uno scenario invernale, gli orientamenti NE-SW e NW-SE potrebbero fornire un buon compromesso perché offrono un grado maggiore di esposizione al sole rispetto all'orientamento N-S (Lai, et al., 2019).

Per quanto riguarda l'influenza sulla **velocità del vento**, la direzione in cui il vento entra in un canyon urbano può assumere una direzione del flusso parallela, normale o obliqua rispetto all'orientamento delle strade (Lai, et al., 2019).

Il flusso d'aria viene incanalato all'interno del canyon urbano se le strade sono orientate in direzione "**parallela"** a quella del vento. Quando la direzione del vento è "**normale**" all'orientamento delle strade si sviluppano uno o più vortici, limitando così la sua velocità all'interno del canyon. Il flusso "**obliquo"**, invece, combina le caratteristiche del flusso normale e parallelo. Un vortice elicoidale fa circolare l'aria in direzione del canyon trasversale e allo stesso tempo incanala il flusso lungo la strada (Lai, et al., 2019). Per superare questo problema, è necessario un ampliamento del canyon urbano in modo da migliorare la ventilazione al suo interno (Jamei, et al., 2016). In generale, per ottenere una buona ventilazione nelle città ad alta densità occorre limitare l'angolo tra l'orientamento del canyon stradale e l'orientamento del flusso prevalente d'aria a meno di 30° (Lai, et al., 2019).

1.7.4 Fattore di vista del cielo (SVF)

Il fattore di vista del cielo può essere definito come il grado di esposizione di una superficie alla volta celeste, ovvero la porzione di cielo visibile da un determinato punto al livello del terreno (Losasso,

Lucarelli, Rigillo & Valente, 2020). Questo parametro è un numero adimensionale compreso tra 0 e 1 ed è un elemento importante nella generazione e nel controllo dell'effetto isola di calore. Nelle aree urbane l'SVF, in qualsiasi punto, è inferiore a 1 a causa degli ostacoli nella volta celeste urbana. Gli edifici e la vegetazione sono gli ostacoli urbani che definiscono il fattore di "vista" verso il cielo (Jamei, et al., 2016).

Gli spazi urbani compatti a basso SVF o ad alto H/W sono caratterizzati da una ridotta esposizione alla radiazione solare, creando così un maggiore comfort termico nei climi caldi (Lai, et al., 2019). Al contrario, un SVF più alto causa un aumento della temperatura media radiante in condizioni di sole (Lai, Maing, & Ng, 2017). Di notte, però, quando la radiazione solare diretta è assente, si è rilevato che i luoghi aperti disperdono calore più velocemente verso la volta celeste, attraverso radiazioni a onde lunghe, rispetto a quelli più compatti, con il risultato di una temperatura dell'aria più bassa (Lai, et al., 2019).

Per progettare spazi aperti confortevoli, in cui le persone possano vivere in modo sano in un ambiente densamente costruito, la disposizione strategica degli edifici è cruciale per un'efficace ombreggiatura dello spazio esterno e per un efficace raffreddamento dello spazio aperto (Lai, et al., 2017).

1.7.5 Frazione di vegetazione

A seconda della posizione nel canyon stradale, delle condizioni del vento prevalenti e dell'ora del giorno, gli alberi possono avere un effetto rinfrescante o riscaldante. Durante il giorno, l'effetto rinfrescante delle alberature stradali è più percepibile nei canyon poco profondi. All'interno dei canyon profondi, invece, l'effetto di raffreddamento della vegetazione è mascherato dall'ombreggiamento degli edifici alti (Jamei, et al., 2016). I dati per le aree urbane di media altezza confermano che la presenza combinata di erba e alberi, generalmente, migliora il comfort termico umano, lungo

l'intero canyon urbano, in tutti gli orientamenti, di circa un livello termofisiologico di PET (vedi capitolo 4, tabella 2). Nell'orientamento NE-SW, la presenza di alberi fornisce un vantaggio locale lungo il canyon riducendo il picco di PET da stress termico molto caldo. Nell'orientamento NW-SE il beneficio di raffreddamento è maggiore, raggiungendo due classi termofisiologiche: si passa da stress termico caldo, a leggermente caldo fino a stress termico confortevole (Lobaccaro, Acero, Sanchez Martinez, Padro, Laburu & Fernandez, 2019).

All'interno dei canyon profondi la temperatura dell'aria notturna, sotto le chiome degli alberi, è leggermente superiore alle aree aperte circostanti, a causa del fattore di vista del cielo inferiore che si traduce nel blocco delle onde lunghe e di conseguenza del raffreddamento notturno. Un alto livello di umidità e una ventilazione ridotta possono influire negativamente sulle condizioni termiche in questa tipologia di canyon. Pertanto, nel posizionamento degli alberi lungo le strade, è importante considerare l'area circostante degli alberi e la geometria delle strade (Jamei, et al., 2016).

2. Best practices

2.1 Casi studio progetti realizzati

2.1.1 Parco Gavoglio

2.1.2 Ferrovia Ordener-Poissonniers

2.1.3 Il cortile del futuro

2.1.4 Piazzale Loreto

2.1.5 Science & Innovation Park

Parco Gavoglio-Genova, IT

2.1.1

Clienti: Comune di Genova, Commissione Europea

Partners: IRE Liguria Spa

Progettisti: LAND Architects

Tipologia: Parco urbano, rigenerazione di aree dismesse, adattamento ai cambiamenti climatici

Dimensione dell'area: 1,5 ha

Anno: 2017 - 2019

La città costiera di Genova sta affrontando le sfide climatiche e sociali attraverso la rimodellazione dell'ex caserma militare Gavoglio, all'interno del quartiere del Lagaccio, uno dei quartieri più densamente edificati e socialmente vulnerabili della città.
Le principali criticità nella zona sono rappresentate dalla scarsità di spazi pubblici e aree verdi ricreative, nonché dall'elevata impermeabilizzazione dei suoli, la quale aggrava le già precarie condizioni di drenaggio urbano causate dalla topografia, dalla conformazione rocciosa dei substrati e dalla pressoché totale regimazione dei corsi d'acqua in tubazioni artificiali sotterranee[1].
Il Comune di Genova ha individuato nel Parco Gavoglio un progetto faro per diffondere soluzioni innovative ispirate alla natura per contrastare gli effetti del cambiamento climatico nelle città mediterranee, che secondo recenti segnalazioni subiranno maggiormente la transizione climatica[2].

Fig. 1 *Immagine dell'area prima dell'intervento di rigenerazione urbana e adattamento al cambiamento climatico.*

Progetto

Il progetto prevede un nuovo parco per la comunità che aprirà i complessi industriali inaccessibili e rafforzerà il collegamento con la parte alta del comprensorio, fino all'area naturale protetta del Parco dei Forti in collina. Verranno realizzate nuove aree verdi, campi da gioco, impianti sportivi e spazi di aggregazione, in particolare[2]:

- 12 diverse soluzioni basate sulla natura;
- 5 edifici demoliti per dissigillare il terreno;
- 5.000 m^2 di pavimentazioni drenanti;
- 1 rain garden (400 m^2);
- 1 stagno di infiltrazione (100 m^2);
- 1 serbatoio di acqua piovana sotterranea (30 m^3);
- 125 nuovi alberi;

1. *Relazione illustrativa - contributi paesaggio, progetto definitivo dello studio LAND, http://puc.comune.genova.it/pubb/gavoglio/r001relazioneillustrativapaesaggio.pdf, cosultato il 22.04.2021*

2. *Fonte: https://www.landsrl.com/portfolio-land/gavoglio-park, conultato il 22.04.2021.*

Fig 1, 2 e 3. *Fonte immagini: https://www.landsrl.com/portfolio-land/gavoglio-park.*

- 7.000 nuovi cespugli ed erbe autoctone;
- 1.600 m² di prati a bassa manutenzione;
- 150 m² di pareti verdi;
- 2.000 m² di parchi giochi;
- 2 nuove piazze pubbliche;
- 1300 m³ di cemento di edifici demoliti riutilizzati per creare gabbioni in loco.

Fig. 2 *Sopra, inserimento planimetrico progettuale dell'area d'intervento di rigenerazione urbana e adattamento al cambiamento climatico; sotto, sezione territoriale.*

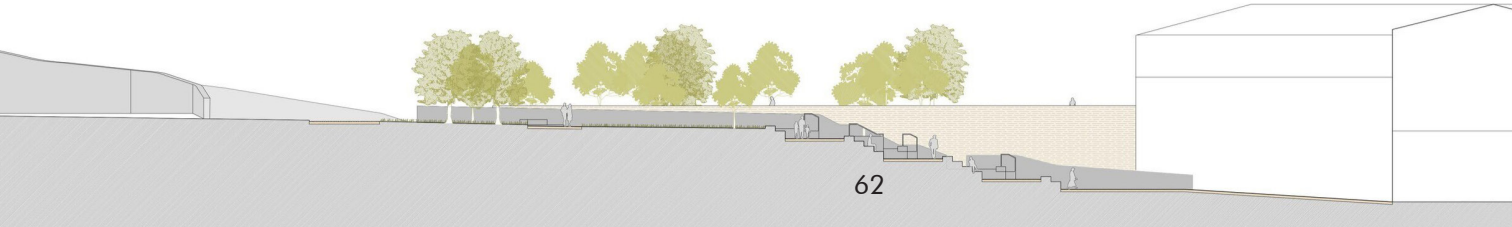


Fig. 3 *Planimetria progettuale dell'intervento di rigenerazione urbana e adattamento al cambiamento climatico.*

Fig. 4 *Immagine dell'area dopo l'intervento di rigenerazione urbana e adattamento al cambiamento climatico.*

Ferrovia Ordener-Poissonniers, Parigi FR

2.1.2

Clienti: Espaces Ferroviaires, SNCF Real Estate, Città di Parigi

Progettisti: SLA Architects**,** Biecher Architectes & altri

Tipologia: Progettazione di spazi pubblici e sviluppo ad uso misto

Dimensione dell'area: 3,7 ha

Anno di progettazione: 2019

Anno di completamento: 2024

SLA e BIECHER Architectes, hanno vinto il concorso internazionale per trasformare l'ex sede della ferrovia Ordener-Poissonniers in uno sviluppo urbano socialmente sostenibile, nel cuore del 18° arrondissement di Parigi, Francia. Il progetto, che dovrebbe essere completato nel 2024, è il risultato della trasformazione delle ferrovie e dell'industria pesante in un nuovo ecosistema di 3,7 ettari "carbon neutral" con soluzioni progettuali basate sulla natura, coesione sociale rafforzata e produzione di energia rinnovabile in loco[3].

Fig. 5 *Planimetria dell'area oggetto d'intervento di riqualificazione urbana.*

3. *Fonte: https://www.archdaily.com/924482/old-central-railway-transformed-into-socially-sustainable-urban-development-in-paris?ad_name=flyout&ad_medium=News, consultato il 15.05.2021*

Fig. 5 *Fonte immagine: Google Earth, https://earth.google.com/web/search/Ordener-Poissonniers, consultato il 15.05.2021*

Progetto

Il sito di 3,7 ettari includerà 1000 nuovi residenti, grandi parchi pubblici, uffici, teatri, scuole pubbliche, incubatori di design industriale, una scuola di specializzazione in design, una "food court" e agricoltura urbana[3].

Il **cuore del quartiere** sarà una serie di spazi verdi pubblici collegati con ristoranti all'aperto, anfiteatri, tribune e un grande giardino pubblico di oltre un ettaro di attrazioni naturali.

Gli spazi verdi pubblici, situati nel 18° arrondissement densamente popolato, sono progettati per offrire "un bene comune gratuito a residenti, lavoratori e visitatori"[4]. Questi fungeranno da polmone verde per il vicinato e forniranno servizi ecosistemici come:

- la riduzione dell'inquinamento atmosferico,
- il raffrescamento urbano naturale,
- la gestione degli acquazzoni,
- la biodiversità rafforzata,
- una maggiore integrazione sociale e mixitè.

L'intera forma dei nuovi Ordener-Poissonniers sarà ottimizzata per quanto riguarda sole / vento per conciliare sobrietà energetica e qualità di vita per i futuri utenti. L'organizzazione spaziale degli edifici favorisce il recupero di apporti solari gratuiti e la ventilazione naturale preservando l'ampio panorama per tutti i residenti. Il risultato è un'architettura e un quartiere sostenibili all'avanguardia[4].

"Tutto è progettato per fare della biodiversità, dei servizi naturali, della sostenibilità e del patrimonio postindustriale il punto di partenza dell'intero sviluppo di Ordener-Poissonniers - un modo radicale di far crescere letteralmente un nuovo quartiere dall'esistente Suolo parigino ", Rasmus Astrup, partner in SLA.

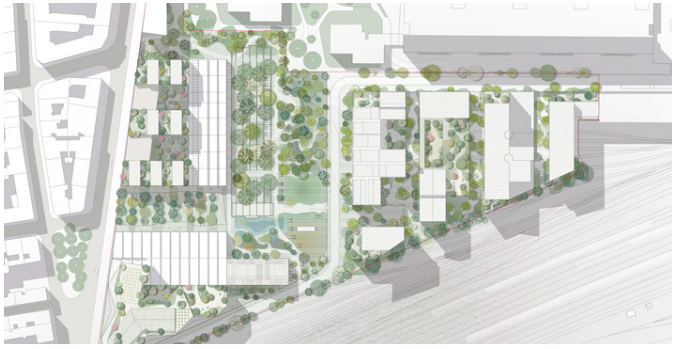


Fig. 6 *Masterplan progettuale dell'area oggetto d'intervento*

4. *Fonte: https://projects.archiexpo.com/project-267823.html, conultato il 06.05.2021*

Fig. 6, 7 e 8. *Fonte immagine: https://www.sla.dk/en/projects/ordener-poissonniers, consultato il 06.05.2021*

Fig. 9 *Immagini render dell'area in progetto oggetto di riqualificazione urbana.*

Fig. 10 *Immagini render dell'area in progetto oggetto di riqualificazione urbana.*

Il cortile del futuro, Tomsgårds-vej, Copenhagen DK

2.1.3

Clienti: Comune di Copenaghen

Progettisti: SLA & Niras

Tipologia: Progettazione del paesaggio**,** adattamento climatico e gestione dell'acqua piovana.

Dimensione dell'area: 6400 m^2

Anno di progettazione: 2018-2019

Realizzazione: Inizio 2020

Tomsgårdsvej fa parte dell'iniziativa "Il cortile del futuro" della città di Copenaghen, una serie di progetti dimostrativi avviati per scoprire il potenziale di adattamento climatico dei numerosi cortili urbani di Copenaghen. Il progetto mira a sviluppare soluzioni biodiversificate e ricreative per la gestione dell'acqua piovana che siano sia funzionali, estetiche e particolarmente adatte per i cortili[5].

Progetto

A Tomsgårdsvej vengono mantenuti tutti i 63 alberi esistenti, mentre nel cortile verranno piantati 98 nuovi alberi. Un "percorso avventura" lungo 450 metri è progettato per attraversare l'intera area, i prati e la natura. Inoltre, come naturale estensione della fitta e selvaggia vegetazione, verrà creato un piccolo bosco per oscurare la vista del cortile dalla strada. Questo trasformerà lo spazio in un'area ombreggiata piena di nuova natura cittadina per attività sociali

5. *Fonte: https://www.sla.dk/en/projects/courtyard-future-tomsgardsvej, consulato il 15.05.2021*

6. *Fonte:* http://klimakvarter.dk/projekt/tomsgaardsvej/, *consulato il 15.05.2021*

e ricreative[5].

Il **cortile** viene circondato da un muro realizzato in terra battuta con lo scopo di dividere in tre zone distinte l'area[6]:

• **Lunden** è la parte orientale del cortile in cui si trova vegetazione fitta e selvaggia. In questo modo si crea una zona ombreggiata per il gioco e la ricreazione.

All'interno verrà costruita un'area giochi a tema naturale insieme a reti da arrampicata sugli alberi;

• **Engen** è la parte occidentale del cortile, caratterizzata da uno spazio aperto e da vegetazione bassa. Questa è la parte più tranquilla e soleggiata del cortile;

• **Aranciera e giardino forestale** sono il centro sociale del cortile in cui si trova una serra di 50 m^2, collocata nell'angolo soleggiato a sud-ovest di Engen. Il giardino forestale adiacente è composto da noci e alberi da frutto.

"È stato un fantastico processo di coinvolgimento degli utenti con i residenti, che hanno dimostrato un grande sostegno al progetto e hanno contribuito con idee entusiasmanti per il futuro cortile di Tomsgårdsvej", Alexandra Vindfeld Hansen, responsabile sLAB in SLA

Fig. 11 *Planimetria del cortile in progetto.*

Fig. 11, 12 e 13 *Fonte immagini: https://www.sla.dk/en/projects/courtyard-future-tomsgardsvej, consultato il 15.05.2021*

Fig. 12 *Render del cortile in progetto.*

Fig. 13 *Render del cortile in progetto.*

Piazzale Loreto, Milano IT

2.1.4

Clienti: Comune di Milano, C40

Progettisti: Ceetrus Nhood, LAND.

Tipologia: Rigenerazione urbana, adattamento ai cambiamenti climatici

Dimensione dell'area: 17.500 m^2

Anno di realizzazione: 2026

LOC, Loreto open community, è il progetto vincitore della seconda edizione di Reinventing cities per la trasformazione di Piazzale Loreto in un nuovo simbolo della Milano olimpica del 2026. Il bando internazionale, indetto dal Comune insieme a C40 (associazione che riunisce grandi città del mondo), prevede l'alienazione o la costituzione del diritto di superficie di siti da destinare a progetti di rigenerazione urbana in chiave sostenibile. Il masterplan è stato presentato da un team multidisciplinare con capofila Ceetrus Nhood e realizzato grazie al contributo plurale di Arcadis Italia, Metrogramma Milano (coordinatore del Design Team), Mobility in chain, Studio Andrea Caputo, LAND, Temporiuso e Squadrati.
LOC ambisce a trasformare piazzale Loreto da non-luogo a spazio aperto, inclusivo e sostenibile connesso con i quartieri che si affacciano su tutti i suoi lati[7].

Progetto

Partendo da una revisione strategica della viabilità, che garantirà comunque una capacità analoga a quella del nodo esistente, il masterplan restituirà alla città 24.000 m^2 di spazio pubblico pedonale,

di cui oltre 12.000 nella piazza (69% dell'area), a fronte dei 2.484 m^2 utilizzabili oggi, e il restante distribuito tra via Padova e via Porpora. E' prevista la realizzazione di una grande agorà verde dove i gradoni, i percorsi ciclopedonali, gli elementi d'acqua e le nuove costruzioni delineano un nuovo punto di riferimento per il paesaggio urbano milanese. L'area si riconfigurerà con un piano ribassato e ipogeo che sarà la vera piazza anfiteatro, flessibile e adattabile a diversi usi temporanei pubblici. Si prevede uno **sviluppo dello spazio** pubblico **su tre livelli**, per un totale del 69% della superficie: oltre alla piazza a raso già citata, si svilupperanno aree a cielo aperto ottenute con l'apertura del mezzanino della metropolitana e terrazze verdi dei tetti di tre nuovi edifici, destinati ad attività commerciali, svago e uffici. Saranno presenti, oltre a giochi d'acqua, colonnine di ricarica elettrica, rastrelliere e stazioni di bike sharing[7].

Fig. 14 *Render dell'area di progetto*

Verranno piantati circa 300 **alberi** sia nel cuore della piazza sia lungo via Padova e viale Monza, altri 200 verranno messi a dimora in città nell'ambito del progetto di ForestaMi. I tetti degli edifici si configureranno come giardini rialzati aperti al pubblico e gestiti in sinergia con le attività commerciali sottostanti. Questo porterà la **riduzione** delle **isole di calore** in particolare nei picchi estivi e la creazione di un microclima con una temperatura di 6-7° inferiore alla temperatura percepita, contribuendo alla riduzione complessiva di CO_2 nell'area, rispetto allo stato attuale, del 35%[7].

7. *Fonte: Comune di Milano, Ufficio Stampa, aggiornato il 13.05.2021, https://www.comune.milano.it/-/reinventing-cities-piazzale-loreto, consultato il 20.05.2021.*

Fig. 14, 15 e 16. *Fonte immagini: Comune di Milano, Ufficio Stampa, aggiornato il 13.05.2021, https://www.comune.milano.it/-/reinventing-cities-piazzale-loreto, consultato il 20.05.2021.*

Fig. 15 *Render della piazza in progetto*

Fig. 16 *Render della piazza in progetto*

M

Science & Innovation Park Milano, IT

2.1.5

Clienti: Arexpo
Progettisti: Carlo Ratti Associati, Lendlease, LAND & altri.
Tipologia: Trasformazione urbana
Dimensione dell'area: 1 milione m^2
Anno di progettazione: 2017

L'ufficio internazionale di design e innovazione Carlo Ratti Associati (CRA), insieme al gruppo immobiliare australiano Lendlease, ha vinto il concorso internazionale per un masterplan di 1 milione di metri quadrati per reimmaginare l'ex sito dell'Expo di Milano 2015. Il team guidato da Lendlease comprende, tra gli altri, anche gli architetti paesaggisti Land Italia, gli advisor PricewaterhouseCoopers, i consulenti per la mobilità Systematica e gli strateghi della comunicazione SEC Relazioni Pubbliche SpA[8].

Progetto

Il masterplan per Milano istituirà un laboratorio vivente con uffici e centri di ricerca, facoltà universitarie, strutture, residenze e spazi culturali, aree per l'agricoltura urbana e il primo quartiere al mondo progettato per la guida autonoma o la mobilità autonoma. Il piano mira a fissare nuovi standard per i processi di trasformazione urbana, creando un quartiere verdeggiante, ricco di vita pubblica, dove l'innovazione è implementata secondo un approccio open-source[8]. Gli aspetti più distintivi del parco sono:

8. *Fonte: https://carloratti.com/project/milans-science-knowledge-and-innovation-park/, consultato il 20.05.2021.*

- **Parco lineare lungo un miglio:** il parco si ispira al punto di riferimento dell'Expo 2015, il Decumanus, la strada est-ovest che ricorda gli assi delle città romane. Nel nuovo quartiere, il Decumanus, precedentemente ricoperto d'asfalto, viene trasformato in un parco lineare lungo un miglio, uno dei più lunghi d'Europa, che diventa il centro sociale del quartiere[8].

- **Una città per veicoli a guida automatica:** le vie e le strade della zona, a partire dal Decumano, diventeranno, nel tempo, accessibili esclusivamente ai veicoli a guida autonoma. Il risultato sarà un approccio al trasporto sempre più condiviso, con meno veicoli necessari per soddisfare le esigenze di mobilità della comunità e con conseguenze positive previste in termini di minor traffico, miglioramento della qualità ambientale e nuove opportunità di business[8].

- **The common ground:** il progetto propone uno spazio a doppia altezza su tutto il masterplan, animato da un vivace mix di piazze, aree pedonali, orti comuni, laboratori e strutture commerciali. Le persone possono spostarsi senza problemi tra spazi pubblici e privati o aree aperte e appartate[8].

Fig. 17 *Masterplan dell'area di progetto*

Fig. 17, 18 e 19 *Fonte immagini: https://carloratti.com/project/milans-science-knowledge-and-innovation-park/, consultato il 20.05.2021.*

Fig. 18 *Render dell'area di progetto*

Fig. 19 *Render dell'area di progetto*

2. Best practices

2.2 Casi studio progetti di ricerca

2.2.1 Via Sammartini

2.2.2 Ex Mercati Generali

2.2.3 Quartieri sostenibili

2.2.4 Cortili urbani

2.2.5 Quartiere di Primavalle

Via Sammartini, Milano IT

2.2.1

Fonte: **“**Qualità vs quantità. È possibile quantificare la qualità dello spazio pubblico?”

Autori: Dessi, V. & Astolfi, L.

Rivista: TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment, vol.19

Anno: 2020

Pagine: 114 - 124

Gli studenti del Politecnico di Milano, presso la Scuola AUIC, hanno studiato le condizioni di un’area urbana a Milano utilizzando un indicatore di vivibilità.

Il caso studio riguarda via Sammartini, una via che si sviluppa lungo l’asse N-S, lunga più di 1 km, e caratterizzata lungo il lato est dalla presenza della ferrovia e di magazzini delle Ferrovie dello Stato inutilizzati o non aperti al pubblico, sui quali sono già stati sviluppati progetti di ri-funzionalizzazione. Il fronte ovest è occupato in parte da residenze, soprattutto nella prima parte vicino alla Stazione Centrale, e in parte da negozi, magazzini e servizi per la collettività, poco utilizzati da utenti singoli.

Lo **stato di fatto** evidenzia, prima di tutto, per quanto riguarda le caratteristiche morfologiche, una carenza in termini di spazi dedicati al pedone e dunque di accessibilità, mentre la morfologia offre opportunità che possono essere valorizzate (Dessì & Astolfi, 2020).

Fig. 1 Sezione della Via oggetto d’intervento.

Fig. 2 Immagine dell'area oggetto d'intervento.

Progetto

L'assenza di attività commerciali e spazi pubblici di qualità ha un impatto negativo molto elevato, per cui il progetto si propone di coinvolgere nella rigenerazione dell'area la riapertura di questi locali.
Inoltre, è stata prevista la riduzione del traffico automobilistico a vantaggio dello spazio per i pedoni con l'aggiunta di elementi naturali quali verde e acqua e materiali più consoni, in combinazione con l'apertura di attività ad elevato mix funzionale. Vengono aggiunte pensiline per aumentare le aree ombreggiate e aumentate in generale le superfici permeabili.

Fig. 3 Sezione progettuale dell'area oggetto d'intervento

Conclusioni

La soluzione progettuale porta ad un conseguente miglioramento delle condizioni ambientali: l'aumento del verde e la riduzione delle superfici asfaltate portano ad un cambiamento vantaggioso del comfort termico. Purtroppo, il miglioramento della qualità dell'aria sarà in ogni caso limitato perché la zona oggetto d'intervento appartiene comunque all'area omogenea di Milano, con dati che si attestano in media intorno ai 45 µg/m^3 di PM10 (Dessì & Astolfi, 2020).

Fig. 4 Fotografia e sezione trasversale della Via in progetto

Fig. 5 Planimetria di progetto dell'intervento di rigenerazione urbana.

Fig. 1, 2, 3, 4 e 5. *Fonte immagini: Dessì, V. & Astolfi, L. (2020), "Qualità vs quantità. È possibile quantificare la qualità dello spazio pubblico?", in: Techne, n.19/2020, pp. 118, 122 e 123.*

2.2.2 Ex Mercati Generali, Roma IT

Fonte: "Thermal impact of a redeveloped area on localized urban-microclimate: A case study in Rome"

Autori: Battista G., Carnielo E. & De Lieto Vollaro R.

Rivista: Energy and Buildings, vol. 133

Anno: 2016

Pagine: 446 - 454

Il caso studio riguarda un gruppo di edifici in disuso, denominato "Ex Mercati Generali", situato in Ostiense, quartiere popolare esteso nella parte meridionale dell'area urbana di Roma.
L'"Ex Mercati Generali", rappresentato in fig. 6 è un'area di circa 90.000 m^2 composta da 13 edifici storici con altezza fino a 8 m. Attualmente l'area è costituita principalmente da macerie, terreno sabbioso e vegetazione spontanea ed è inserita in una zona prevalentemente residenziale, edificata in epoche diverse, costituita da una tipologia edilizia composta da edifici alti (30 m) lungo un viale largo 60 m con alberi centrali. Si possono notare gli ampi vuoti urbani, prevalentemente ricoperti da asfalto per dar spazio ai parcheggi.
Il sito preso in considerazione in questo studio comprende gli "Ex Mercati Generali" e le aree limitrofe per una superficie di circa 360.000 m^2 (Battista, Carnielo & De Lieto Vollaro, 2016).

Fig. 6 Immagine dell'area oggetto d'intervento di rigenerazione urbana.

Fig. 6. *Fonte immagine: Battista G., Carnielo, E., De Lieto Vollaro R. (2016), "Thermal impact of a redeveloped area on localized urban microclimate: A case study in Rome". Energy and Buildings, vol. 133, p.449*

Progetto

Sull'area è previsto un progetto di riqualificazione, il quale ha portato ad esaminare diverse soluzioni progettuali, in particolare sono stati analizzati tre modelli urbani differenti:

• il primo denominato **ante-operam** rappresenta le condizioni attuali del sito dismesso (Fig. 7);

• il secondo chiamato **post-operam** rappresenta lo scenario riqualificato, ovvero un centro commerciale polifunzionale, caratterizzato da un forte incremento delle superfici edificate (Fig. 8);

• il terzo denominato **finale-post-operam** rappresenta una soluzione progettuale consistente nell'applicazione di materiali ad alta riflettanza solare e incremento della vegetazione al fine di mitigare i fenomeni di isola di calore urbana localizzata derivanti dalla presenza dei nuovi edifici (Fig. 9).

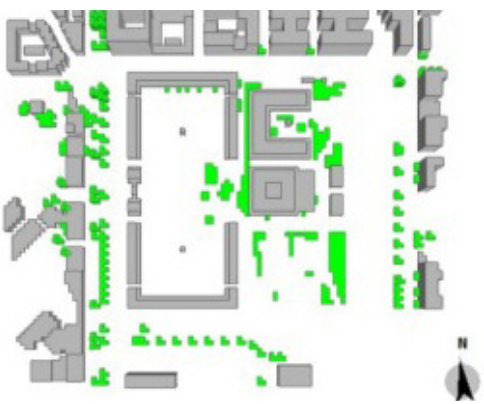


Fig. 7

Fig. 8

Fig. 9

Fig. 7, 8, 9. *Immagini del modello 3D ENVI-MET rappresentanti le tre soluzioni progettuali proposte per la riqualificazione dell'area.*

Il **confronto** tra la prima e la seconda soluzione, eseguito tramite un'analisi termica condotta con ENVI-MET, evidenzia il fatto che l'urbanizzazione indiscriminata porti ad un aumento della temperatura media di 3,5 °C.
L'applicazione invece di materiali freschi (ad alta albedo) e l'adozione di vegetazione come contromisure per l'isola di calore urbana porta ad una diminuzione della temperatura di 2 °C tra la seconda e la terza soluzione (Battista et al., 2016).

Conclusioni

I risultati mostrano come l'urbanizzazione indiscriminata e mal pianificata porti alle criticità termiche previste a causa dell'elevato assorbimento solare e degli ostacoli che non consentono all'aria di circolare liberamente. Come dimostrato in questo studio, in un complesso edilizio, è consigliato l'utilizzo integrato di materiali freschi e vegetazione. Ne deriva una diminuzione delle criticità che danno origine al fenomeno delle isole di calore urbane nelle zone circostanti (Battista et al., 2016).

Fig. 7, 8, 9. *Fonte immagine: Battista G., Carnielo, E., De Lieto Vollaro R. (2016), "Thermal impact of a redeveloped area on localized urban microclimate: A case study in Rome". Energy and Buildings, vol. 133, p.449*

Quartieri sostenibili, Torino IT

2.2.3

Fonte: "Low-Energy Architecture for Sustainable Neighborhoods"

Autori: Todeschi, V., Beltramino, S., El Jamous, B., Mutani, G.

Rivista: TECNICA ITALIANA, vol. 65

Anno: 2021

Pagine: 83 - 92

In questo studio, sono state selezionate quattro zone omogenee a Torino (IT) per analizzare la domanda di riscaldamento e raffreddamento di ciascun quartiere a scala di edificio.
I **quattro quartieri** presi in considerazione, caratterizzati da diverse morfologie e tipologie costruttive, sono: Arquata, Crocetta, Sacchi e Villaggio Olimpico. In ogni quartiere, l'edificio residenziale è stato raggruppato in base agli orientamenti e ai periodi di costruzione.

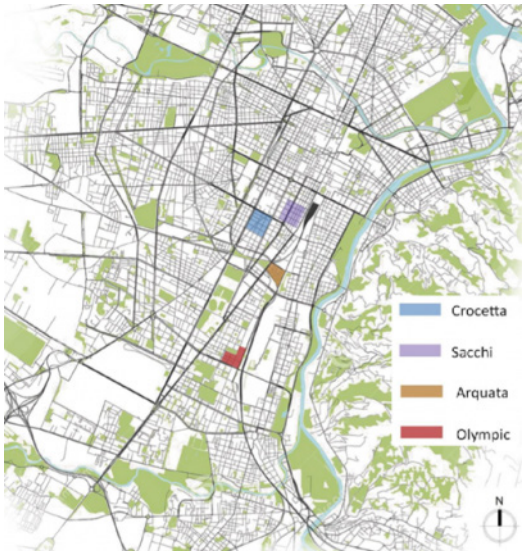


Fig. 10 Planimetria dell'area rappresentativa dei quartieri analizzati.

Lo scopo di questo lavoro è mostrare come le diverse variabili di un edificio (tasso di infiltrazione, rapporto finestra-parete e trasmittanze termiche di finestre, pareti, tetti e pavimento) possano influire sul consumo di energia per il riscaldamento e il raffreddamento degli ambienti residenziali (Todeschi, Beltramino, El Jamous & Mutani, 2021).

Analisi

Analizzando la forma dell'edificio, il periodo di costruzione, la morfologia urbana e le caratteristiche socioeconomiche dei quartieri, è possibile osservare che i quartieri di vecchia costruzione hanno valori di rapporto di copertura edilizia più elevati, con aree edificate lorde maggiori, rispetto alle nuove aree urbane, con una presenza minore di verde pubblico e una superficie asfaltata molto più estesa. È possibile osservare che gli edifici residenziali analizzati in questi quartieri hanno un rapporto S / V molto simile; la maggior parte degli edifici sono isolati a corte chiusa. Questo ha permesso di valutare, a parità di compattezza dell'edificio, quanto l'orientamento, il periodo di costruzione e la forma urbanistica del quartiere influiscano sulla prestazione energetica dell'edificio e sul clima locale degli spazi esterni.

Sull'area vengono condotte **analisi di sensitività** studiando sei variabili dell'edificio:

- tasso di infiltrazione,
- rapporto finestra-parete (WWR),
- trasmittanza (U) di finestre, muri, tetti e pavimenti.

L'effetto delle variabili degli edifici sulla domanda di energia per il riscaldamento e il raffreddamento degli ambienti è stato studiato analizzando tutti e quattro i quartieri precedentemente elencati.
Inoltre, i vari quartieri vengono modellati su ENVI-MET in modo da poterne valutare le **caratteristiche climatiche** (Todeschi, Bel-

tramino, El Jamous & Mutani, 2021).

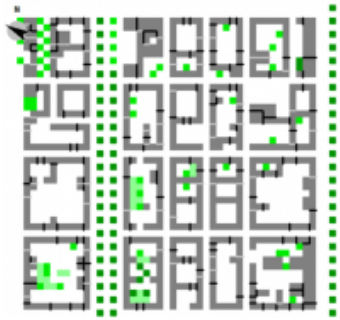


Fig. 11

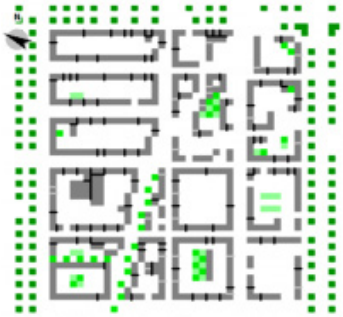


Fig. 12

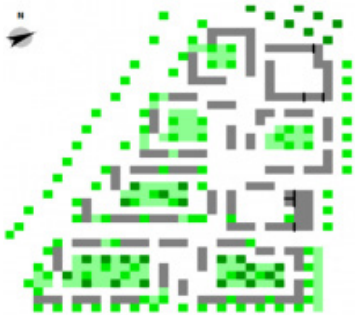


Fig. 13

Fig. 14

Fig. 11, 12, 12, 14 Le immagini riportano i modelli ENVI-MET per il calcolo climatico. La figura **11** rappresenta il quartiere Sacchi, la **12** Crocetta, la **13** Arquata e la **14** il Villaggio Olimpico.

Conclusioni

L'area con le temperature dell'aria esterna più basse, con minime di 33,6 °C e massime di 36,4 °C è il quartiere del Villaggio Olimpico. Questo perché, oltre alla presenza di aree verdi e alberate, sono presenti anche zone pedonali (non asfaltate) e superfici più permeabili (il rapporto di copertura è il più

Fig. 10, b, c, d, n. *Fonte immagine: Todeschi, V., Beltramino, S., El Jamous, B., Mutani, G. (2021), "Low-Energy Architecture for Sustainable Neighborhoods". Tecnica italiana, volume 65, pp. 85, 89-91.*

basso).

Dall'analisi del clima locale, inoltre, è emerso che il sole diretto e la temperatura dell'aria sono due fattori che influenzano fortemente il comfort termico e sono definiti dalla morfologia urbana e dall'orientamento del quartiere (Todeschi, Beltramino, El Jamous & Mutani, 2021).

Quartiere di Primavalle, Roma IT

2.2.4

Fonte: "Retrofitting dello spazio pubblico per la qualità ambientale ed ecosistemica di città più "Green"

Autori: Tucci F., Cecafosso V.,

Rivista: TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment, vol. 19

Anno: 2020

Pagine: 256-270

Il campo specifico di applicazione della sperimentazione - in un'ottica di "Green City Approach", con particolare riferimento agli aspetti di adattamento climatico nei confronti dei rischi, vulnerabilità e impatti dannosi derivanti dai fenomeni di ondate di calore e isole di calore urbano - è stato il quartiere romano di Primavalle, alla periferia della Capitale. Il quartiere è caratterizzato da ampie parti degradate o addirittura in stato di abbandono, in disuso o comunque sottoutilizzate, dove un'attenzione molto forte è stata prestata alla relazione tra lo specifico ambito urbano oggetto dello studio e dell'ipotesi di intervento e la città nel suo complesso (Tucci, Cecafosso, 2020).

La **sperimentazione** si è sviluppata nelle seguenti fasi:

Prima Fase: analisi dello stato di fatto dell'area studiata e del suo contesto;

Seconda Fase: costruzione di un quadro-concept di riferimento e definizione dei sistemi progettuali tecnologici che caratterizzeranno l'intervento di retrofitting. Parte essenziale di questa fase è stata la formulazione dello scenario di intervento e una prima valutazione sulla compatibilità del sistema d'intervento con gli obiettivi performativi del quadro-concept.

Terza Fase: Misurazione dinamica e valutazione delle performance

bioclimatico-ambientali.

Progetto

Un ruolo determinante e strutturante è stato assegnato al sistema degli spazi aperti pubblici, i cui assi strategici sono rappresentati da:

- Un sistema di **giardini e spazi verdi**, i quali contribuiscono alla sottrazione delle emissioni inquinanti presenti nell'area e assicurano il raffrescamento naturale per evapotraspirazione. Risulta strategica la loro interazione con la ventilazione naturale, opportunamente studiata differenziandone gli apporti nei diversi punti del quartiere.
- **Boulevard pedonali**, realizzati impiantando nuove alberature caducifoglie, con la presenza ai piani terra di negozi e servizi per attivare la vitalità urbana.
- Materiali e componenti appartenenti alle categorie dei **cool paver** e dei **cool material**, in modo da aumentare la quantità di energia riflessa, diminuendo quella immagazzinata, per ottenere una minore temperatura superficiale.
- **Tetti verdi** e involucri con colori chiari, a volte anche schermati con la vegetazione, per tutta l'area di intervento (Tucci F., Cecafosso V., 2020).

Fig. 15 Planimetria dell'area d'intervento e azioni di modelling simulation

Fig. 15 e 16. *Fonte immagine: Tucci F., Cecafosso V., (2020), "Retrofitting dello spazio pubblico per la qualità ambientale ed ecosistemica di città più "Green". TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment. Volume 19 (Jan. 2020), p. 265.*

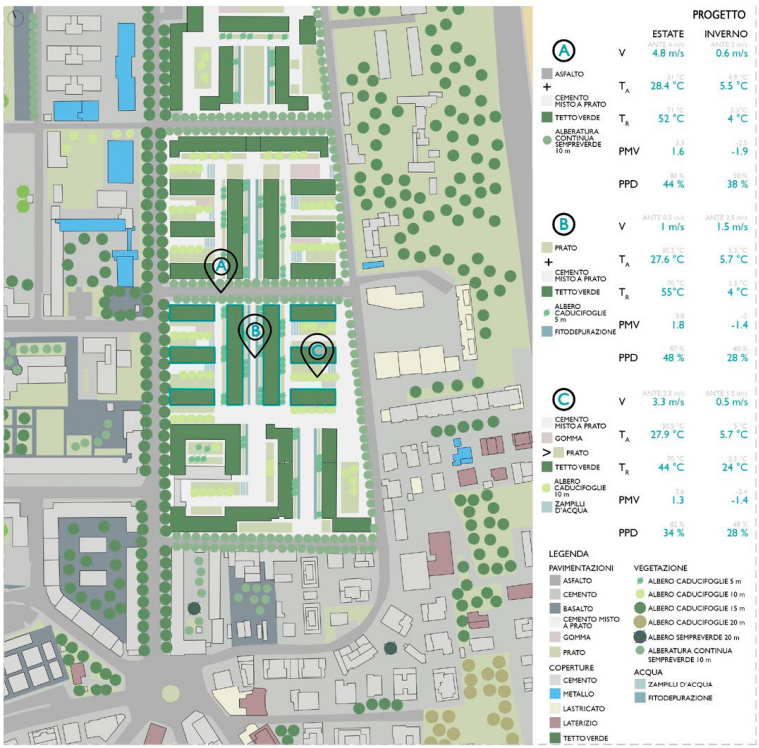


Fig. 16 Planimetria dell'area oggetto di intervento con indicazioni strategie progettuali

Conclusioni

La differenza ante/post-intervento consegna una migliore situazione per tutti i parametri e per tutte le situazioni studiate nella terza fase. I parametri in gioco, grazie agli interventi effettuati rispetto alla situazione originaria, fanno registrare in tutti i casi gli effetti progettualmente desiderati: la ventilazione naturale aumenta in estate e diminuisce in inverno; la temperatura dell'aria e la temperatura media radiante diminuiscono in estate e aumentano in inverno.
Il retrofitting si conferma una metodologia d'intervento adeguata e coerente di riqualificazione degli spazi aperti (Tucci, Cecafosso, 2020).

2.2.5 Cortili urbani nei Paesi Bassi, NL

Fonte: "Heat in courtyards: A validated and calibrated parametric study of heat mitigation strategies for urban courtyards in the Netherlands"

Autori: Taleghani, M., Tenpierik, M., Dobbelsteen, A. van. den. & Sailor, D.

Rivista: Solar energy, vol. 103

Anno: 2014

Pagine: 108 - 124

Questo documento riporta una revisione sulle strategie per il raffreddamento del microclima urbano, con conseguente applicazione ai cortili urbani nei Paesi Bassi.

Nella **fase 1**, viene analizzato l'impatto delle diverse geometrie e orientamenti del cortile; nelle **fasi successive**, i modelli di cortile vengono studiati nel contesto del clima olandese nel 2050[1]. Infine, tre **strategie di mitigazione** del calore vengono studiate parametricamente per la situazione attuale sulle seguenti caratteristiche: modifica dell'albedo delle facciate degli isolati urbani, aggiunta di verde urbano e di stagni d'acqua.

Tutte le simulazioni sono state condotte utilizzando il software ENVI-MET, grazie al quale sono stati simulati 18 isolati urbani per 21 ore (con riferimento al giorno più caldo nei Paesi Bassi). I modelli di cortile variano in lunghezza e larghezza da 10 a 50 m, e hanno quattro orientamenti principali N – S, E – O, NW – SE e NE – SO (Taleghani, Tenpierik, Dobbelsteen & Sailor, 2014).

1. I dati climatici sono stati ipotizzati dal Royal Dutch Meteorological Institute Institute (KNMI), il quale ha tradotto le varianti IPCC in quattro scenari principali nel prossimo futuro nel 2050. Viene scelto lo scenario più estremo previsto (Taleghani, Tenpierik, Dobbelsteen & Sailor, 2014).

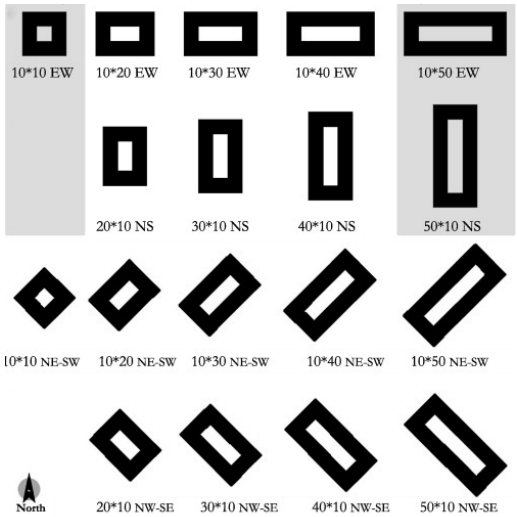


Fig. 17 Geometrie e orientamenti dei cortili urbani analizzati

Simulazione

La simulazione dei vari cortili viene suddivisa in cinque fasi.

- Nella **prima fase** viene calcolata la temperatura media radiante dei cortili analizzati;
- Nella **seconda fase**, i tre modelli di cortile di riferimento sono stati considerati per lo scenario climatico più severo per i Paesi Bassi nel 2050. La temperatura media radiante aumenta (solo) di 3 °C nello scenario 2050[1] poiché l'effetto della temperatura sulla temperatura media radiante (T_{mrt}) è molto basso: T_{mrt} è solo leggermente superiore rispetto al clima attuale.

Sulla base di queste differenze tra il clima attuale e quello futuro nei Paesi Bassi, le tre fasi successive dell'analisi hanno studiato le possibili strategie di mitigazione del calore.

Fig. 17. *Fonte immagine: Taleghani, M., Tenpierik, M., Dobbelsteen, A. van. den. & Sailor, D. (2014), "Heat in courtyards. A validated and calibrated parametric study of heat mitigation strategies for urban courtyards in the Netherlands". Solar energy, volume 103, p. 112.*

- Nella **terza fase** di questo studio è stata aumentata l'**albedo** delle facciate dei modelli. Ne deriva che la temperatura media radiante all'interno dei cortili, con facciate ad alta albedo, durante l'esposizione solare, è maggiore rispetto ai cortili con facciate a bassa albedo. Poiché un cortile è una forma urbana chiusa c'è una minore probabilità di dissipare gli apporti solari provenienti dagli edifici.
- Nella **quarta fase** di questo studio, per i tre modelli di riferimento è stato considerato l'effetto raffrescante dell'**acqua**. All'interno del cortile è stata posta una vasca d'acqua a terra che copre il 65% dell'area. La temperatura media radiante con l'acqua è inferiore a quella senza l'acqua, con una diminuzione massima di 21°C. L'acqua ha un'elevata capacità termica per cui non si riscalda così rapidamente come la pavimentazione in calcestruzzo.
- Nella **quinta fase** il terreno dei cortili e le coperture degli isolati urbani sono stati ricoperti d'**erba**. Il primo vantaggio dell'erba è la schermatura del sole al livello del suolo. Pertanto, il suolo assorbe meno energia solare. Inoltre, l'erba e il terreno raffreddano la superficie del suolo e lo strato d'aria sovrastante mediante l'evapotraspirazione, un effetto simile all'effetto di raffreddamento evaporativo degli stagni d'acqua.
  L'inverdimento degli spazi urbani e l'installazione di tetti verdi e pavimentazioni porose migliora la qualità dell'aria, riduce la temperatura dell'aria ambiente e di conseguenza riduce la domanda energetica di condizionamento dell'aria interna (Taleghani, Tenpierik, Dobbelsteen & Sailor, 2014).

Conclusioni

Il fenomeno delle isole di calore urbane e il cambiamento climatico hanno portato e porteranno ulteriormente ad un aumento della temperatura negli spazi urbani e nelle città. Pertanto, sono necessarie soluzioni per migliorare il microclima

e fornire un ambiente più confortevole.

La prima fase dello studio ha mostrato che in una giornata estiva la direzione E – O fornisce una lunga durata di sole diretto. Al contrario, la direzione N – S fornisce il periodo più breve di radiazione solare al centro di un cortile. La rotazione dei modelli ha anche mostrato che i cortili orientati NW-SE ricevono il sole la mattina presto mentre i cortili orientati NE-SW ricevono il sole principalmente nel pomeriggio.

L'aumento dell'albedo delle facciate, invece, ha comportato un notevole aumento della temperatura media radiante a causa dell'aumento della radiazione solare riflessa (sebbene riduca la temperatura interna degli edifici).

Infine, l'utilizzo di una vasca d'acqua all'interno del cortile o la copertura del terreno del cortile con vegetazione hanno ridotto notevolmente sia la temperatura dell'aria sia la temperatura media radiante, per cui risultano entrambe valide strategie di mitigazione del calore urbano (Taleghani, Tenpierik, Dobbelsteen & Sailor, 2014).

3.Caso studio

3.1 Torino: inquadramento

3.1.1 Inquadramento geografico-storico

3.1.2 Popolazione

3.1.3 Clima

3.1.4 Qualità dell'aria

3.1.5 Il sistema del verde

3.1.6 Vulnerabilità climatica

3.1.7 Consumo di suolo

3.1.1

Inquadramento geografico-storico

Torino è una città collocata nella parte nord-occidentale dell'Italia, circondata dalla corona delle Alpi Occidentali e affiancata dalle colline ad est. Si sviluppa territorialmente su una superficie di 137 km², occupando circa il 2% del territorio della Città Metropolitana (CMT)[1]. Posta sul limite occidentale della Pianura Padana, viene bagnata da quattro corsi d'acqua con origini alpine; infatti, risulta un territorio con corridoi ecologici fluviali di importanza notevole, in quanto "cerniere" tra l'arco alpino e pedemontano e la collina torinese. Gli assi fluviali, infatti, in particolare quelli torrenziali della Stura di Lanzo e del Sangone, fanno da connessione alle grandi aree verdi limitrofe: il parco della Mandria a nord-ovest e il parco naturale di Stupinigi a sud, con le rispettive aree pedemontane di Lanzo Torinese e Avigliana[1].

La città conserva la rete viaria ereditata dagli antichi romani, ampliata e rammodernata dalla dinastia dei Savoia, che a partire dal secolo XVI, diedero alla loro città una razionale e rigorosa sistemazione urbanistica, perfezionata e completata poi nei secoli successivi. Notevole fu il rinnovamento urbanistico ed edilizio nei secoli XIX e XX, che vide la creazione di nuove importanti strade e viali alberati, la costruzione di nuovi edifici e di zone verdi, tra le quali spicca il parco del Valentino[2].

Nel centro della città è situata piazza Castello, attorno alla quale sono raggruppati i principali monumenti storici di Torino, e dove sbocca via Roma. I quartieri residenziali si sono sviluppati lungo il Po e sulle colline della riva destra del fiume, collegati da grandi ponti che uniscono le due rive: ponte Balbis, Isabella, Umberto I, Vittorio Emanuele I, Regina Margherita, ponte di Sassi. I quartieri

1. *Fonte: Il Piano Strategico dell'Infrastruttura Verde Torinese, http://www.comune.torino.it/consiglio/documenti1/atti/allegati/202002957_1tc.pdf, consultato il 10/09/2021.*

2. *Fonte: Visita Torino, https://www.visitatorino.com/geografia-di-torino/index.html, consultato il 10/09/2021.*

industriali, invece, occupano la periferia, a nord, a ovest e soprattutto a sud del centro.

Torino, divenuta nel XIX e XX secolo capoluogo di un importante distretto meccanico e tessile, è centro propulsore di un vasto agglomerato urbano, il secondo, dopo Milano, fra i maggiori centri industriali italiani. Spicca l'industria meccanica e metallurgica, specialmente nel settore automobilistico

Negli anni Ottanta-Novanta, la crisi che ha colpito l'industria automobilistica Fiat, pilastro dell'economia della città, e che si è propagata a tutto l'indotto, nonché i vari processi di ristrutturazione in atto in diversi altri settori industriali (meccanici ed elettronici), hanno prodotto gravi ripercussioni sul livello di occupazione con conseguente riduzione progressiva della popolazione residente[2].

Popolazione

3.1.2

Il picco demografico a Torino è stato raggiunto nel 1974, anno in cui si è raggiunta la cifra di 1,2 milioni di abitanti. In seguito, la popolazione ha iniziato a diminuire in modo progressivo, con un calo del 3% dal 1995 e il 2015[3].
Attualmente la popolazione risulta di 848.196 (Dati ISTAT, aggiornati al 15 settembre 2021), e come si può notare dalla figura 1, negli ultimi anni continua il trend negativo.

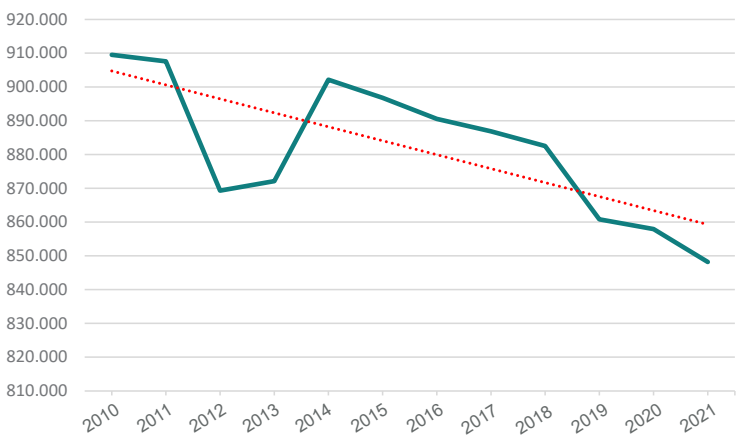


Fig. 1 Andamento della popolazione residente a Torino (dati riferiti al 1° gennaio)

La città di Torino ha attualmente una densità di popolazione di 6.524,08 ab./km^2 (Dati ISTAT, aggiornati al 15 settembre 2021).

Per quanto riguarda la Circoscrizione VI, area che verrà approfondita in seguito, la popolazione risulta essere di 104.899 abitanti. La densità abitativa di tale Circoscrizione è di 4.725,18 ab./km^2(Dati riferiti al 31/12/2020)[4], inferiore alla densità complessiva di Torino.

3. *Fonte: La città e i suoi numeri (2016), ttp://www.urbancenter.to.it/wp-content/uploads/2016/05/La-citta%CC%80-e-i-suoi-numeri.pdf consultato il 2/09/2021.*

4. *Fonte: Città di Torino, Servizio Telematico Pubblico, http://www.comune.torino.it/statistica/dati/demog.htm, consultato il 2/09/2021.*

Fig. 1. Dati estrapolati dall'ISTAT.
Fonte: http://dati.istat.it/Index.aspx?QueryId=18540#, consultato il 2/09/2021.

Le stime dei demografi indicano una probabile evoluzione della struttura della popolazione, rappresentata nella figura 2, caratterizzata da un marcato aumento degli ultra 60enni e una diminuzione dei minorenni. Oltre al progressivo invecchiamento demografico, negli ultimi anni si registra anche una graduale diminuzione della popolazione compresa nella fascia d'età lavorativa, convenzionalmente considerata tra 15 e 64 anni[5].

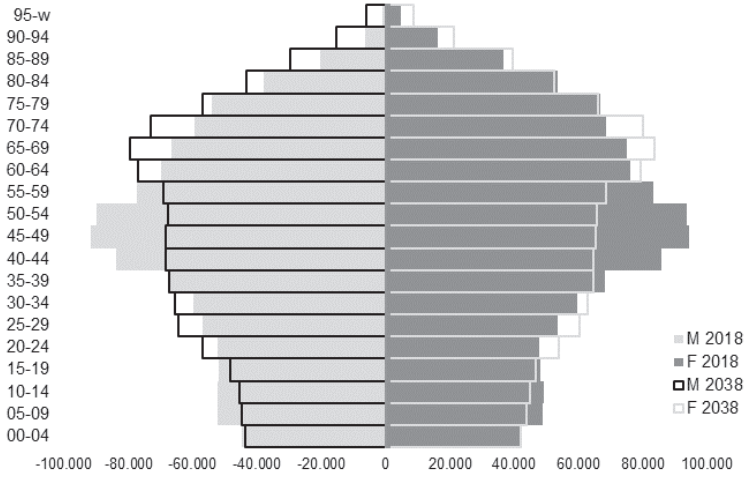


Fig. 2 Età della popolazione nella città metropolitana di Torino: 2020 e stime 2038

5. *Fonte: VENTUNESIMO RAPPORTO GIORGIO ROTA SU TORINO. 2020, https://www.rapporto-rota.it/images/rapporti/Ripartire_XXI_Rapporto_Giorgio_Rota.pdf, consultato il 2/09/2021.*

Fig. 2. *Fonte grafico: VENTUNESIMO RAPPORTO GIORGIO ROTA SU TORINO. 2020, https://www.rapporto-rota.it/images/rapporti/Ripartire_XXI_Rapporto_Giorgio_Rota.pdf, consultato il 2/09/2021.*

Clima

3.1.3

Considerando la città metropolitana di Torino, le differenze di temperatura tra le aree a copertura artificiale densa o diffusa, rispetto a quelle rurali, raggiungono valori superiori a 6°C, valore nettamente al di sopra delle altre città metropolitane, le quali hanno range che si aggirano attorno ai 2°C. La densità del suolo consumato influisce sicuramente sul fenomeno dell'isola di calore urbano, che tuttavia dipende anche da altri fattori, come la presenza di vegetazione, la disposizione dell'urbanizzato e la circolazione dei venti[6].

La temperatura media è aumentata negli ultimi decenni di circa 0,15°C ogni 10 anni. In particolare, si osserva come la temperatura media sia stata sempre al disopra della norma del trentennio di riferimento (1971-2000) per un aumento complessivo stimato di circa 1°C in 50 anni[7]. I dati riportati dall'Arpa[8] negli ultimi anni confermano l'aumento progressivo della temperatura media. Esaminando il grafico in figura 3, si può notare come la linea di tendenza sia positiva. I dati riportati sono riferiti agli anni 2006-2019[8].

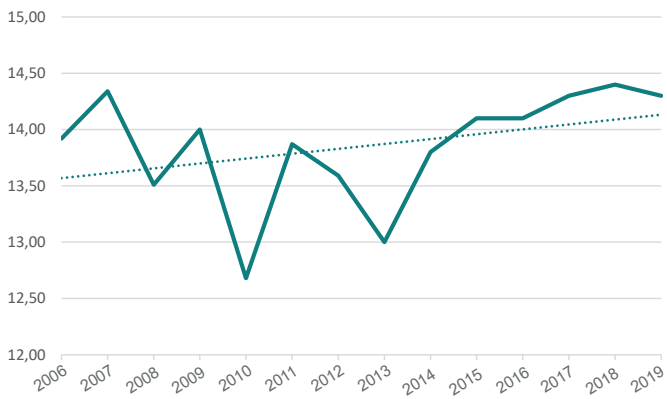


Fig. 3 Valori medi annuali della concentrazione

Le aree urbane soffrono degli effetti delle ondate di calore sulla salute, che si traducono in un aumento della mortalità e della morbilità[7].

6. *Fonte: Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici (2019), https://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2019/09/Rapporto_consumo_di_suolo_20190917-1.pdf, consultato il 10/09/2021.*

7. *Fonte: Città di Torino, Servizio Telematico Pubblico, http://www.comune.torino.it/ambiente/bm~doc/relazione_arpa_clima.pdf, consultato il 10/09/2021.*

8. e Fig. 3. *Fonte: ARPA, http://www.arpa.piemonte.it/reporting/indicatori-on_line/componenti-ambientali/clima/clima_temperatura-media, consultato il 10/09/2021.*

3.1.4 Qualità dell'aria

Torino è situata nell'area più industrializzata d'Italia e tra le più industrializzate d'Europa. Le emissioni di sostanze inquinanti sono quindi particolarmente alte. Inoltre, la pianura padana è caratterizzata da una conformazione morfologica che rende difficoltosa la dispersione degli inquinanti stessi[10].

Infine, le poco favorevoli condizioni climatiche e meteorologiche, in particolare le condizioni di elevata stabilità atmosferica che caratterizzano la stagione invernale, non consentono la dispersione degli inquinanti, contribuendo a rendere Torino una delle città italiane con il più alto tasso di inquinamento atmosferico[9].

Ciò nonostante, negli ultimi 30 anni la qualità dell'aria a Torino è migliorata in modo significativo anche se tale miglioramento non è ancora sufficiente a rispettare i nuovi limiti introdotti dalla normativa europea a tutela della salute umana e dell'ambiente.

L'inquinamento da **PM_{10}** e **NO_2** rappresenta l'urgenza più sentita, soprattutto in seguito alle norme sempre più stringenti impartite dall'Unione Europea. Questo porta a provvedimenti intrapresi da Torino e da altre città italiane, i quali si concentrano prevalentemente sulla loro riduzione[10].

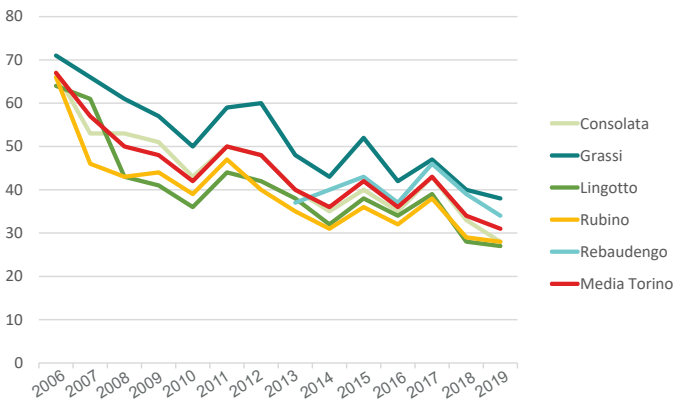


Fig. 4 Valori medi annuali della concentrazione di PM_{10} dal 2006 al 2019 a Torino (aggiornato al 27.03.2020)

9. *Fonte: Città di Torino, Servizio Telematico Pubblico, http://www.comune.torino.it/ambiente/aria/index.shtml, consultato l'11/09/2021.*

10. *Fonte: Città di Torino, Servizio Telematico Pubblico,* http://www.comune.torino.it/ambiente/aria/aria_torino/index.shtml, *consultato l'11/09/2021*

Fig. 4. *Fonte: Città di Torino, Servizio Telematico Pubblico, http://www.comune.torino.it/ambiente/aria/aria_torino/variazioni-pm10.shtml, consultato l'11/09/2021.*

Il sistema del verde

3.1.5

Il sistema del verde di Torino conta oltre 48.000.000 m² di **superficie verde** (pubblico e privato) e rappresenta circa il 37% della superficie comunale (in media circa 55 m² per abitante). Di questo verde quasi 6.000.000 m² sono attualmente coltivati (circa il 12,5% del totale) e 9.500.000 sono attualmente aree boschive (circa il 20% del totale). Della superficie a verde totale del territorio di Torino, il 38% è patrimonio pubblico mentre il 62% è di proprietà e gestione privata[11].

Il patrimonio di verde a **gestione pubblica** è costituito da 18.200.000 m² di superficie, con un rapporto di circa 20 m² per abitante: dato che è al di sopra della media europea (18,2 m² per abitante) ed è più del doppio della soglia minima raccomandata dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (9 m² per abitante)[11].

Gli **alberi** in città sono 110.000, di cui 60.000 collocati lungo 320 km di viali alberati ed altri 230.000 negli oltre 140 ettari di aree boscate collinari di proprietà comunale. Essi sono una presenza costante del territorio cittadino, e gli imponenti viali alberati che lo attraversano, introdotti ad inizio '800, sono un tratto distintivo del paesaggio urbano, al punto da rappresentare una componente urbanistica che definisce il carattere della città, rendendo difficile immaginarla prescindendo da questo elemento.
Le specie più rappresentate sono: il Platano, il Tiglio, il Bagolaro, l'Acero e l'Ippocastano[11].

Questi dati pongono la città di Torino ai primi posti in Italia per disponibilità pro-capite di verde urbano fruibile[11].

11. *Fonte: Il Piano Strategico dell'Infrastruttura Verde Torinese, http://www.comune.torino.it/consiglio/documenti1/atti/allegati/202002957_1tc.pdf, pagg. 14-18, consultato l'11/06/2021.*

3.1.6 Vulnerabilità climatica

Torino si è già trovata a dover far fronte a episodi particolarmente acuti di alluvioni e ondate di calore. La città ha subito ingenti danni a causa delle esondazioni dei fiumi che la attraversano nel 1994, nel 2000 e nel 2016, mentre nel 2003 ha registrato la prima situazione di emergenza legata alle ondate di calore (fenomeno in aumento negli ultimi anni) con forte incremento del tasso di mortalità in città.
Lo **studio di assessment climatico** per l'area urbana torinese, condotto a maggio 2018 dall'Arpa Piemonte, evidenzia una tendenza significativa all'aumento sia nelle temperature massime sia nelle temperature medie. Dalle analisi è emerso che la maggior parte del tessuto urbanizzato della città si trova nell'area definita di pericolo moderato, mentre le aree della città ad alto rischio sono concentrate su due grandi gruppi di edifici industriali. In sintesi: 27% del territorio è a basso rischio isola di calore; 44% del territorio è a medio rischio isola di calore; 2% del territorio è a elevato rischio isola di calore[12].

L'infrastruttura verde è una delle chiavi per contrastare l'effetto Isola di Calore. Infatti, considerando solo le parti del territorio a **rischio nullo o rischio basso**[13] rispetto alle isole di calore, che interessano il 54% del territorio comunale, si nota la loro concentrazione in corrispondenza delle aree verdi o aree ad esse limitrofe, nonché in prossimità dei viali alberati, evidenziando come la prossimità all'infrastruttura verde possa mitigare l'esposizione al rischio[12]. Di contro, le **aree a rischio medio e alto**[13], che interessano il 46% del territorio comunale, si concentrano principalmente nelle aree urbanizzate e quindi impermeabili. In particolare, l'area pianeggiante è la parte della città più densamente edificata e, quindi, maggiormente esposta ai fenomeni di "isola di calore urbana". Le aree più critiche risultano le aree industriali, che rappresentano spesso grandi spazi privi di infrastruttura verde e con vaste superfici impermeabili[12].

12. *Fonte: Il Piano Strategico dell'Infrastruttura Verde Torinese, http://www.comune.torino.it/consiglio/documenti1/atti/allegati/202002957_1tc.pdf, pagg. 82-86, consultato l'11/06/2021.*

13. Classificazione derivante dallo studio di assessment climatico per l'area urbana torinese, presentato da Arpa Piemonte a maggio 2018.

Consumo di suolo

3.1.7

Il consumo di suolo, monitorato dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA)[14], è un fenomeno associato alla perdita di una risorsa ambientale fondamentale, dovuta all'occupazione di superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale. Il fenomeno si riferisce, quindi, a un incremento della copertura artificiale di terreno, legato alle dinamiche insediative.
Il consumo di suolo può essere definito come «una variazione da una copertura non artificiale (suolo non consumato) a una copertura artificiale del suolo (suolo consumato)»[15].
L'impermeabilizzazione del suolo costituisce la forma prevalente di copertura artificiale. Le altre forme di copertura artificiale del suolo sono: la perdita totale della "risorsa suolo" attraverso l'asportazione per escavazione e la perdita parziale, più o meno rimediabile, della funzionalità della risorsa a causa di fenomeni quali la contaminazione e la compattazione dovuti alla presenza di impianti industriali, infrastrutture, manufatti, depositi permanenti di materiale o passaggio di mezzi di trasporto (Figura 5).
La rappresentazione più tipica del consumo di suolo è, quindi, data dal crescente insieme di aree coperte da edifici, fabbricati, capannoni, strade asfaltate o sterrate, discariche, cantieri, ecc[15].

Torino pone tale tema come di rilevanza centrale nel governo dei processi di trasformazione del territorio. L'attuale quadro normativo in materia considera azioni indifferibili della tutela dell'ambiente sia la limitazione del consumo di suolo, sia gli impatti ad esso connessi. Pertanto, si ritiene che le compensazioni ambientali siano da realizzarsi prioritariamente attraverso interventi di deimpermeabilizzazione, ricostituzione del suolo (anche tramite riuso) e ri-naturalizzazione di superfici già consumate, di proprietà della Città e destinate a servizi[16].
Analizzando i dati a livello provinciale, in Piemonte, Torino ha

14. Il Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) è una realtà a partire dal 14 gennaio 2017, data di entrata in vigore della legge di Istituzione del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente e disciplina dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale. Fonte: https://www.snpambiente.it/chi-siamo/, *consultato l'8/09/2021.*

15. *Fonte: ISPRA, https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/il-consumo-di-suolo, consultato il 27/08/2021.*

16. *Fonte: Il Piano Strategico dell'Infrastruttura Verde Torinese, http://www.comune.torino.it/consiglio/documenti1/atti/allegati/202002957_1tc.pdf, consultato l'8/09/2021.*

consumato l'8,53% di suolo nel 2020, risultando quella con l'estensione maggiore in termini assoluti, rispetto alle altre provincie piemontesi, con una superficie di 58.237 ha. Novara, invece, rappresenta la provincia con il valore percentuale più alto, riferito all'estensione provinciale totale, arrivando al 10,99%. Entrambi i dati superano abbondantemente la media regionale che si attesta a 6,67% del suolo consumato e quella nazionale che arriva a 7,11% (Dati ISPRA 2020)[17].

Confrontando i dati a livello comunale, Torino risulta una delle città con valori assoluti più alti con 8.462 ettari consumati, i quali rappresentano un valore percentuale del 65,03% (preceduta solamente da Roma e Milano)[17].

Il grafico a torta, sottostante, riporta le **tipologie di suolo consumato** all'interno della provincia di Torino.

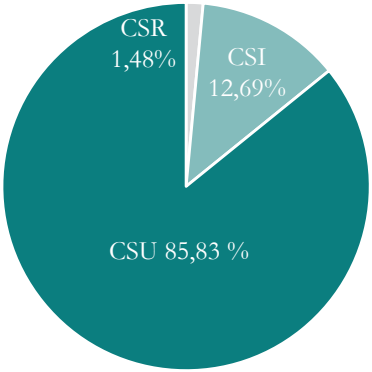


Fig. 5 Distribuzione percentuale delle diverse tipologie di consumo di suolo a livello provinciale (Provincia di Torino).

17. *Fonte: ISPRA. Schede di dettaglio sui dati regionali, https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/il-consumo-di-suolo/i-dati-sul-consumo-di-suolo, consultato l'8/09/2021.*

Fig. 5. *Il grafico riporta le percentuali di consumo del suolo da superficie urbanizzata (CSU), del consumo di suolo da infrastrutture (CSI) e del consumo di suolo reversibile (CSR).*
Fonte: MONITORAGGIO DEL CONSUMO DI SUOLO IN PIEMONTE (2015), https://www.isprambiente.ghttps://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/territorio/monitoraggio-consumo-suolo, consultato l'8/09/2021.

3.Caso studio

3.2 Torino: il quartiere Regio Parco

3.2.1 Circoscrizione VI e il quartiere Regio Parco

3.2.2 Infrastrutture

3.2.3 Aree e corridoi verdi

3.2.4 Aree verdi - Area d'intervento

3.2.5 Servizi - Area d'intervento

3.2.6 Analisi sulla densità edilizia -
Area d'intervento

3.2.7 Individuazione lotti - Area d’intervento

3.2.8 Area 1

3.2.9 Area 2

3.2.10 Area 3

3.2.11 Area 4

3.2.1 Circoscrizione VI e il quartiere Regio Parco

Scendendo di dettaglio l'area su cui si concentra l'analisi del comportamento delle varie tipologie di isolato urbano è compresa all'interno della **Circoscrizione VI** (**Map. 1**)
I confini risultano essere a est: fiume Po e corso Regio Parco; a sud: corso Novara e, in prosecuzione, corso Vigevano sino a via Stradella; a ovest: dall'asse FF.SS. Torino-Venezia sino al ponte sul torrente Stura di Lanzo e poi lungo la Stura sino ai confini dei comuni di Borgaro e Venaria; a nord: sino ai confini coi comuni di San Mauro e Settimo Torinese. Il Territorio, così delimitato, copre un'area di 22,20 km quadrati; si sviluppa nella zona nord ed è il più esteso della città. Esso ha subito, nel corso degli ultimi cento anni, molte trasformazioni: dalla prima immigrazione del Novecento all'industrializzazione e alla successiva deindustrializzazione, fino all'attuale progetto di rigenerazione urbana in quest'area (Variante Strutturale n.200). Tale progetto cambierà il volto dell'intera area nord (Spina 4, Sempione-Gottardo, Scalo Vanchiglia), come approfondito nelle pagine successive, grazie al tracciato della Linea 2 della Metropolitana e alla trasformazione di circa un milione di metri quadri di aree dismesse in nuovi edifici e spazi verdi. La Circoscrizione è costituita da quartieri molto diversi tra loro per storia, tipologia e caratteristiche storico culturali[1].

La circoscrizione VI è suddivisa a sua volta in sette quartieri: Barriera di Milano, Regio Parco, Rebaudengo, Bertolla, Barca, Falchera e Villaretto. Il quartiere oggetto di analisi è **Regio Parco**, la cui nascita è legata alla dinastia dei Savoia. Il nome deriva dal fatto che nel XVI secolo tutto il suo territorio fu adibito a parco[1], concepito come tenuta agricola[2]. Il duca Emanuele Filiberto, dopo aver trasferito la capitale del ducato da Chambery a Torino nel 1563, operò un

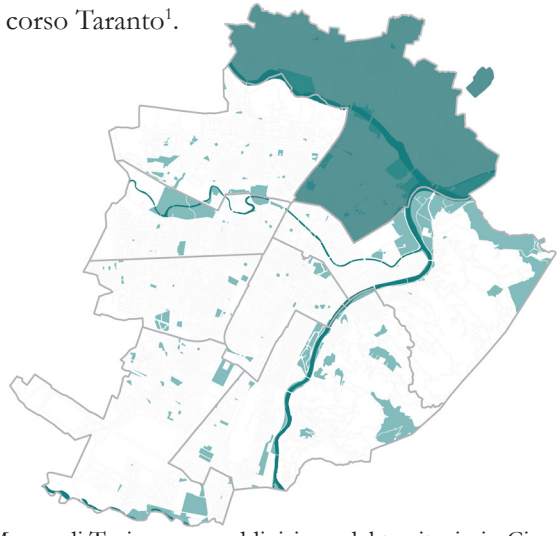
1. *Fonte: MuseoTorino, https://www.museotorino.it/view/s/de31cbaf8dc94577962e4d61983a986f, consultato il 24/08/2021.*

2. *Fonte: MuseoTorino, https://www.museotorino.it/view/s/3ed9a9aeaf914c05a5fb383ccdafa779#:~:text=Proprio%20in%20questa%20zona%2C%20nel,architetto%20di%20corte%20Ascanio%20Vittozzi, consultato il 24/08/2021.*

programma di acquisti fondiari per creare quella che poi fu definita la "corona di delizie", grandi estensioni di terreni al Valentino, a Stupinigi, a Venaria, il feudo del castello di Lucento e la zona compresa tra i fiumi Dora Stura e Po, conosciuta con il toponimo di Viboccone[2]. Proprio in questa zona viene costruito il cosiddetto palazzo del Viboccone.

In seguito al suo declino, la necessità di ampliare la Regia Fabbrica del Tabacco di via della Zecca, porta alla decisione di utilizzare l'antica residenza di caccia del Viboccone per impiantare una fabbrica modello completa di tenuta agricola per la coltivazione del tabacco. Nell'Ottocento viene chiusa la fabbrica di via della Zecca e tutta la produzione si sposta alla fabbrica del Regio Parco, ulteriormente ingrandita tanto da arrivare a contare, a fine Ottocento, circa 2000 dipendenti. Attorno allo stabilimento incomincerà a svilupparsi il borgo con le prime case, l'asilo Umberto I (1880), la scuola elementare Abba (1882) e la chiesa di san Gaetano da Thiene (1889)[2].

Diverse trasformazioni urbanistiche si susseguono anche all'inizio del Novecento, con l'ampliamento della cinta daziaria fino a piazza Rebaudengo e la creazione di una fitta rete viaria, dalla quale emerse per importanza via Bologna, nodo strategico nei collegamenti fra la città ed il borgo. Nell'area è presente anche il quartiere ERP (Edilizia Residenziale Pubblica) che si sviluppò negli anni Sessanta intorno a corso Taranto[1].



Map. 1 Mappa di Torino con suddivisione del territorio in Circoscrizioni

Fig. 1. La mappa a fianco evidenzia la Circoscrizione VI oggetto di analisi.
Fonte: http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico.

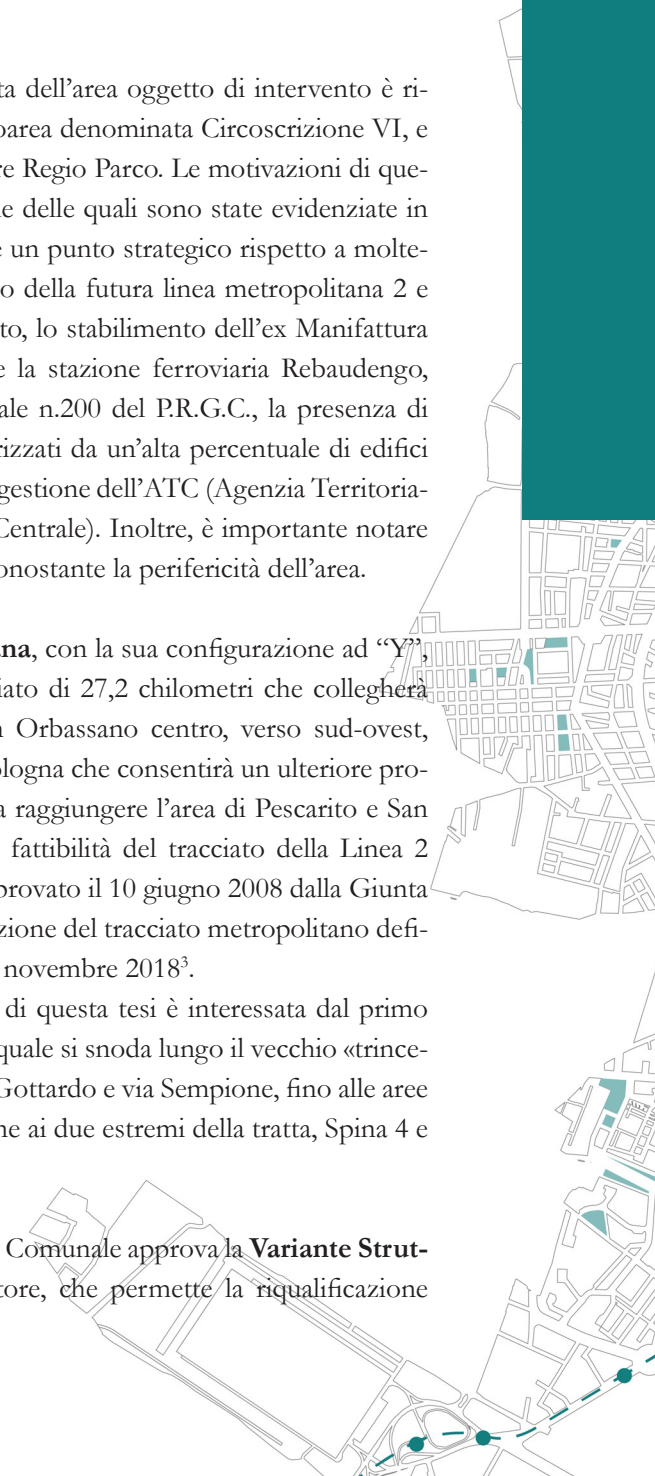
Infrastrutture

3.2.2

Come già specificato, la scelta dell'area oggetto di intervento è ricaduta all'interno della macroarea denominata Circoscrizione VI, e più precisamente nel quartiere Regio Parco. Le motivazioni di questa scelta sono diverse, alcune delle quali sono state evidenziate in mappa La zona di progetto è un punto strategico rispetto a molteplici infrastrutture: il tracciato della futura linea metropolitana 2 e alcune sue stazioni in progetto, lo stabilimento dell'ex Manifattura Tabacchi, la spina centrale e la stazione ferroviaria Rebaudengo, l'area della Variante Strutturale n.200 del P.R.G.C., la presenza di diversi tessuti urbani caratterizzati da un'alta percentuale di edifici residenziali pubblici, sotto la gestione dell'ATC (Agenzia Territoriale per la Casa del Piemonte Centrale). Inoltre, è importante notare la vicinanza al centro città, nonostante la perifericità dell'area.

La **linea 2** della **metropolitana**, con la sua configurazione ad "Y", si svilupperà lungo un tracciato di 27,2 chilometri che collegherà la stazione Rebaudengo con Orbassano centro, verso sud-ovest, con una deviazione da via Bologna che consentirà un ulteriore prolungamento della linea sino a raggiungere l'area di Pescarito e San Mauro Torinese. Il piano di fattibilità del tracciato della Linea 2 della Metropolitana viene approvato il 10 giugno 2008 dalla Giunta Torinese[1], mentre l'individuazione del tracciato metropolitano definitivo è stato approvato il 20 novembre 2018[3].
L'area oggetto di intervento di questa tesi è interessata dal primo tratto della suddetta linea, la quale si snoda lungo il vecchio «trincerone» ferroviario tra via San Gottardo e via Sempione, fino alle aree industriali in via di dismissione ai due estremi della tratta, Spina 4 e Scalo Vanchiglia[4].

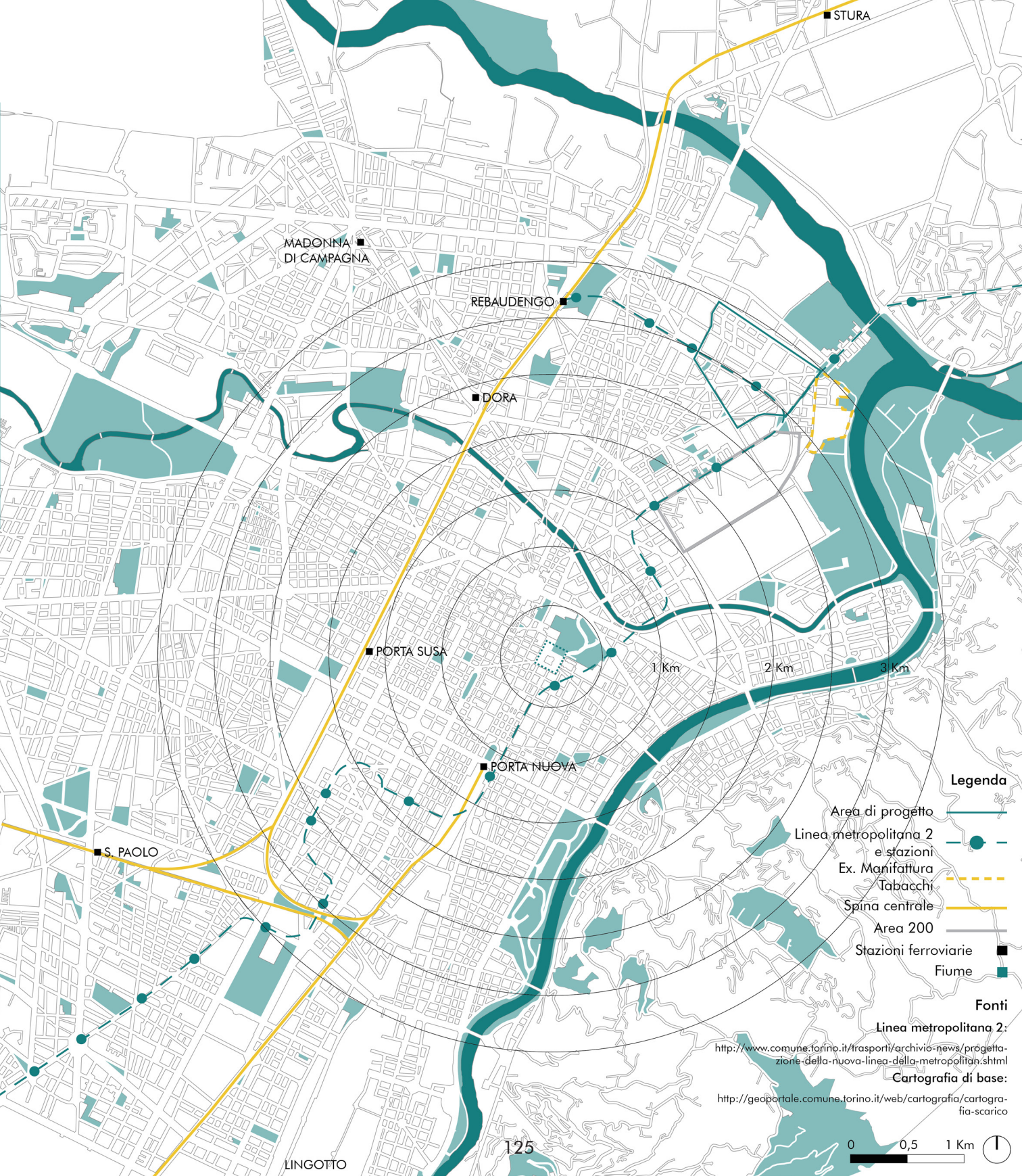
Il 15 giugno 2009 il Consiglio Comunale approva la **Variante Strutturale 200** al Piano Regolatore, che permette la riqualificazione



3. *Fonte: Otipiemonte, https://www.otipiemonte.it/progetti/metropolitana_di_torino___linea_2, consultato il 24/08/2021.*

4. *Fonte: MuseoTorino, https://www.museotorino.it/view/s/c0cda5679d114da7a4f197cf6f07d6c9, consultato il 24/08/2021.*

5. *Fonte: VARIANTE N. 200 AL PRG, PROGETTO PRELIMINARE, RELAZIONE ILLUSTRATIVA, Torino, 2010: http://geoportale.comune.torino.it/web/sites/default/files/mediafiles/01_relazione_illustrativa_allegato_10bis.pdf, consultato il 24/08/2021.*


STURA
MADONNA DI CAMPAGNA
REBAUDENGO
DORA
PORTA SUSA
PORTA NUOVA
S. PAOLO
LINGOTTO
1 Km
2 Km
3 Km
Legenda
Area di progetto
Linea metropolitana 2 e stazioni
Ex. Manifattura Tabacchi
Spina centrale
Area 200
Stazioni ferroviarie
Fiume
Fonti
Linea metropolitana 2:
http://www.comune.torino.it/trasporti/archivio-news/progettazione-della-nuova-linea-della-metropolitan.shtml
Cartografia di base:
http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico
0
0,5
1 Km

dell'area di Barriera di Milano, in modo tale che, dalla conversione delle aree dismesse, si possano ricavare le risorse per co-finanziare, almeno in parte, la linea 2 della metropolitana[3].
Tale variante, trasformerà oltre un milione di metri quadrati di aree industriali dismesse ai due estremi del nuovo asse verde lasciando il posto a nuovi edifici[4].
In particolare, nell'**ex Scalo Vanchiglia**, nato a servizio dell'attività produttiva della Manifattura Tabacchi, che da tempo ha perso la sua funzione di scalo ferroviario, verrà avviata un'operazione di recupero del sito, la quale consentirà la creazione di un nuovo parco urbano, la costruzione di stazioni della nuova linea di metropolitana a servizio di cittadini, studenti ed operatori culturali ed economici e la costruzione di un nuovo quartiere di residenze ed edifici per attività produttive, artigianali e terziarie. Tale area è compresa tra corso Novara, via Bologna e la Manifattura Tabacchi[5].

La **spina 4**, invece, costituirà la principale porta di accesso settentrionale al capoluogo piemontese e il collegamento preferenziale verso l'aeroporto internazionale di Caselle.
La concentrazione di una serie di nodi portanti appartenenti a sistemi infrastrutturali in via di completamento ed in progetto (la stazione Fossata-Rebaudengo inserita nel sistema ferroviario metropolitano, il capolinea della nuova metropolitana) caratterizza questo tassello come uno dei punti di massima accessibilità dell'area metropolitana torinese, facendo del processo di trasformazione in progetto il motore di un'occasione importante di rigenerazione urbana. Le aree interessate alla testata della nuova infrastruttura sono caratterizzate in parte da grandi estensioni a parco urbano, il Parco Sempione e le aree industriali dismesse già assoggettate dal Piano Regolatore a Zone Urbane di Trasformazione e da ulteriori trasformazioni urbane, tutte organizzate attorno alla nuova stazione ferroviaria Fossata-Rebaudengo che diventa l'epicentro del nuovo quartiere[5].

La **Manifattura Tabacchi**, evidenziata in mappa con un tracciato verde, sorge nella zona nord della città. Inizialmente nasce come

6. *Fonte: MuseoTorino, https://www.museotorino.it/view/s/d35c5bc1b17e4819967c71cbceebafa9, consultato il 24/08/2021.*

7. *Fonte: Deliberazione n. 2010_03741. Progetto preliminare. Pareri Circoscrizioni. Circoscrizione 6: http://geoportale.comune.torino.it/web/node/533, consultato il 24/08/2021.*

palazzo del Viboccone a metà XVI secolo, podere per l'allevamento e lo svago, voluto dal duca Emanuele Filiberto. L'edificio, danneggiato durante gli assedi del 1640 e 1706, viene ristrutturato diventando a metà Ottocento l'affermato stabilimento della Regia Fabbrica del Tabacco. A partire dalla metà degli anni Cinquanta comincia il declino della fabbrica fino al 1996, quando cesserà la sua attività. Nell'anno 2002 è stata approvata la variante al Piano Regolatore che assegnava una nuova destinazione d'uso all'area in oggetto trasformandola da zona urbana di trasformazione ad area destinata a servizi pubblici. L'edificio è oggi sede di uffici dell'Università ed è destinato a diventare nuovo polo universitario[6].
Il Consiglio Comunale, infatti, appoggia l'insediamento di facoltà universitarie ed in particolare della SUISM (Struttura Universitaria di Igiene e Scienze Motorie) e dei relativi servizi, i quali potrebbero essere utilizzati anche dai residenti, ricavando parte delle risorse necessarie anche attraverso le entrate derivati dalle modifiche urbanistiche[7].

Infine, è molto interessante la presenza di diversi **tessuti urbani**, realizzati prevalentemente nella seconda metà del Novecento, i quali differiscono per densità edilizia, per tipologia di isolato, per quantità di verde al loro interno e per altezza degli edifici. Questa condizione risulta vantaggiosa per esaminare il modo in cui la morfologia urbana influenzi il microclima e individuare quale alternativa possa essere considerata la più adatta per mitigare le cause del cambiamento climatico all'interno del contesto urbano torinese.
Inoltre, l'area ha un'elevata concentrazione di residenze di proprietà o gestione dell'Agenzia territoriale per la casa della provincia di Torino (**ATC**), ente riorganiozzato nell'aprile del 1993, derivante dall'Istituto per le Case Popolari. Dotato di autonomia organizzativa, patrimoniale, amministrativa e contabile, la nuova struttura è infatti chiamata a rispondere all'obiettivo perseguito dalla normativa di garantire maggiori opportunità di intervento, anche nella prospettiva di favorire il reperimento delle risorse necessarie al fine di rafforzarne il ruolo di centro propulsore della politica per la casa[8].

8. *Fonte: MuseoTorino, https://www.museotorino.it/view/s/4de4b4e0372e46e9bdabdf14095a70a1, consultato il 24/08/2021.*

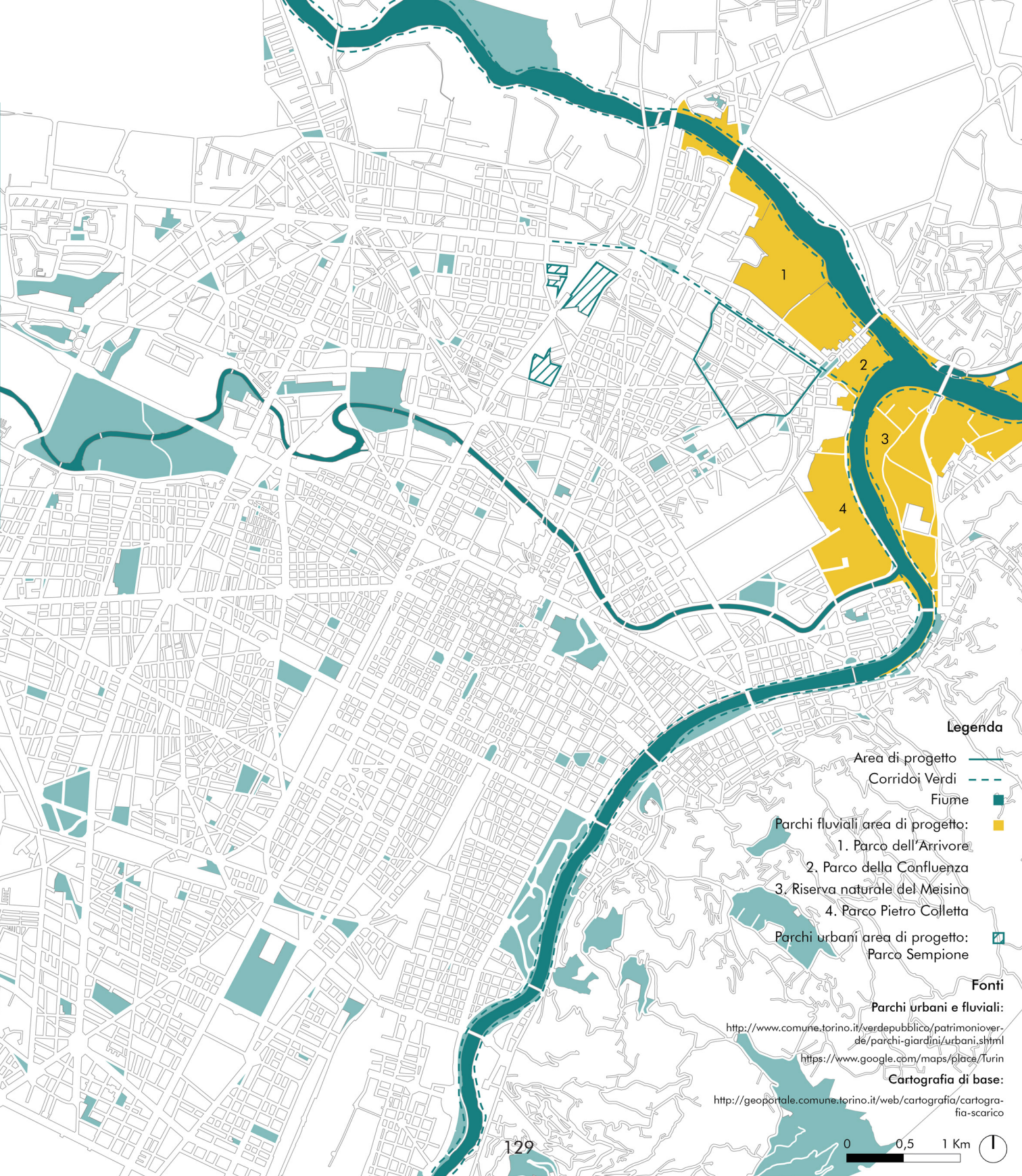
Aree e corridoi verdi

3.2.3

Le motivazioni della scelta dell'area di progetto si basano anche sulle caratteristiche ambientali della stessa.
Come dimostrato dalla mappa, la presenza di verde è molto alta, questo consente **ampia possibilità di progettazione** rispetto ad un tessuto consolidato. Innanzitutto, l'area è collocata vicino alla confluenza tra il fiume Po e il suo affluente, la Stura di Lanzo, dove si concentrano molte aree verdi a parco, in particolare troviamo il Parco dell'Arrivore, il Parco della Confluenza, la Riserva Naturale del Meisino e dell'Isolone Bertolla e più a Sud il Parco Pietro Colletta. I primi tre parchi citati hanno un interesse naturalistico di particolare importanza; queste aree protette sono gestite dall'Ente Parco "Aree Protette del Po' Torinese", il quale monitora la trasformazione del paesaggio del fiume, la qualità degli habitat e la conservazione delle specie. Tali ambiti, prossimi ai corsi d'acqua, rappresentano le aree a più elevata permeabilità ecologica, ma nel contempo a maggiore fragilità e vulnerabilità[9].

Verso ovest, invece, si ritrova il **parco Sempione**, che, a differenza dei precedenti parchi fluviali, è definito come parco urbano (in quanto all'interno della zona urbana semicentrale), collocato tra via Sempione, via Toscanini / via Cigna e via Boccherini. Parco realizzato nella seconda metà del Novecento, caratterizzato da una gestione di tipo estensivo[9].
La parte est, situata lungo il fiume, e la parte ovest, rappresentata da Parco Sempione, sono collegate tramite Corso Taranto, il quale potrebbe divenire "**corridoio verde**". Il grande viale è provvisto di sole due corsie per senso di marcia, la restante parte della carreggiata è occupata da un ampio viale alberato lungo cui sono disposte diverse attività quali: aree giochi, un'area per il mercato, un campo da pallacanestro, percorsi ciclabili e pedonali, un'area cani, chioschi, ecc.

9. *Fonte: http://www.comune.torino.it/consiglio/documenti1/atti/allegati/202002957_1tc.pdf consultato il 11/08/2021.*


1
2
3
4
Legenda
Area di progetto
Corridoi Verdi
Fiume
Parchi fluviali area di progetto:
1. Parco dell'Arrivore
2. Parco della Confluenza
3. Riserva naturale del Meisino
4. Parco Pietro Colletta
Parchi urbani area di progetto:
Parco Sempione
Fonti
Parchi urbani e fluviali:
http://www.comune.torino.it/verdepubblico/patrimonioverde/parchi-giardini/urbani.shtml
https://www.google.com/maps/place/Turin
Cartografia di base:
http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico
0
0,5
1 Km

Aree verdi

3.2.4

Area d'intervento

In seguito all'analisi delle aree e corridoi verdi a scala generale, scendendo ulteriormente di scala, si riporta l'analisi delle aree verdi nell'area di progetto. La Mappa 2 comprende l'area di Regio Parco e incorpora i lotti su cui si eseguiranno le analisi microclimatiche. Il grado di dettaglio è maggiore, infatti, vengono riportate, in merito al verde orizzontale, le aree a verde privato, le aree a verde pubblico e i parchi. Inoltre, è stato inserito il sistema di alberature private e pubbliche principale.

Dalla mappa è possibile desumere diverse considerazioni. La prima è la quantità di verde presente, soprattutto nella zona nord dell'area. Qui si trova la concentrazione maggiore di verde pubblico e privato. Inoltre, al termine di Corso Taranto, dopo la piazza Sofia, si intravede l'inizio del parco della Confluenza. Anche la quantità di alberature è maggiore rispetto alla zona sud, grazie alla minore densità edilizia e maggiore presenza di aree permeabili.

La zona a sud dell'ex passante ferroviario, caratterizzato da verde abbandonato, risulta più compatta e di conseguenza la quantità di verde privato è nettamente inferiore. Le aree libere, adibite a verde pubblico, hanno dimensioni più contenute, così come i parchi e si ritrovano in misura ridotta.

La zona ad est di via Bologna, analogamente alla zona sud dell'area, presenta un tessuto più fitto con meno verde in ogni sua forma[10].

10. *L'analisi delle aree verdi è stata sviluppata partendo dalla cartografia Qgis di base fornita dal Geoportale della città di Torino e sfruttando la visione satellitare di Google Maps (oltre al sopralluogo effettuato in loco).*

Fonte cartografia Qgis: http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico, consultato il 17/06/2021.

Fonte Google Maps: https://www.google.com/maps/place/Turin, consultato il 23/06/2021.

3.2.5

Servizi

Area d'intervento

L'analisi dei servizi, riportata nella Mappa 3, è servita a comprendere al meglio le funzioni presenti all'interno dell'area di progetto.
Come primo punto si ritrovano gli edifici in gestione o di proprietà dell'ATC (Agenzia Territoriale per la Casa). Questi edifici di edilizia residenziale pubblica sono presenti nell'area con un'alta concentrazione; quattro isolati verranno scelti per un ulteriore approfondimento microclimatico.
Successivamente sono stati segnalati altri servizi offerti dall'area. Vi sono diversi edifici scolastici: dagli asili nido e scuole dell'infanzia, scuole primarie, una scuola secondaria di primo grado, fino ad istituti che offrono corsi professionalizzanti a giovani in cerca di prima occupazione e ai lavoratori.
Inoltre, sono stati evidenziati gli edifici religiosi e gli impianti sportivi spesso collegati si luoghi di culto.
Il complesso dell'ospedale San Giovanni Bosco, in servizio a scala metropolitana, è compreso all'interno dell'area di progetto, ad ovest della stessa.
Infine, dal punto di vista commerciale vi sono aree adibite a mercato, in particolare lungo Corso Taranto dove si ritrovano zone appositamente adibite con piazzole per la sosta e aree coperte. Sempre a tale riguardo, sono stati indicati, con linee di colore verde, i servizi commerciali al dettaglio e supermercati. Entrambi poco sviluppati nell'area, in particolare negli isolati centrali, meno compatti. Questa condizione crea difficoltoso lo spostamento a piedi e in bicicletta per raggiungere le aree di interesse ed evitare spostamenti in macchina. Il resto degli edifici è prevalentemente adibito a residenza[11].

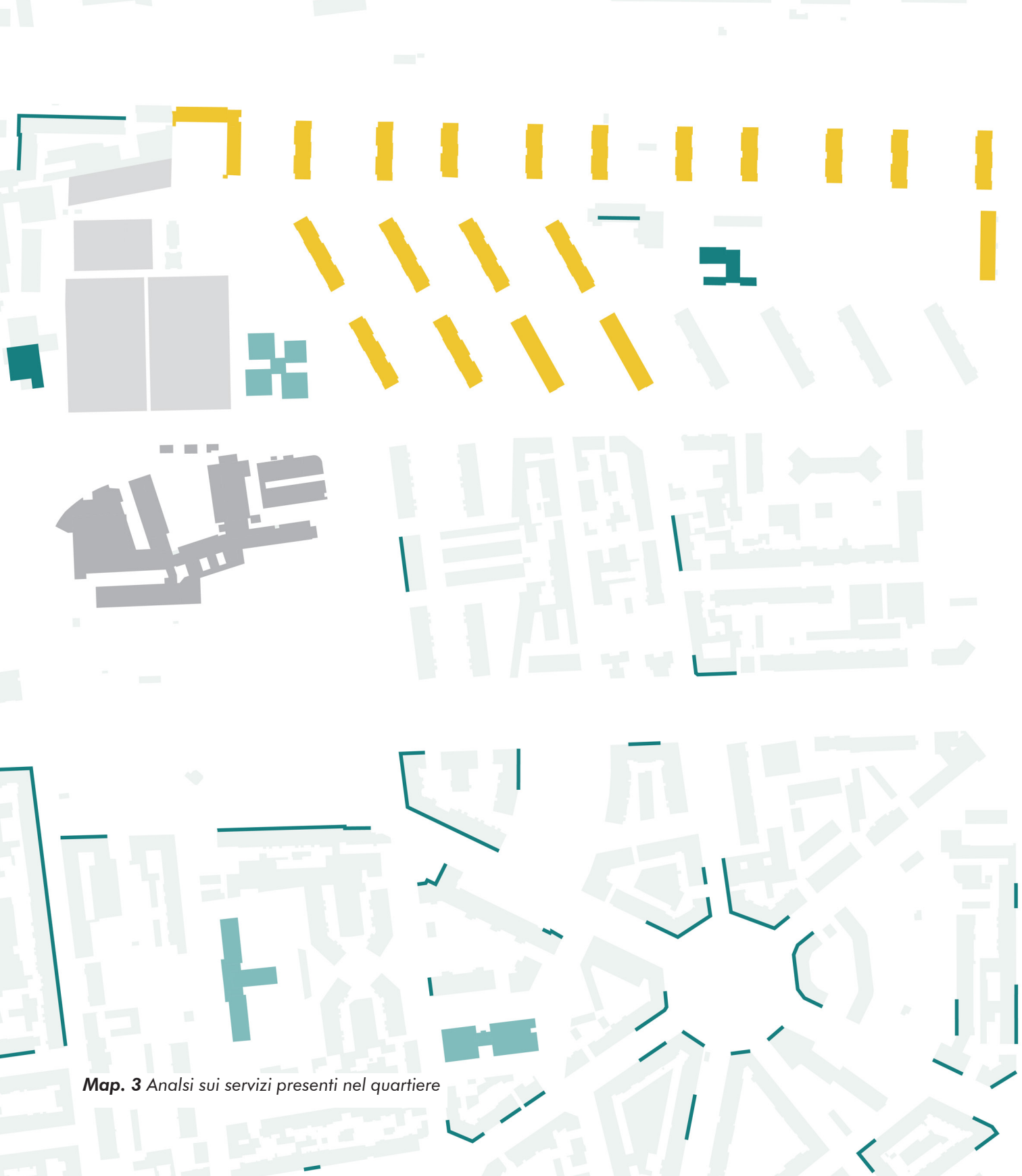
11. *L'analisi dei servizi è stata sviluppata partendo dalla cartografia Qgis di base fornita dal Geoportale della città di Torino e sfruttando la visione satellitare di Google Maps (oltre al sopralluogo effettuato in loco).*

Fonte cartografia Qgis: http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico, consultato il 17/06/2021.

Fonte Google Maps: https://www.google.com/maps/place/Turin, consultato il 23/06/2021.

Map. 2 *Analsi sulla tipologia di verde presente nel quartiere*

Legenda
Edifici
Verde pubblico
Verde privato
Parchi
Alberi pubblici
Alberi privati
Fonti
Cartografia di base:
http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico
0
50
100m



Map. 3 *Analsi sui servizi presenti nel quartiere*

Legenda
ATC
Edifici religiosi
Edifici scolastici
Ospedale San Giovanni Bosco
Impianti sportivi
Commercio
Mercati di quartiere
Fonti
Cartografia di base:
http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico
0
50
100m

3.2.6

Analisi sulla densità edilizia

Area d'intervento

Analizzando il tessuto da un punto di vista della densità edilizia, si può sfruttare l'analisi teorizzata da Bruno Zevi per rappresentare lo spazio, da un punto di vista percettivo. Secondo Zevi la sintesi viene prima dell'analisi, la struttura prima delle rifiniture, lo spazio prima delle decorazioni (Zevi, 1993). Tale metodo rappresentativo è stato così esteso a tutto l'ambiente urbano.

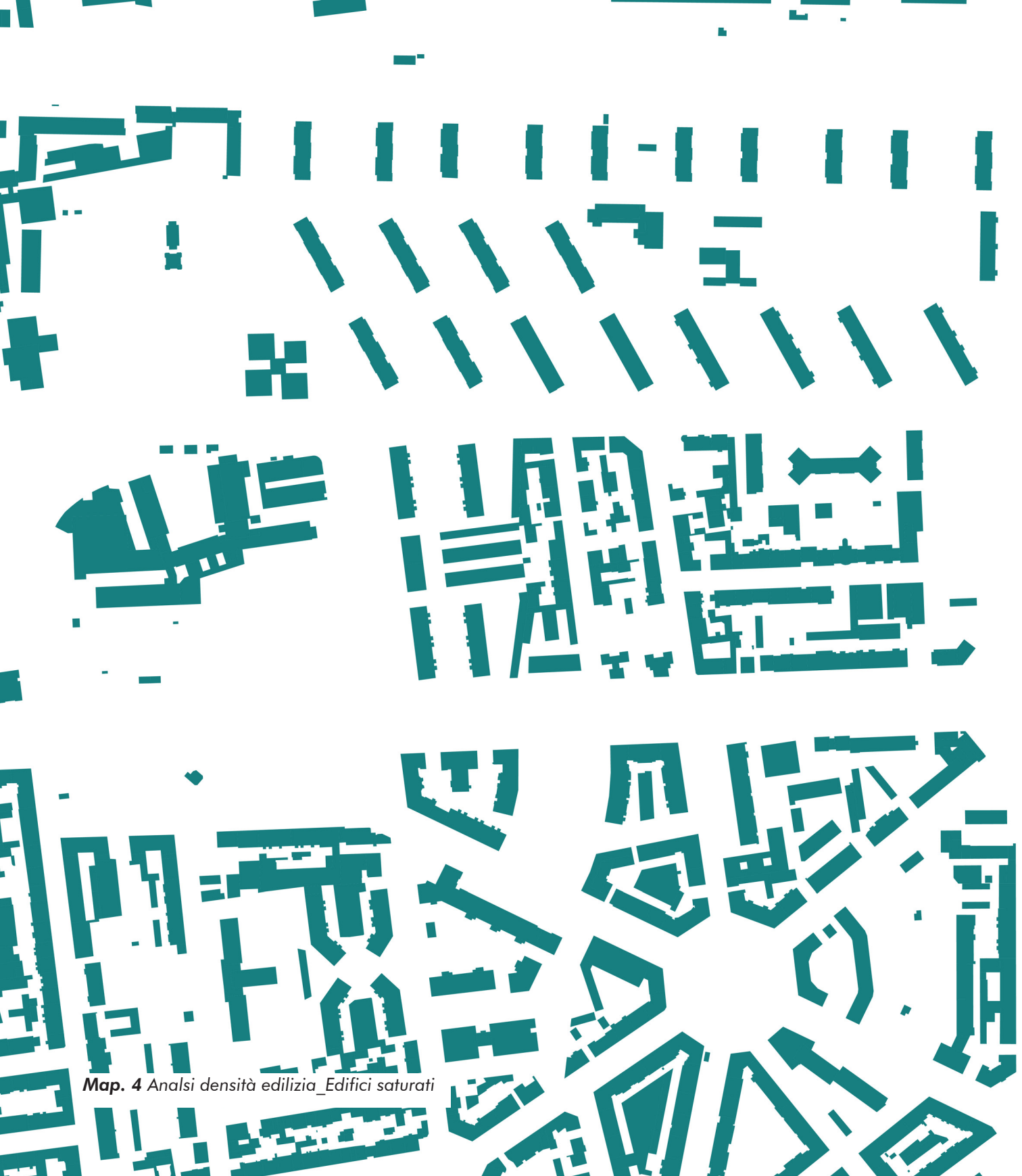
Nella Mappa 4, riportata in seguito, sono stati saturati di nero gli edifici (ambiente costruito), mentre tutto il resto (spazio aperto) rimane bianco. È evidente come nella parte inferiore dell'area analizzata, verso sud-ovest, il tessuto sia più denso, con edifici disposti a corte e con isolati più definiti lungo il perimetro. La medesima considerazione può essere fatta sulla parte nord-est dell'area, verso il fiume. Tale tipologia edilizia è assimilabile a quella tipica del tessuto storico torinese, con isolati chiusi a corte e compatti. Uno dei quattro lotti che verranno analizzai si trova in quest'area al fine di comprendere le caratteristiche microclimatiche dei cortili semi-compatti.

Spostando lo sguardo verso l'alto è possibile notare come la densità dell'ambiente urbano diminuisca notevolmente. Le tipologie edilizie che si ritrovano sono principalmente case a schiera ed edifici in linea, tutti con orientamenti e caratteristiche differenti.

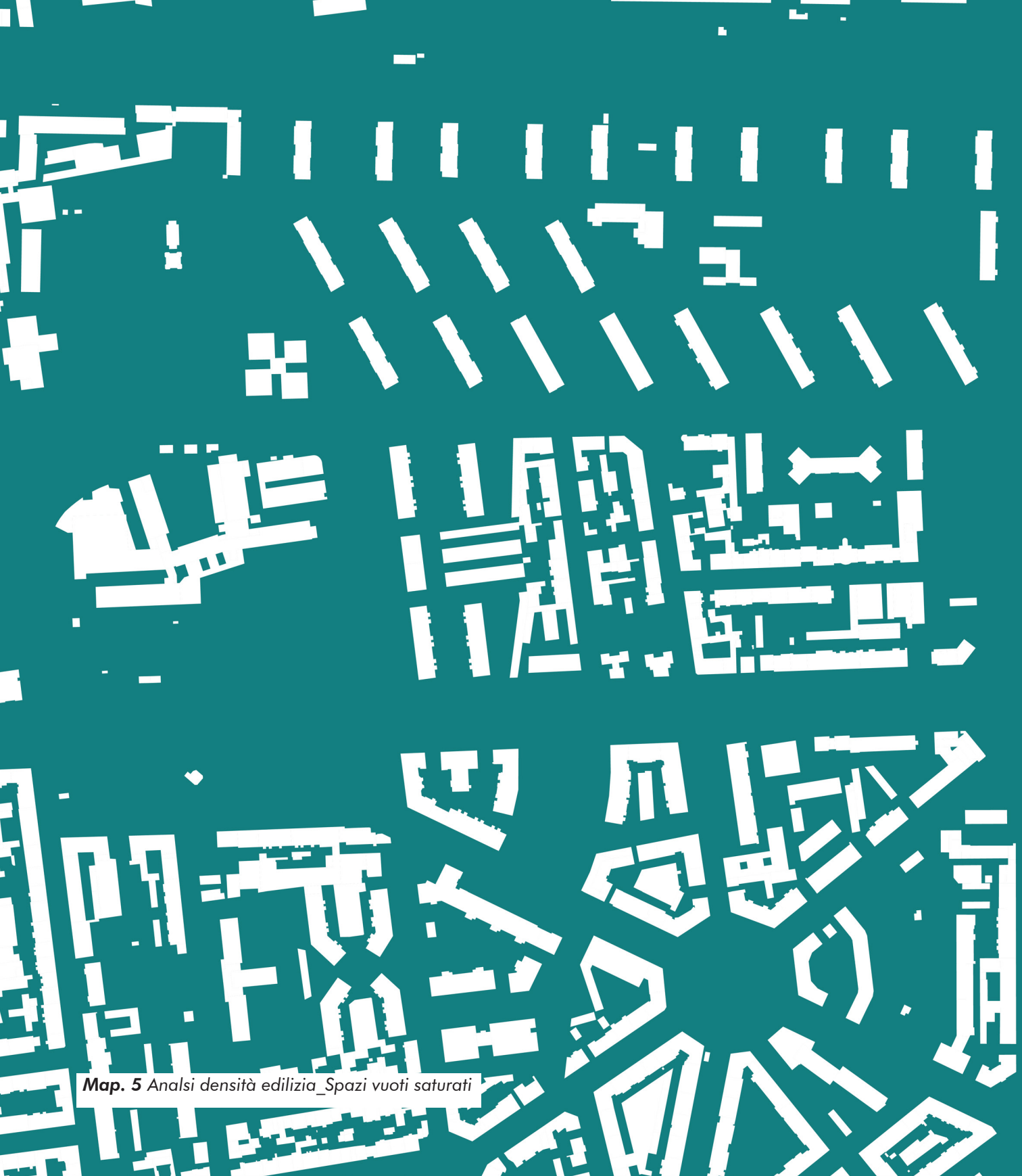
In questa zona sono stati scelti tre isolati, differenti tra di loro, in modo da analizzare tali tessuti modernisti più aperti e capire quale si comporta meglio dal punto di vista microclimatico, a seconda dell'altezza, densità orientamento e quantità di vegetazione presente.

Oltre al costruito, è possibile cogliere i grandi **vuoti dell'area**: il sedime ferroviario dismesso, il quale crea una separazione fisica tra la zona sud e quella nord dell'area; Corso Taranto, nella zona nord della mappa; piazza Sofia, posta al termine di Corso Taranto, filtro tra la città e il fiume.

Analogamente alla Mappa 4, la Mappa 5, riporta le medesime informazioni ma in **"negativo"**: sono stati saturati di nero gli spazi aperti, mentre in corrispondenza degli edifici rimane un vuoto (gli edifici sono lasciati bianchi). Questo tipo di rappresentazione consente di individuare maggiormente la densità edilizia, rispetto ai vuoti urbani. Le considerazioni assunte riguardo alla Mappa 4 sono comunque confermate anche nella Mappa 5.



Map. 4 *Analsi densità edilizia_Edifici saturati*



Map. 5 *Analsi densità edilizia_Spazi vuoti saturati*

Individuazione dei lotti

3.2.7

Area d'intervento

In seguito all'analisi dei vari servizi offerti dal quartiere, delle aree verdi e delle percezioni rispetto alla densità edilizia del quartiere, l'approfondimento si concentra sulle diverse tipologie edilizie e di isolato presenti in quest'area. L'obiettivo risulta quello di indagare le diverse forme urbane per comprendere il loro comportamento dal punto di vista del microclima urbano, caratterizzate da temperature potenziali dell'aria, temperature superficiali minori e velocità e direzione del vento.

Il primo passo è stato l'analisi di quattro lotti urbani, evidenziati nella Mappa 6, differenti tra di loro. Questi sono stati perimetrati e sono stati evidenziati gli edifici di cui sono comporti, il tutto per potersi orientare nell'approfondimento di dettaglio che segue. Gli stessi lotti vengono anche indicati nella figura 1, ortofoto del quartiere Regio Parco.

Le diverse aree vengono indagate con differenti analisi:

1. Demografiche, rapporto d'aspetto e parametri urbanistici ed edilizi;

2. Morfologica;

Per quanto riguarda il **primo punto** troviamo: la situazione demografica dell'area[12] in merito ai vari lotti; l'*aspect ratio* o geometria del canyon urbano, calcolato utilizzando le altezze dei vari edifici forniti da Qgis e la distanza tra gli stessi misurata in planimetria[13]; alcuni parametri urbanistici ed edilizi, anch'essi calcolati tramite Qgis, per poter confrontare le percentuali dei differenti rapporti di copertura, della permeabilità del suolo, della quantità di verde assoluta e rife-

12. *La situazione demografica è stata estratta grazie alla cartografia Qgis, la quale fornisce il numero di residenti per ogni sezione di censimento.*

13. *La geometria del canyon urbano è indicativa in quanto gli edifici hanno differenti altezze e reciproche distanze, per cui il valore indicato è una media tra di queste.*

rita ad ogni abitante.
Le **assonometrie**, invece, sono state utilizzate per analizzare differenti aspetti. Innanzitutto, è più immediata la lettura della t**ipo morfologico** a livello urbano ed edilizio: vengono riportati nel dettaglio gli edifici oggetto di analisi. Dopodiché, viene rappresentata la viabilità sia interna, sia limitrofa all'isolato analizzato, distinguendo tra spazi pubblici, semipubblici e privati. Infine, viene evidenziata la presenza di verde orizzontale e verticale.

Successivamente sono riportate le **ortofoto** per avere una visione aerea d'insieme e alcune **fotografie** significative, realizzate in loco.

Map. 6 *Individuazione lotti oggetto di analisi*

Legenda

Area 1
Area 2
Area 3
Area 4

Fonti

Cartografia di base:

http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico

0 50 100m

Fig. 1 *Ortofoto del quartiere Regio Parco*

Fonti

Cartografia di base:

http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico

0 50 100m

Area 1

3.2.8

I tre isolati individuati come "Area 1" sono collocati tra Via Sempione, Via Giorgio Ghedini e Via Luigi Pietracqua. All'interno di quest'area si ritrovano case economiche popolari risalenti al 1927. Nel 1939 si verifica la cessione di proprietà dal Comune all'Istituto per le case popolari (IACP), il quale realizzerà altri quattro caseggiati, nel 1945 (su progetto del 1941), a completamento del complesso[14].
Il **tessuto** risulta avere una forma urbana a corte chiusa, consolidata nella città di Torino.

La concentrazione maggiore di **vegetazione** in quest'area si ritrova come verde privato all'interno degli isolati, caratterizzato da aiuole e piante caducifoglie. La presenza di verde pubblico, invece, non è molta, la maggior parte si concentra a sud dell'area, su via Giorgio Ghedini, dove si possono trovare alcune essenze arboree quali tiglio, pioppo, acero e platano[15]. Infine, la prossimità al sedime ferroviario dismesso ricoperto da vegetazione spontanea.

Attualmente nell'area risiedono **773 persone** la cui fascia di età principale è compresa tra i 15 e i 64 anni. Il numero di stranieri corrisponde a 127, cioè il 16,43 % della popolazione[15].

Nella pagina a fianco vengono riassunti i parametri principali dell'area per quanto riguarda la situazione demografica, la geometria del canyon urbano e l'attività edilizia e urbanistica[15].

Nelle pagine seguenti, invece, si riportano: un'assonometria, un'ortofoto aerea e alcune fotografie dell'area oggetto di approfondimento. Con la stessa modalità verranno affrontate tutte e cinque le aree analizzate.

14. *Fonte: MuseoTorino, https://www.museotorino.it/view/s/9a451a7c7deb4f3181d632c4ab851422, consultato il 25/06/2021.*

15. *Fonte: http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico, consultato a giugno 2021.*

Situazione demografica

Numero residenti: **773**

Età compresa tra 0 e 14 anni**: 103**

Età compresa tra 15 e 64 anni: **487**

Età superiore ai 64 anni: **183**

Geometria Canyon urbano

Rapporto altezza-larghezza (H/W) isolato sud: **0,30**

Rapporto altezza-larghezza (H/W) isolato centrale: **0,33**

Rapporto altezza-larghezza (H/W) isolato nord: **0,73**

Orientamento: **sviluppo prevalente nord-ovest / sud-est**

Parametri urbanistici ed edilizi

Sviluppo massimo edifici: **6 piani**

Sviluppo minimo edifici: **1 piano**

Superficie coperta: **9.005 m²**

Superficie fondiaria: **54.534 m²**

Rapporto di copertura: **16,51 %**

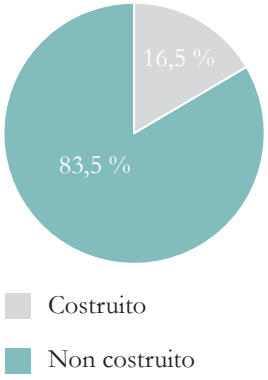
Superficie permeabile: **10.910 m²**

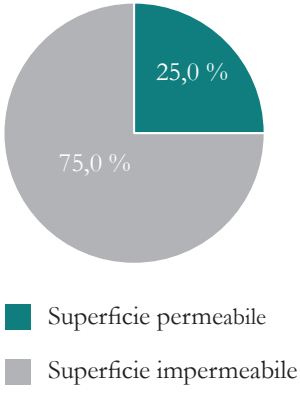
Superficie impermeabile: **43.625 m²**

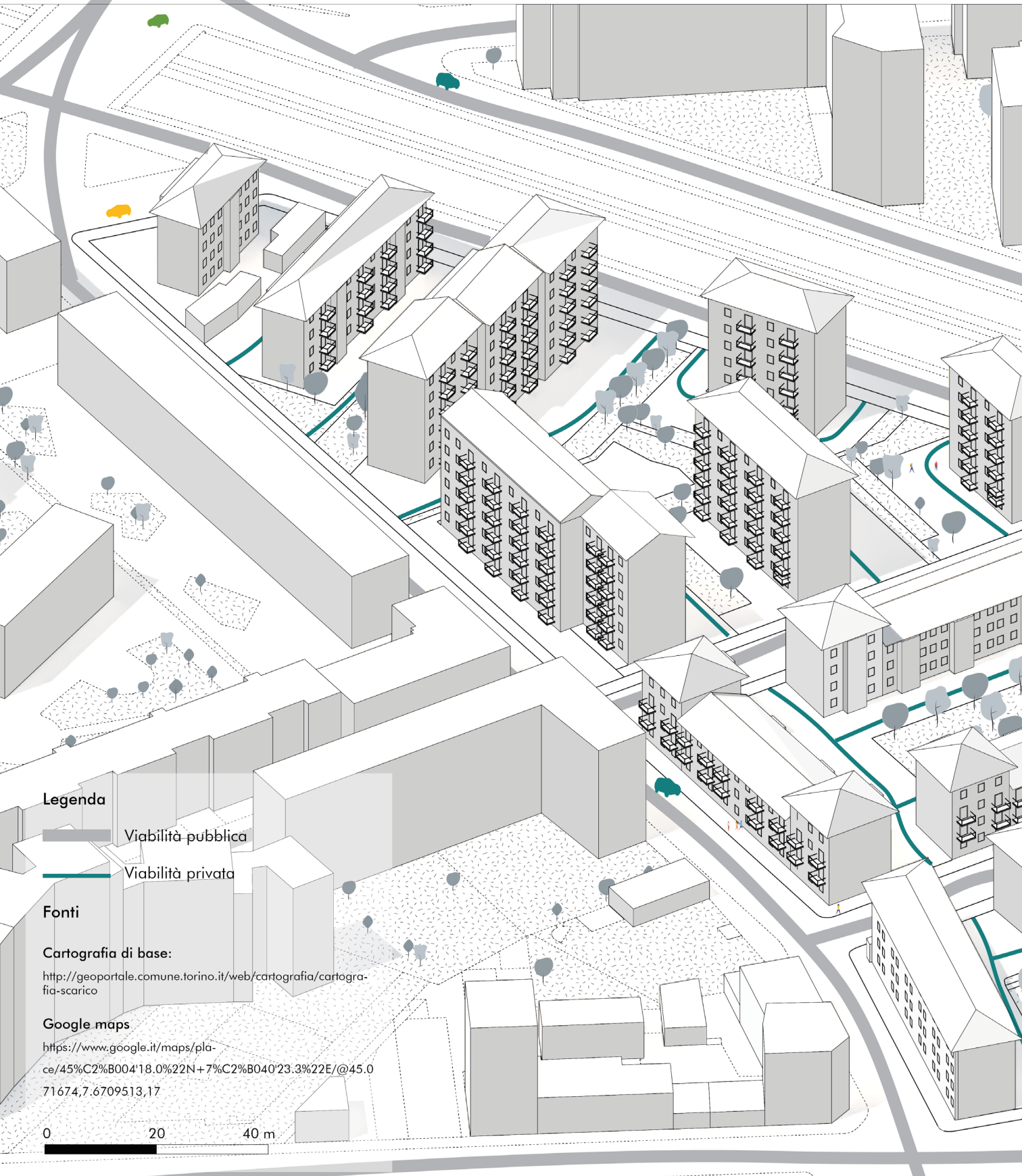
Indice di permeabilità: **20,01 %**

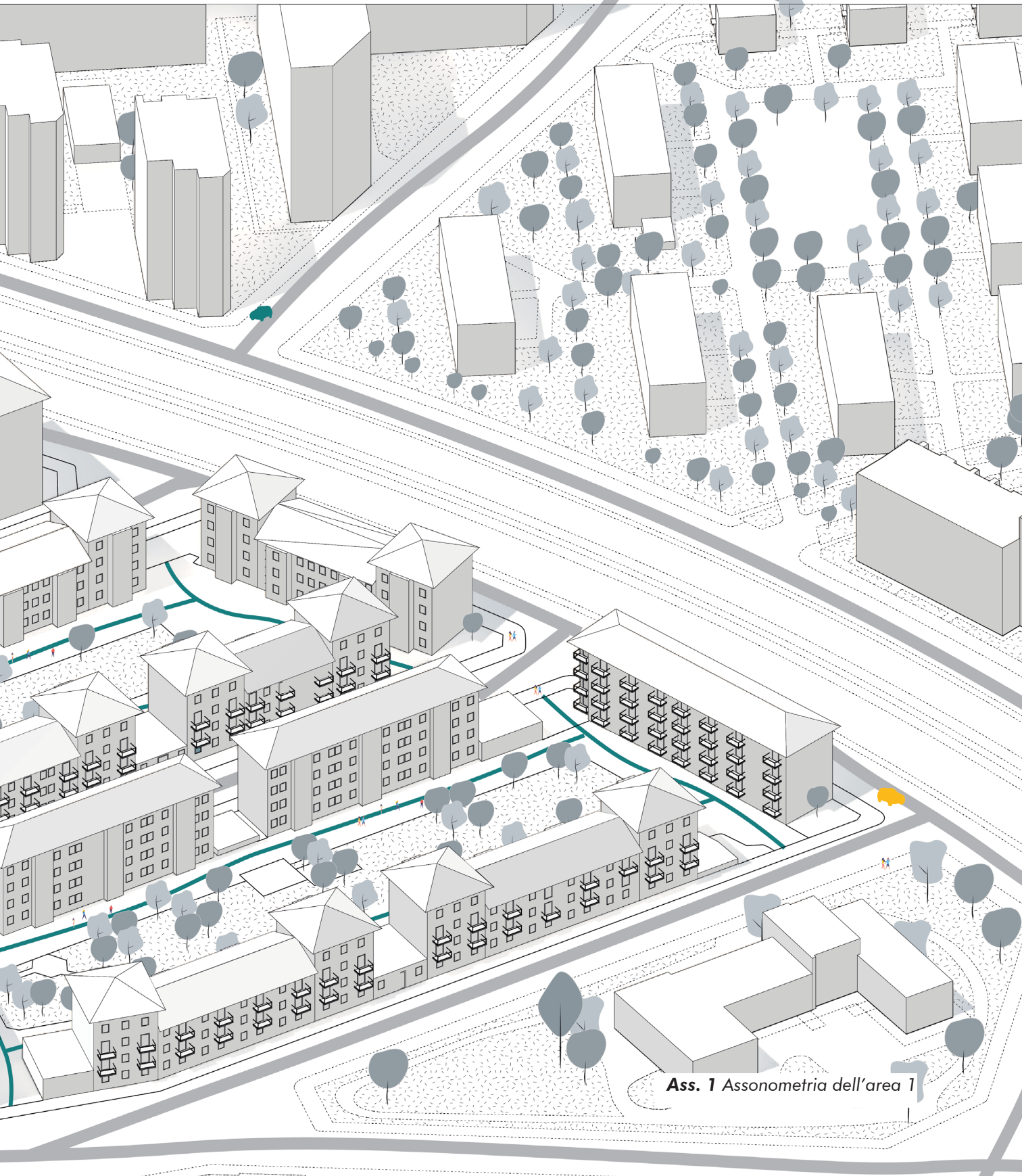
Superficie verde orizzontale: **10.910 m²**

Superficie verde per abitante: **14,11 m²/ab**






Legenda
Viabilità pubblica
Viabilità privata
Fonti
Cartografia di base:
http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico
Google maps
https://www.google.it/maps/place/45%C2%B004'18.0%22N+7%C2%B040'23.3%22E/@45.071674,7.6709513,17
0
20
40 m



Ass. 1 *Assonometria dell'area 1*

Fig. 2 *Ortofoto Area 1*
©http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico, consultato a giugno 2021.

0
25
50
75

Fig. 3 e 4 *Torino | Sopra: via Gottardo. Sotto: vista sull'ex. passante ferroviario*
© Federico Calorio 2021

Fig. 5 *Torino | Via Giorgio Ghedini.*
© Federico Calorio 2021

Fig. 6 *Torino | Via Giacinto Gallina. Vista verso ex. passante ferroviario*
© Federico Calorio 2021

Fig. 7 e 8 *Torino | Sopra: interno dell'isolato di Via Ghedini. Sotto: via Gottardo. Vista su via Petrella*
© Federico Calorio 2021

Area 2

3.2.9

Il quartiere noto come **Villaggio Rurale** è collocato tra le Vie: Giovenale Ancina, Giovanni Cravero, Giambattista Pergolesi, Bologna e Gottardo. Promosso dall'Istituto per le case popolati (IAPC) all'inizio degli anni Quaranta, il progetto non viene attivato fino al 1946 a causa della guerra. L'intenzione era quella di sfruttare un lotto a ventaglio, concesso gratuitamente dal comune, realizzando nove casette, le quali tendevano a riprodurre in piccola scala il modello dei casali di campagna. La gestione del terreno passò in seguito ad INA-casa e il progetto venne ridimensionato. Accanto ai soli cinque piccoli edifici realizzati vennero creati dieci fabbricati a tre piani fuori terra nel 1956, mentre all'ingresso dell'insediamento si predispose l'area per il mercato rionale.
Con la necessità di nuove abitazioni, innescata dal boom economico e «tramontata la nostalgia ruralista enfatizzata dal fascismo»[16], le casette dell'impianto originale furono demolite e progressivamente sostituite: due nel 1965 da uno stabile a sette piani fuori terra su Via Bologna e le restanti nel 1981 da edifici a tre piani fuori terra, predisposti lungo la via centrale interna all'isolato[16].

A differenza dei quartieri analizzati precedentemente il villaggio rurale si discosta molto dal tipico isolato torinese: il perimetro risulta permeabile e la quantità di **aree verdi** private è notevolmente potenziata. Il verde pubblico, invece, è distribuito lungo i due assi carrabili, ortogonali tra di loro, che attraversano il lotto e lungo i margini della piazza prospiciente l'ingresso all'isolato. Le essenze arboree predominanti risultano l'acero e il platano[4]. Infine, anche in questo caso, è importante, dal punto di vista microclimatico, la vicinanza al passante ferroviario dismesso, attualmente rinaturalizzato.
Nell'area risiedono **725 persone** la cui fascia di età prevalente è compresa tra i 15 e i 64 anni. Il numero di stranieri corrisponde a 58, cioè l'8,0 % della popolazione[17].

16. *Fonte: MuseoTorino, https://www.museotorino.it/view/s/9a451a7c7deb4f3181d632c4ab851422, consultato il 25/06/2021.*

17. *Fonte: Geoportale, Città di Torino, http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico, consultato a giugno 2021.*

Situazione demografica

Numero residenti: **725**

Età compresa tra 0 e 14 anni**: 68**

Età compresa tra 15 e 64 anni: **417**

Età superiore ai 64 anni: **240**

Geometria Canyon urbano

Rapporto altezza-larghezza (H/W): **variabile**

Orientamento: **sviluppo prevalente nord / sud**

Parametri urbanistici ed edilizi

Sviluppo massimo edifici: **6 piani**

Sviluppo minimo edifici: **2 piani**

Superficie coperta: **10.266 m²**

Superficie fondiaria: **68.694 m²**

Rapporto di copertura: **14,95 %**

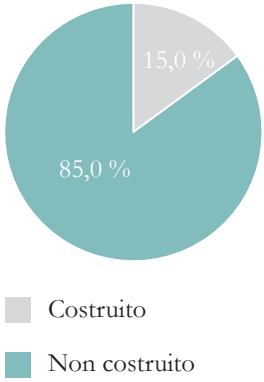
Superficie permeabile: **23.769 m²**

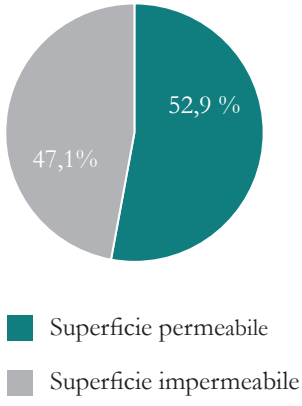
Superficie impermeabile: **44.924 m²**

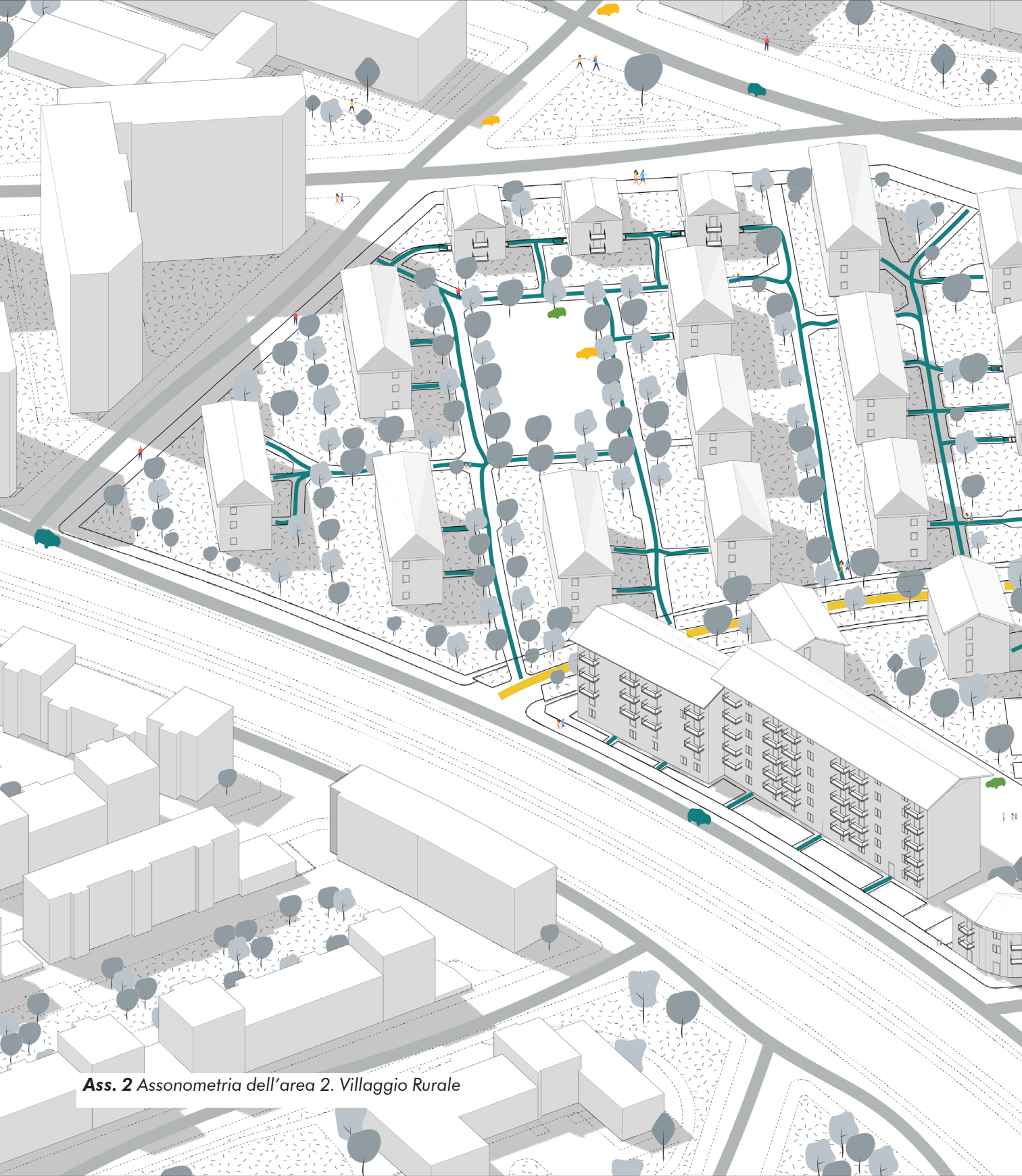
Indice di permeabilità: **34,60%**

Superficie verde orizzontale: **23.635 m²**

Superficie verde per abitante: **32,60 m²/ab**







Ass. 2 *Assonometria dell'area 2. Villaggio Rurale*

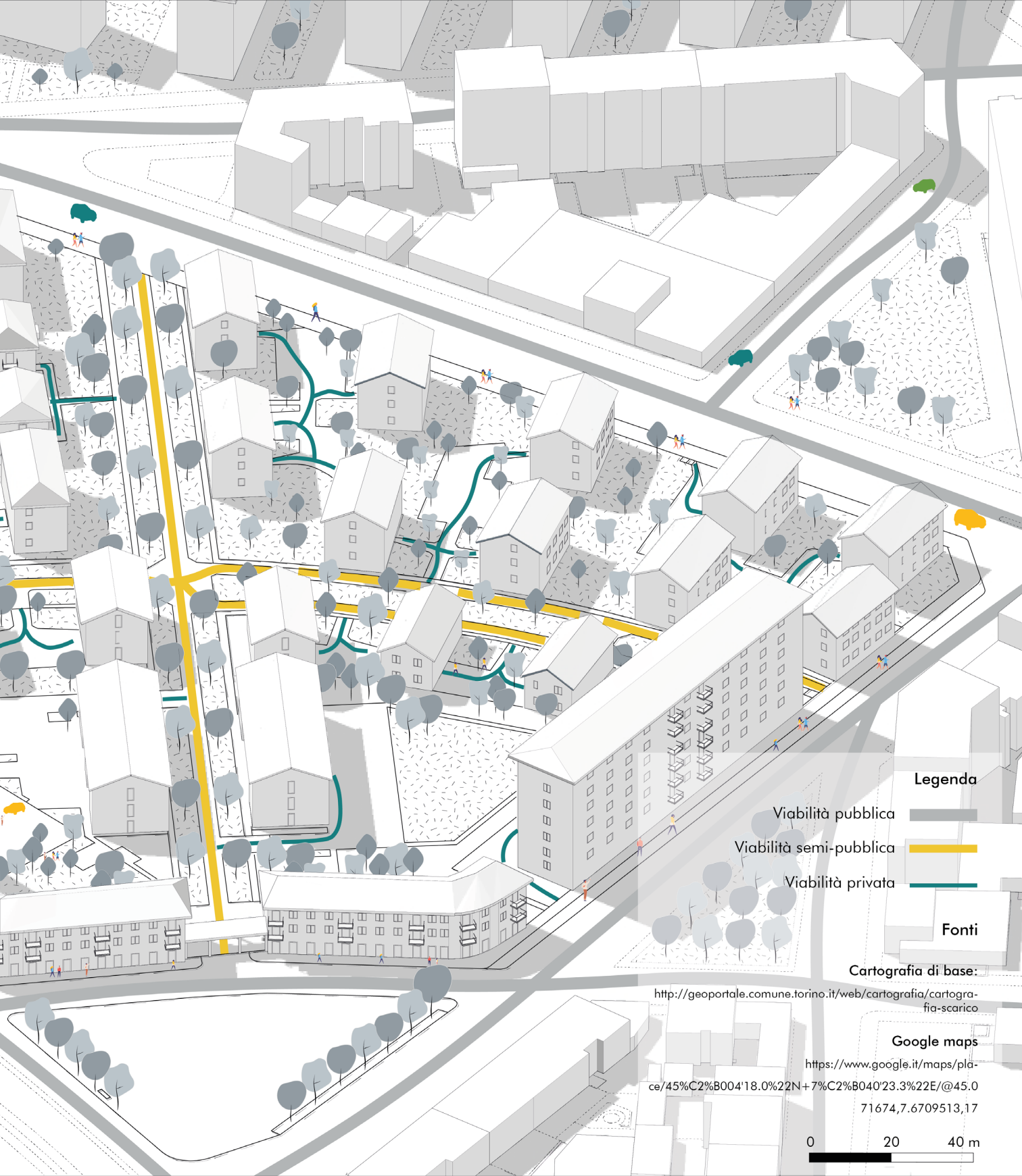

Legenda
Viabilità pubblica
Viabilità semi-pubblica
Viabilità privata
Fonti
Cartografia di base:
http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico
Google maps
https://www.google.it/maps/place/45%C2%B004'18.0%22N+7%C2%B040'23.3%22E/@45.071674,7.6709513,17
0
20
40 m

Fig. 9 *Ortofoto Area 2*
©http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico, consultato a giugno 2021.

0
25
50
75

Fig. 10 *Torino | Via Gottardo. Vista verso piazza delle operaie della Manifattura Tabacchi.*

Fig. 11 *Torino | Ingresso al Villaggio Rurale dalla piazza.* *© Federico Calorio 2021*

Fig. 12 *Torino | Villaggio Rurale. Arteria centrale, vista verso via Gottardo .* *© Federico Calorio 2021*

Fig. 13 e 14 *Torino | Sopra: via Gottardo, vista verso Villaggio Rurale.*
A Fianco: Villaggio Rurale, vista verso via Giambattista Pergolesi.
© Federico Calorio 2021

Area 3

3.2.
10

L'area 3 è delimitata dalle Vie: Giovanni Cravero, Giambattista Pergolesi, Giovenale Ancina, Leone Sinigaglia e Corso Tanaro.
È un quartiere di edilizia popolare (case per i "senza tetto") degli anni Quaranta, progettato dall'architetto Nello Renacco nel 1946 per conto dello Stato (Ministero dei LL. PP.) con l'IACP come stazione appaltante. Tale area, realizzata agli estremi margini nord-orientali della periferia torinese, segue una morfologia ormai consolidata nella costruzione dei complessi residenziali promossi dall'ente per le case popolari. I sedici edifici in linea seguono l'orientamento dell'asse eliotermico[18].

Analogamente all'area precedente, anche in questo caso, il quartiere si discosta dal tipico isolato torinese. Il perimetro risulta permeabile, contornato da una bassa recinzione accessibile. Tra gli edifici a stecca si ritrovano aree verdi alberate delimitate da siepi, le quali le rendono inaccessibili. Alcune di queste aree semi-pubbliche, inoltre, vengono ulteriormente sacrificate per lasciare spazio a parcheggi.
L'isolato confina a nord con Corso Taranto, corridoio verde che parte dal Parco della Confluenza per arrivare al Parco Sempione, lungo cui sono disposte diverse attività quali: aree giochi, un'area per il mercato, un campo da pallacanestro, percorsi ciclopedonali, chioschi, ecc. Le essenze arboree principali sono in maggior misura il tiglio e il platano[19].

Nell'area risiedono **883 persone** la cui fascia di età principale è compresa tra i 15 e i 64 anni. Il numero di stranieri corrisponde a 130, cioè il 14,7 % della popolazione[19].

18. *Fonte: MuseoTorino, https://www.museotorino.it/view/s/abaed771171c42b9b37be38db5805499, consultato il 25/06/2021.*

19. *Fonte: Geoportale, Città di Torino, http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico, consultato a giugno 2021.*

Situazione demografica

Numero residenti: **883**

Età compresa tra 0 e 14 anni**: 118**

Età compresa tra 15 e 64 anni: **541**

Età superiore ai 64 anni: **224**

Geometria Canyon urbano

Rapporto altezza-larghezza (H/W): **0,97 circa**

Orientamento: **sviluppo prevalente nord / sud**

Parametri urbanistici ed edilizi

Sviluppo massimo edifici: **7 piani**

Sviluppo minimo edifici: **5 piani**

Superficie coperta: **7.096 m²**

Superficie fondiaria: **38.699 m²**

Rapporto di copertura: **18,34 %**

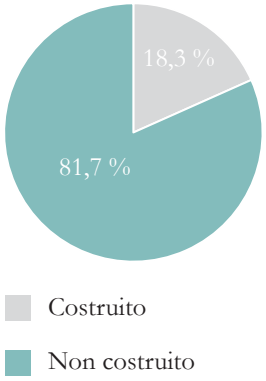
Superficie permeabile: **10.730 m²**

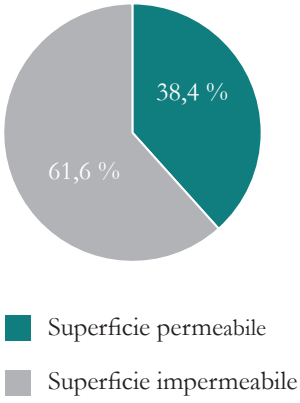
Superficie impermeabile: **27.969 m²**

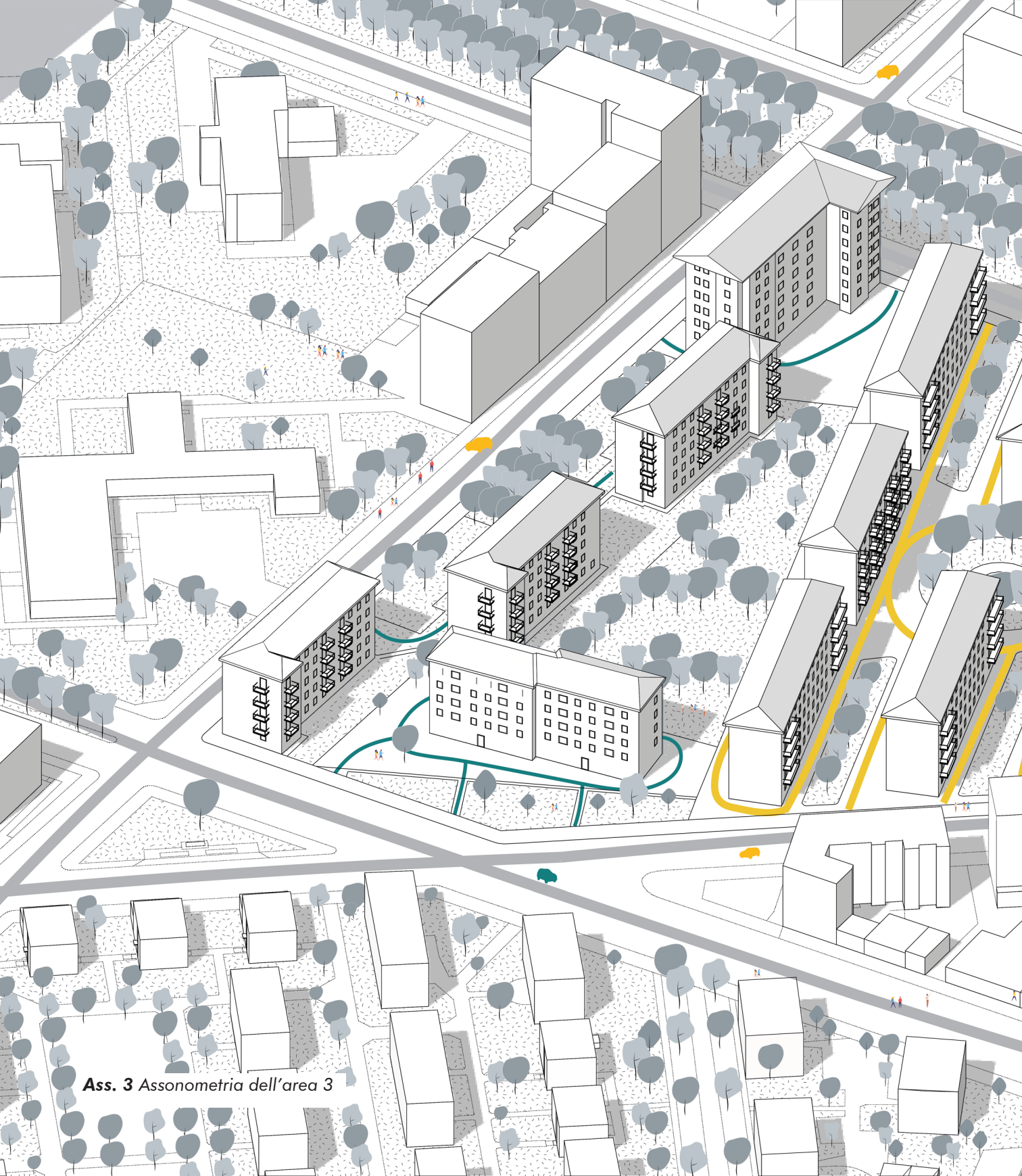
Indice di permeabilità: **27,73 %**

Superficie verde orizzontale: **9.679 m²**

Superficie verde per abitante: **10,69 m²/ab**







Ass. 3 *Assonometria dell'area 3*

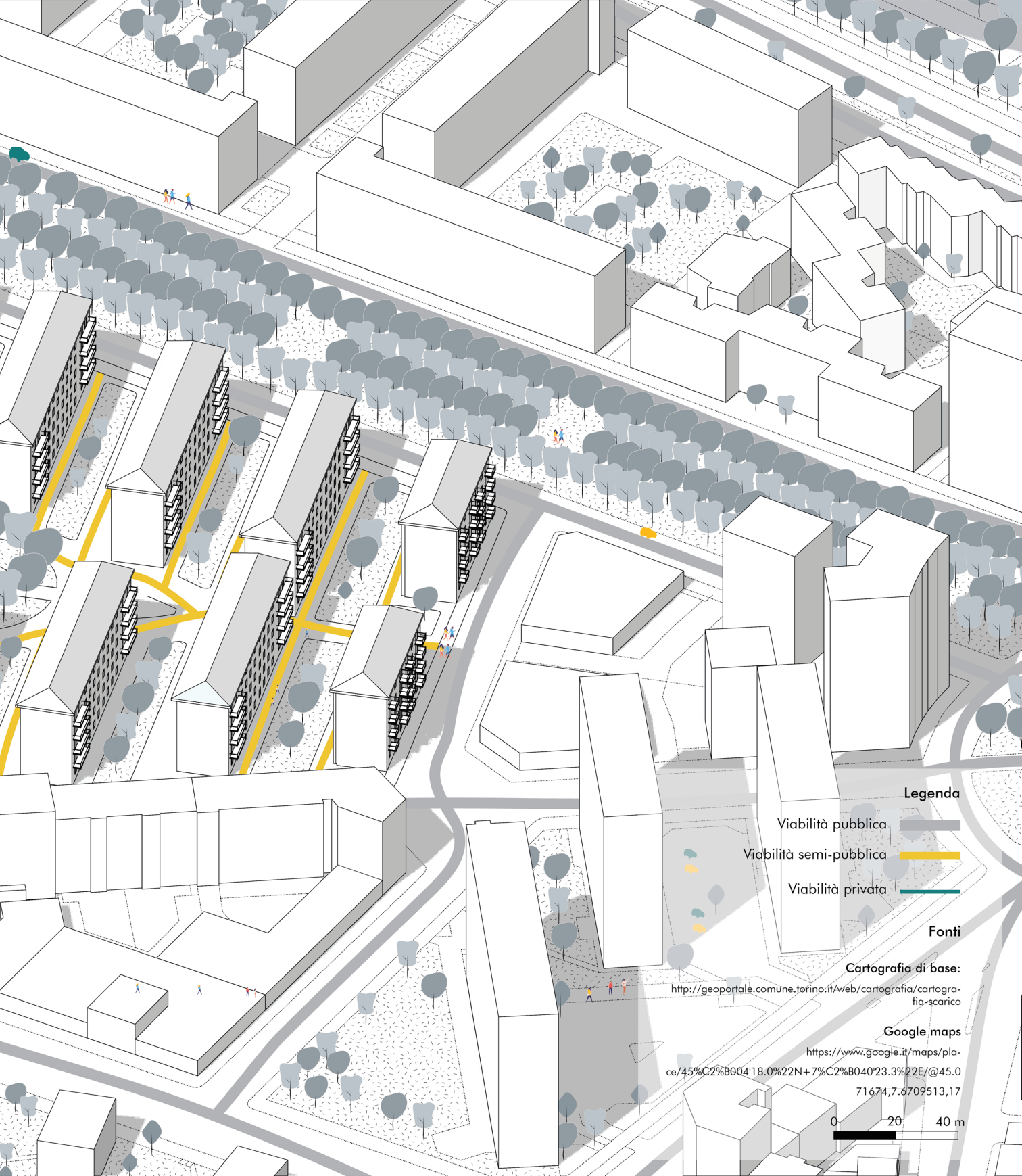

Legenda
Viabilità pubblica
Viabilità semi-pubblica
Viabilità privata
Fonti
Cartografia di base:
http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico
Google maps
https://www.google.it/maps/place/45%C2%B004'18.0%22N+7%C2%B040'23.3%22E/@45.071674,7.6709513,17
0
20
40 m

Fig. 15 *Ortofoto Area 3*
©http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico, consultato a giugno 2021.

0
25
50
75

Fig. 16 *Torino | Via Giovanni Cravero. Incrocio con via Leone Sinigaglia*
© Federico Calorio 2021

Fig. 17 *Torino | Interno dell'area 3. Vista da via Leone Sinigaglia*
© Federico Calorio 2021

Fig. 18 *Torino | Via Giovanni Cravero. Vista verso Piazza Sofia*
© Federico Calorio 2021

Fig. 19 *Torino | Interno dell'area 3. Vista verso via Leone Sinigaglia*
© Federico Calorio 2021

Fig. 20 e 21 *Torino | Sopra: interno "area 3", vista verso Corso Taranto. A fianco: Corso Taranto, vista verso "area 3".*

© Federico Calorio 2021

Area 4

3.2.
11

L'area 4 è situata all'interno del quadrilatero delimitato dalle Vie: Saverio Mercadante, Gianbattista Pergolesi, Arcangelo Corelli e Corso Taranto. Progettata tra il 1965 e il 1966 dall'architetto Nello Renacco e costruito dallo IACP (Istituto autonomo per le case popolari) e dal Comune di Torino. È costituita da ventitré caseggiati orientati in modo da seguire l'orientamento eliotermico.
Il quartiere nacque con forti carenze di servizi che portarono gli abitanti, in seguito, alla loro rivendicazione: venne costruita una scuola materna (1969); un centro sportivo (1973-76); e un centro commerciale (1984). Sempre nel 1969 in sostituzione della cascina "Valle o II Clemente" sorse la particolare chiesetta di legno prefabbricata, collocata al centro dell'area analizzata[20].

La morfologia di quest'area segue la stessa impostazione di quella precedentemente analizzata, con la differenza di un rapporto altezza/larghezza con valori più bassi, per cui a parità di altezza dei fabbricati risulta maggiore la larghezza tra gli stessi. Il perimetro è permeabile e privo di edifici che lo delimitano, con una quantità di **aree verdi** molto alta. Tra le "stecche", in generale, si alternano aree verdi private e aree verdi pubbliche. Le prime hanno al loro interno qualche area per il gioco per bambini, mentre le seconde offrono panchine per la sosta. In ogni caso la loro potenzialità non è sfruttata appieno. Verso la zona sud-est dell'area si trova, inoltre, il Giardino di Via Mascagni, provvisto anche in questo caso di un parco giochi. Infine, anche l'area 5 confina con Corso Taranto. Le essenze arboree, come si può immaginare, sono molte. Le principali sono: l'acero, il tiglio, la quercia, il platano, l'abete, ecc[21].

Nell'area risiedono **2.450 persone** la cui fascia di età prevalente è compresa tra i 15 e i 64 anni. Il numero di stranieri corrisponde a 326, cioè l'13,3 % della popolazione[21].

20. *Fonte: : Itinerario 3 da Rebaudengo a Regio Parco. Percorsi ecomuseali nella Circoscrizione 6 http://www.comune.torino.it/circ6/pdf/itinerario_3_reba_regio_parco.pdf*

21. *Fonte: Geoportale, Città di Torino, http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico, consultato a giugno 2021.*

Situazione demografica

Numero residenti: **2.450**

Età compresa tra 0 e 14 anni**: 360**

Età compresa tra 15 e 64 anni: **1370**

Età superiore ai 64 anni: **720**

Geometria Canyon urbano

Rapporto altezza-larghezza (H/W): **0,56 in media**

Orientamento: **sviluppo prevalente nord / sud**

Parametri urbanistici ed edilizi

Sviluppo massimo edifici: **10 piani**

Sviluppo minimo edifici: **7 piani**

Superficie coperta: **15.600 m²**

Superficie fondiaria: **130.732 m²**

Rapporto di copertura: **11,93 %**

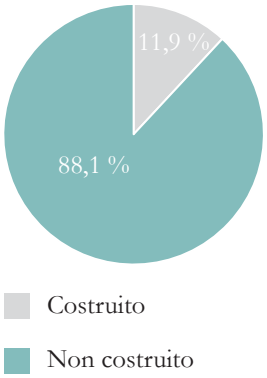
Superficie permeabile: **42.626 m²**

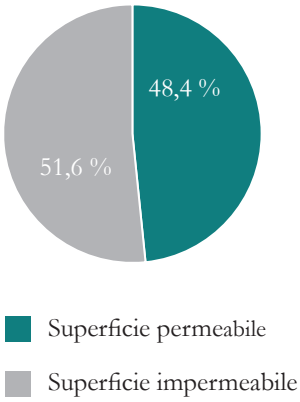
Superficie impermeabile: **88.106 m²**

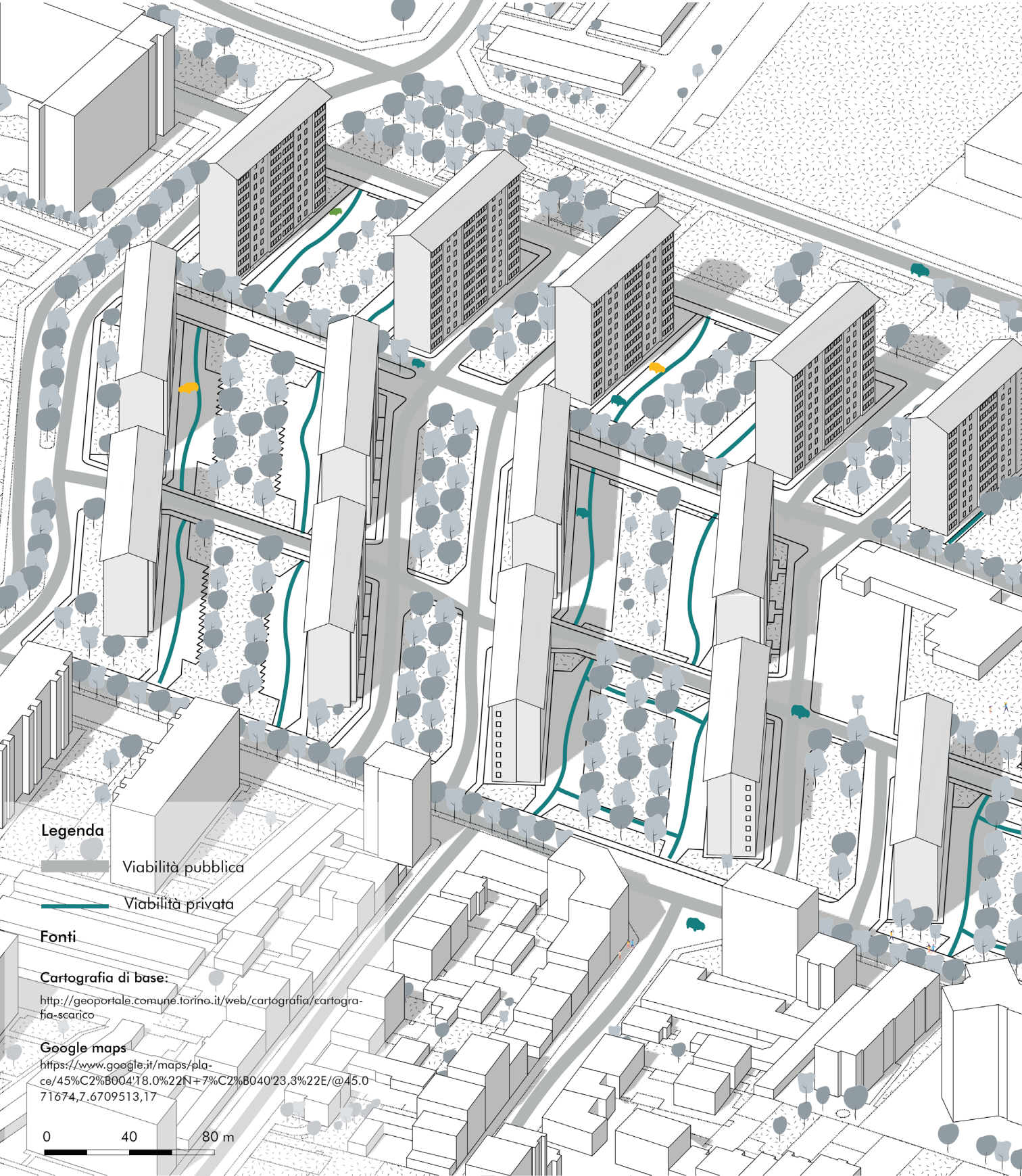
Indice di permeabilità: **32,61 %**

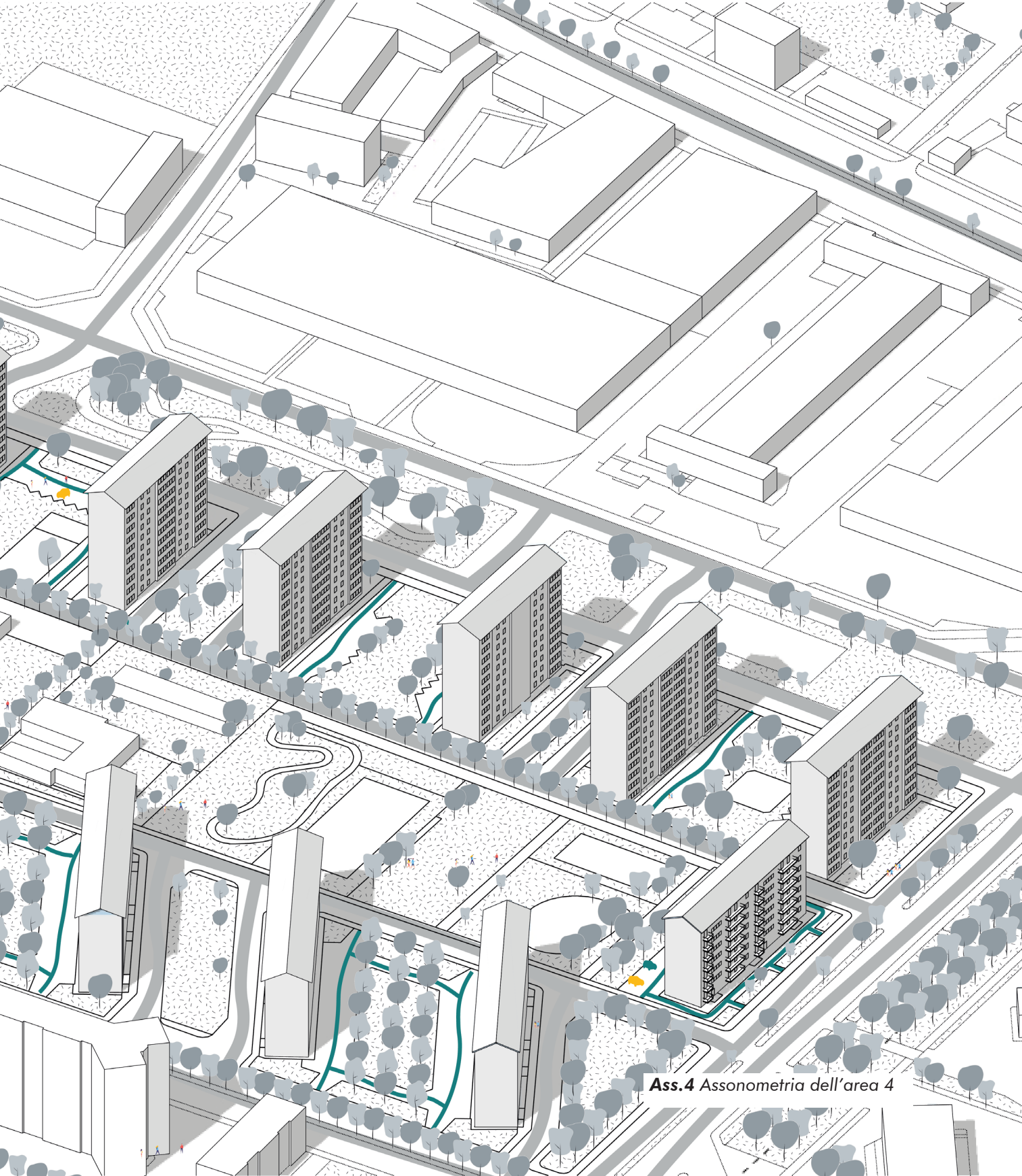
Superficie verde orizzontale: **41.642 m²**

Superficie verde per abitante: **17,00 m²/ab**






Legenda
Viabilità pubblica
Viabilità privata
Fonti
Cartografia di base:
http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico
Google maps
https://www.google.it/maps/place/45%C2%B004'18.0%22N+7%C2%B040'23.3%22E/@45.071674,7.6709513,17
0
40
80 m



Ass.4 *Assonometria dell'area 4*

Fig. 22 *Ortofoto Area 4*
©http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico, consultato a giugno 2021.

0
25
50
75

Fig. 23 e 24 *Torino | Sopra: Corso Taranto, vista verso nord-ovest. A fianco: Corso Taranto, vista su corridoio ambientale-area attrezzata.*

© Federico Calorio 2021

Fig. 25 *Torino | Via Lorenzo Perosi. Vista verso un cortile interno "tipo" tra due stecche.*
© Federico Calorio 2021

Fig. 26 *Torino | Via Lorenzo Perosi. Vista verso una via "tipo" tra due stecche, interna all'isolato.*
© Federico Calorio 2021

Fig. 27 e 28 *Torino | Sopra: Via Pietro Mascagni, vista verso via Saverio Mercadante.*
A fianco: via Lorenzo Perosi, vista su Giardino di via Mascagni.
© Federico Calorio 2021

4. Analisi microclimatica

4.1 Processo di modellazione

4.1.1 Modellazione

4.1.2 Simulazione

4.1.3 Risultati

4.2 Output

4.2.1 Temperatura dell'aria

4.2.2 Temperatura superficiale

4.2.3 Velocità del vento

4.2.4 PET

4.2.5 Sezioni urbane

Processo di modellazione

4.1

La fase di analisi microclimatica, eseguita sui lotti che sono stati precedentemente illustrati, è stata condotta tramite l'utilizzo del software **ENVI-MET**, nella versione Business 4.4. Questo programma è un modello progettato per simulare il microclima nell'interazione tra superfici, piante e aria in un ambiente urbano con una risoluzione di 0,5–10 m nello spazio e 10 s nel tempo. È possibile calcolare la temperatura dell'aria (° C), la pressione del vapore (hPa), l'umidità relativa (%), la velocità del vento (m / s) e la temperatura media radiante (° C) nei modelli (Taleghani, Kleerekoper, Tenpierik, & Dobbelsteen, 2015). Il software è stato ampiamente convalidato e utilizzato per studiare gli effetti del cambiamento climatico e l'impatto degli elementi naturali sul microclima (Taleghani, Tenpierik, Dobbelsteen, & Sailor, 2014).

4.1.1 Modellazione

La prima fase consiste nel modellare l'area d'interesse attraverso l'applicazione "**Space**". Inizialmente occorre introdurre i dati relativi al luogo in cui si deve modellare il sistema. In questo caso all'interno di **Edit/Settings** è stata indicata la località in cui si inserisce il progetto, la dimensione della cella della griglia, il livello di riferimento del terreno, i materiali maggiormente diffusi sul territorio per quanto riguarda le coperture e le pareti degli edifici e, infine, il numero di «Nesting Grids»[1] e la relativa tipologia prevalente di terreno. In particolare, la dimensione della cella della griglia definisce il grado di dettagli del modello e di conseguenza anche l'accuratezza. Per quanto riguarda le prime tre aree è stata impostata una dimensione di 2m x 2m sul piano orizzontale (x, y), sufficiente per l'analisi da condurre, mentre sul piano verticale (z) 1m, necessario per avere un grado di dettaglio realistico sul comfort degli utenti. L'area 4 è stata

1. *I Nesting Grids sono celle vuote di bordo aggiuntive, le quali dovrebbero essere impostate per evitare "errori di bordo" in fase di simulazione.*

modellata con una scala di dettaglio inferiore, in quanto più vasta. Per ridurre i tempi di simulazione la griglia impostata risulta 3m x 3m x 1m. I quattro modelli realizzati hanno una dimensione variabile, la quale, in generale, si attesta su valori di 200m x 200m, circa, sul piano orizzontale (xy). Il dominio spaziale, lungo la direzione z è stato impostato almeno due volte l'altezza dell'edificio più alto (Lobaccaro, Acero, Sanchez Martinez, Padro, Laburu & Fernandez, 2019). Il livello di riferimento del terreno è stato impostato anche a - 5 metri per poter modellare il passante ferroviario dismesso. Per quanto riguarda i muri e la copertura degli edifici sono stati impostati rispettivamente pareti ad isolamento moderato e tegole. Infine, le *nesting grids* sono state impostate a 6 unità con tipologia di terreno permeabile. Tali impostazioni sono state adottate in base alle indicazioni presenti in letteratura.

La modellazione vera e propria dei lotti parte dal caricamento di un'immagine dell'area in formato **bitmap** da sfruttare come base. In particolare, è stata presa un'area più ampia di quella effettivamente necessaria per ovviare agli errori di bordo che il software genera. Dopo aver modellato il terreno e gli edifici (come semplici blocchi), si è passati alla fase di definizione delle varie tipologie di superficie e di vegetazione.

All'interno dell'applicazione "**Data and Setting**s", la sezione "**Database Manager**" consente di modificare le caratteristiche dei materiali offerti dalla libreria del software, così come crearne di nuovi. L'**asfalto** è stato uno dei materiali modificati, in quanto quello proposto dal software ha valori di albedo ed emissività ottimistici (rispettivamente 0,20 e 0,90). Al nuovo materiale creato sono stati impostati valori di albedo pari a 0,10 ed emissività pari a 0,95 (Mohajerani, Bakaric, Jeffrey-Bailey, 2017). Tramite il Geoportale è stato possibile estrapolare le condizioni dell'asfalto, il quale viene differenziato come buono/sufficiente, degradato e molto degradato. Per rendere più precisa la simulazione, l'asfalto di default è stato utilizzato per i tratti degradati o molto degradati, mentre il nuovo materiale è stato utilizzato per le zone in buone condizioni.

Un'altra superficie creata riguarda le **pavimentazioni lapidee**, le quali si possono ritrovare in alcuni tratti di strada e marciapiede. Anche in questo caso è stato preso un materiale base a cui sono stati modificati i valori di albedo: è stato assegnato un valore di 0,35 (Dessì, Farnè, Ravanello & Salomoni, 2018)[2].

Per quanto riguarda la **vegetazione**, dal punto di vista del verde orizzontale, oltre a modificate i valori di albedo dell'elemento presente in libreria (0,20), è stata modificata anche l'altezza dell'erba già esistente, portandola a 0,10 m.

Spostandosi sulla sezione "**Albero**", invece, sono state modificate alcune caratteristiche per il verde verticale. Il Geoportale ha fornito le informazioni sulle essenze arboree e sulle dimensioni degli alberi pubblici. Partendo da queste informazioni, sull'applicazione sono stati scelti conifere e alberi decidui, sono stati scalati in base alle dimensioni necessarie, con un'approssimazione dovuta alla grande quantità di verde presente nell'area (sono stati creati elementi da 5, 10, 15 e 20 metri).

4.1.2 Simulazione

Dopo aver modellato i vari lotti da analizzare, si passa al processo di simulazione. ENVI-MET richiede di immettere in ingresso diverse grandezze atmosferiche all'interno della sezione "**ENVI-guide**". I valori di input principali utilizzati nello studio proposto sono: la temperatura dell'aria (T_a), l'umidità relativa (UR) la velocità del vento (v) e la sua direzione prevalente, la radiazione solare (I)[6]. Le stazioni meteo dalle quali sono stati reperiti i dati sono rispettivamente: la stazione dei Giardini Reali per la temperatura dell'aria, l'umidità relativa e la radiazione solare, la stazione Reiss Romoli per la velocità e la direzione del vento. Vedi Tabella 1.

I dati sono riferibili al giorno più caldo riscontrato nel 2019: il 27 giugno (ottenuto dai rilievi meteorologici della stazione meteo più vicina)[3]. Questa giornata estrema, con un picco di 38,4 gradi, è stata selezionata per verificare il comportamento microclimatico dei diversi lotti in estate. Successivamente si può passare ad avviare il cal-

2. *Il valore dell'albedo delle pavimentazioni lapidee è stato preso dalle guide interdisciplinari: "RIGENERARE LA CITTÀ CON LA NATURA. Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici".*

3. *I dati sono stati reperiti dall'Arpa Piemonte, http://www.arpa.piemonte.it/dati-ambientali/richiesta-dati-orari-meteorologici, consultato il 28/07/2021.*

Ora	T_a (°C)	UR (%)	v (m/s)	Direzione del vento	I (W/m^2)
00.00	25,2	82	0,0	-	0
01.00	24,6	84	1,0	308	0
02.00	24,2	87	0,9	276	0
03.00	23,7	90	0,3	272	0
04.00	23,5	92	0,7	323	0
05.00	24,0	90	1,5	271	44
06.00	27,0	75	1,2	247	237
07.00	30,1	54	2,2	227	420
08.00	31,1	57	1,2	254	583
09.00	32,4	53	2,6	181	737
10.00	32,9	54	2,0	200	852
11.00	34,1	52	2,9	173	915
12.00	35,3	47	1,4	188	915
13.00	36,3	40	2,5	184	871
14.00	37,1	39	3,0	186	779
15.00	37,6	35	4,0	199	645
16.00	38,2	27	4,3	201	484
17.00	37,4	34	2,6	214	277
18.00	34,9	43	1,9	245	104
19.00	31,1	59	1,7	327	0
20.00	29,4	66	2,6	319	0
21.00	27,6	69	1,6	309	0
22.00	26,6	75	1,8	267	0
23.00	25,6	80	1,7	323	0

Tab. 1 La tabella riporta: la temperatura dell'aria (T_a), l'umidità relativa (UR) la velocità del vento (v) e la sua direzione prevalente, la radiazione solare (I). Dati Arpa Piemonte[3].

colo del software. All'interno della sezione "**ENVI-core**" è necessario selezionare il modello desiderato e avviare un controllo della simulazione, il quale evidenzia eventuali errori presenti nel modello: in giallo quelli meno gravi, nella maggior parte dei casi corretti dal software; in rosso gli errori gravi, occorre tornare indietro e controllare il modello. Infine, si avvia la simulazione vera e propria, la quale estrapolerà una cartella con all'interno i risultati.

4.1.3 Risultati

Terminato il processo di simulazione, condotto da ENVI-MET, occorre passare all'estrapolazione dei risultati. Attraverso l'applicazione "**Leonardo**" è possibile selezionare la cartella dei risultati ed estrapolare le mappe 2D o 3D necessarie. Dalla cartella "atmosphe-

re" sono state estrapolate le mappe sulla temperatura dell'aria, le relative sezioni e la velocità del vento. Dalla cartella "surface" è stata estrapolata la temperatura superficiale.
Oltre a questi output è stata estrapolata anche la **PET** (Physiological Equivalent Temperature), che, come già definita all'interno del glossario, ha l'obiettivo di rappresentare in modo unico e intuitivo le condizioni di comfort in un ambiente esterno. La necessità di ricorrere ad un parametro diverso della semplice temperatura deriva dal fatto che la reale percezione termica dipende da un ampio numero di fattori che includono parametri oggettivi, come la temperatura radiante, la velocità dell'aria e la pressione vapore, ma anche parametri soggettivi quali l'attività fisica e il tipo di abbigliamento indossato (Losasso, Lucarelli, Rigillo, Valente, 2020).

PET	Thermal perception	Grade of physiological stress
4°C	Very cold	Extreme cold stress
8°C	Cold	Strong cold stress
13°C	Cool	Moderate cold stress
18°C	Slightly cool	Slight cold stress
23°C	Comfortable	No thermal stress
29°C	Slightly warm	Slight heat stress
35°C	Warm	Moderate heat stress
41°C	Hot	Strong heat stress
	Very hot	Extreme heat stress

Tab. 2 La tabella riporta la percezione termica e i livelli di stress fisiologico[7].

Per poter estrarre i risultati è stato necessario passare per l'applicazione "**BIO-met**". Applicazione che permette il calcolo della PET, ma anche di indici quali PMV (Predicted Mean Vote), PPD (Predicted Percentage of Dissattisfied), UTCI (Universal Thermal Climate Index) e SET (Standard Effective Temperature). Il software assegna come dati di input la temperatura potenziale dell'aria, la temperatura media radiante, la velocità del vento e l'umidità specifica, calcolati in precedenza. I calcoli si riferiscono ad un soggetto standard di 35 anni, 75 kg, alto 1,75m, con un'attività metabolica di 80 W e abbigliamento di 0,9 Clo.
Come per le altre mappe anche questo indicatore è stato calcolato alle 9.00, 12.00, 15.00 e 18.00, a 1,5 metri di altezza dal suolo.

Tab. 2 *La tabella deriva da: Losasso M., Lucarelli M. T., Rigillo M., Valente, R. (2020). "Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale". Santarcangelo di Romagna. Italia: Maggioli Editore, p. 246.*

4.2 Output

Nelle pagine che seguono vengono riportate le **mappe di analisi** estrapolate da ENVI-MET, calcolate nelle ore più significative: rispettivamente le 12.00 e le 15.00 (vengono anche inseriti all'interno degli allegati gli orari delle 9.00 e delle 18.00). La prima mappa riguarda la temperatura potenziale dell'aria, la seconda è relativa alla temperatura superficiale, la terza alla velocità del vento ed infine vi è l'analisi dell'indice di comfort PET. Sono stati scelti tali parametri perché sono quelli che influiscono in misura maggiore sul benessere termico e l'indice di comfort più utilizzato nelle valutazioni outdoor. Tutte le analisi sono state calcolate ad 1,5m di altezza dal terreno, ad eccezione della temperatura superficiale, la quale è calcolata a livello 0.

Per ogni orario e per ogni tipologia di analisi vi è una **scala grafica** di colore, omogenea per tutti e quattro i lotti, la quale permette di comprendere le differenze di temperatura dell'aria e temperatura superficiale, tra i vari output, da un punto di vista grafico. Tale scala di colore riporta i valori di temperatura minima e massima calcolata nei vari lotti, suddivisa in dieci unità.
All'interno della Tabella 3, riportata successivamente, è indicata la temperatura dell'aria massima e minima, relativa alle ore 9.00, 12.00, 15.00 e 18.00, per ogni lotto analizzato. Nella stessa tabella è stato inserito anche il fattore di scala, richiesto da ENVI-MET come "Step size/Class width". Il calcolo risulta dal seguente processo: per ogni output e per ogni fascia oraria è stato preso il valore più alto e più basso di temperatura; in questo modo è possibile suddividere il range che si ottiene (tra il valore massimo e il valore minimo) in 10 unità, come anticipato in precedenza.
Lo stesso processo è stato adottato per l'estrapolazione delle altre mappe, riportate in seguito nel seguente ordine: temperatura superficiale (Tab. 4), PET (Tab. 5) e velocità del vento (Tab. 6).

TEMPERATURA DELL'ARIA (°C)	VIA GHEDINI	VILLAGGIO RURALE	VIA CRAVERO	CORSO TARANTO	VALORE MASSIMO/MINIMO	FATTORE DI SCALA
Min 09.00	29,33	29,42	29,38	**28,67**	28,67	0,14
Max 09.00	**30,04**	29,95	29,99	29,88	30,04	
Min 12.00	32,00	32,01	31,97	**31,48**	31,48	0,21
Max 12.00	**33,56**	33,43	33,37	33,27	33,56	
Min 15.00	33,70	33,69	33,62	**33,18**	33,18	0,30
Max 15.00	36,12	36,08	35,95	**36,16**	36,16	
Min 18.00	33,31	33,32	33,28	**32,68**	32,68	0,21
Max 18.00	34,79	34,79	34,70	**34,80**	34,80	

Tab. 3 La tabella riporta la temperatura dell'aria minima e massima, estrapolata da ENVI-MET, per ogni area.

TEMPERATURA SUPERFICIALE (°C)	VIA GHEDINI	VILLAGGIO RURALE	VIA CRAVERO	CORSO TARANTO	VALORE MASSIMO/MINIMO	FATTORE DI SCALA
Min 09.00	19,85	19,85	19,85	19,85	19,85	1,67
Max 09.00	35,93	35,40	36,29	**36,52**	36,52	
Min 12.00	19,85	19,85	19,85	19,85	19,85	2,25
Max 12.00	40,80	**42,37**	40,50	40,67	42,37	
Min 15.00	19,85	19,85	19,85	19,85	19,85	2,60
Max 15.00	42,26	**45,84**	41,90	42,45	45,84	
Min 18.00	19,85	19,85	19,85	19,85	19,85	2,09
Max 18.00	40,59	**40,79**	38,60	40,34	40,79	

Tab. 4 La tabella riporta la temperatura dell'aria minima e massima, estrapolata da ENVI-MET, per ogni area.

PET	VIA GHEDINI	VILLAGGIO RURALE	VIA CRAVERO	CORSO TARANTO	VALORE MASSIMO/MINIMO	FATTORE DI SCALA
Min 09.00	27,20	27,22	**27,00**	27,48	27,00	2,72
Max 09.00	**54,22**	54,16	52,47	52,28	54,22	
Min 12.00	32,68	32,88	**32,02**	32,18	32,02	2,49
Max 12.00	**56,89**	54,13	53,37	53,82	56,89	
Min 15.00	35,37	34,95	34,27	**34,25**	34,25	2,61
Max 15.00	**60,37**	58,95	58,64	57,07	60,37	
Min 18.00	33,09	33,06	32,64	**32,27**	32,27	2,20
Max 18.00	53,02	52,27	**54,31**	54,23	54,31	

Tab. 5 La tabella riporta la PET minima e massima, estrapolata da ENVI-MET, per ogni area.

VELOCITA' DEL VENTO	VIA GHEDINI	VILLAGGIO RURALE	VIA CRAVERO	CORSO TARANTO	VALORE MASSIMO/ MINIMO	FATTORE DI SCALA
Min 09.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,376
Max 09.00	**3,76**	3,67	3,59	3,45	3,76	
Min 12.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,372
Max 12.00	**3,72**	3,67	3,57	3,42	3,72	
Min 15.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,370
Max 15.00	**3,70**	3,67	3,56	3,39	3,70	
Min 18.00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,368
Max 18.00	**3,68**	3,68	3,55	3,35	3,68	

Tab. 6 La tabella riporta la temperatura dell'aria minima e massima, estrapolata da ENVI-MET, per ogni area.

Per quanto riguarda la Tabella 6, il procedimento è il medesimo: al posto di confrontare e scegliere la temperatura maggiore e minore è stata scelta la velocità del vento maggiore e minore per poi suddividere il range in dieci intervalli e ottenere la scala di colore relativa.

I paragoni tra le varie aree, alla stessa ora, sono utili per comprendere quali sono i lotti che si comportano meglio dal punto di vista microclimatico e quali peggio, e da cosa è influenzata tale condizione. Queste considerazioni sono utili anche per la scelta dell'area su cui intervenire progettualmente.

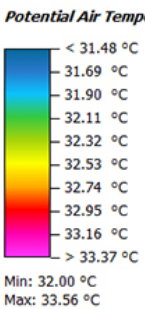
L'ultimo output riporta l'andamento della temperatura potenziale dell'aria all'interno di sezioni urbane, eseguite secondo l'asse x e y, di ogni lotto. Le sezioni passano in prossimità della mezzeria dell'area e sono indicate in modo dettagliato nelle mappe del paragrafo 4.2.1.

Temperatura dell'aria

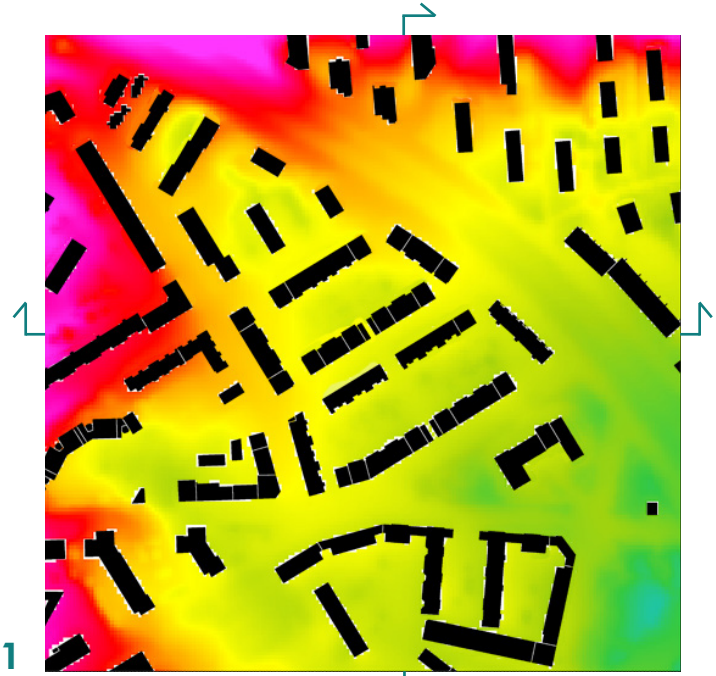
Stato di fatto

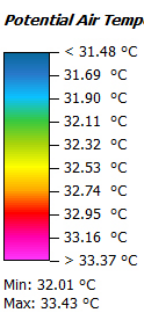
27/06/2019

Ore: 12:00

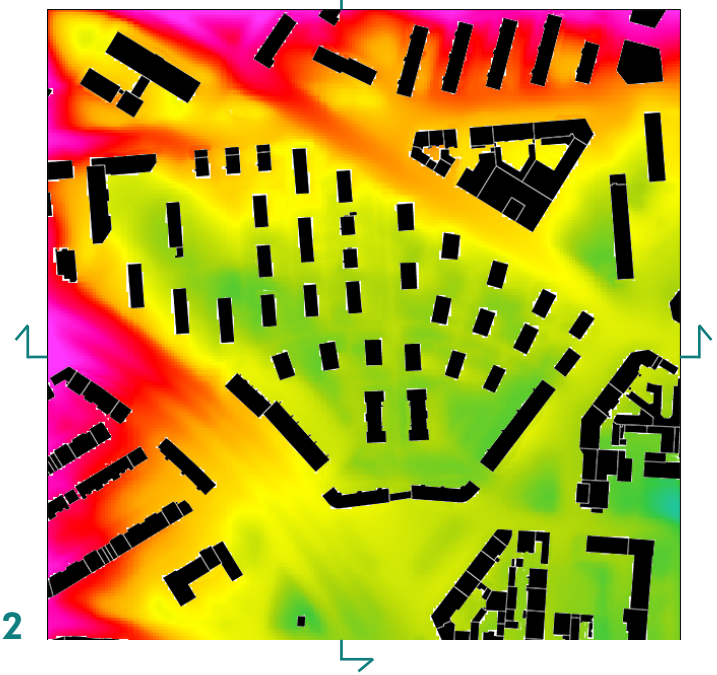


Area 1

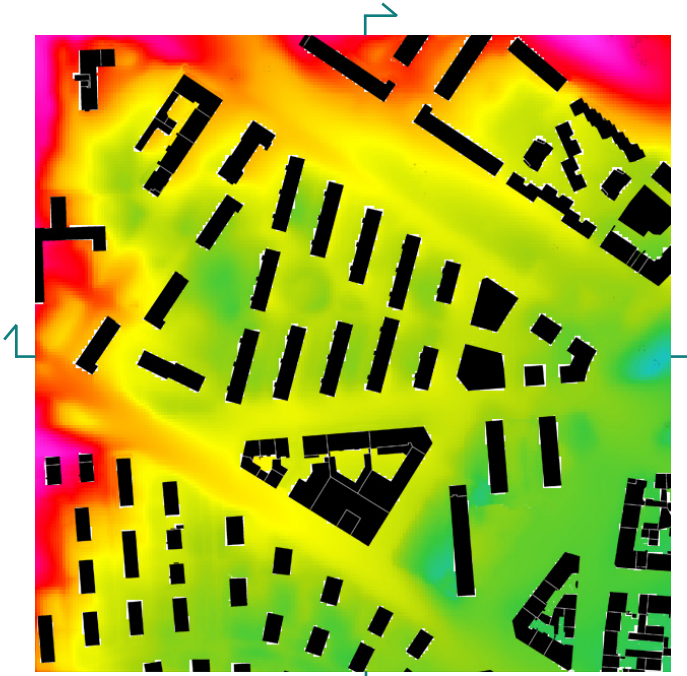




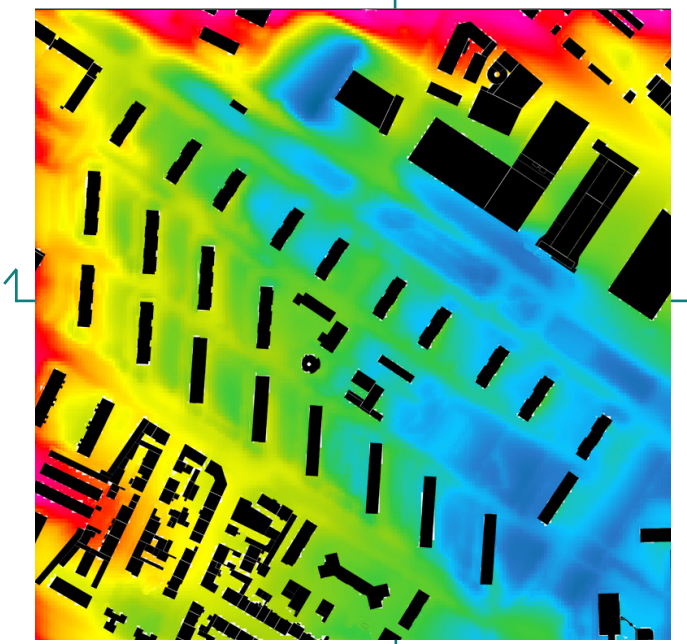
Area 2



Temperatura dell’aria



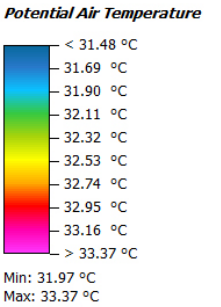
Area 3

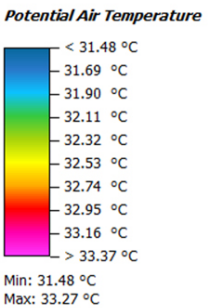


Area 4

Piano x/y

z = 1,5 m



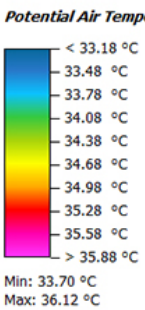


Temperatura dell'aria

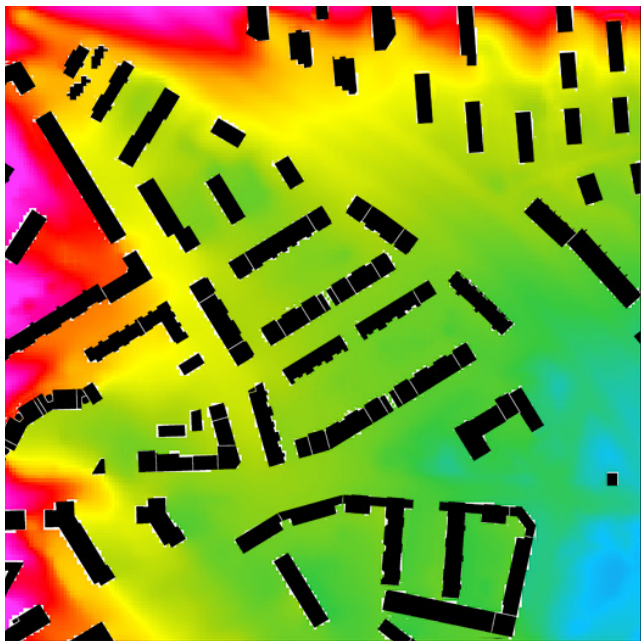
Stato di fatto

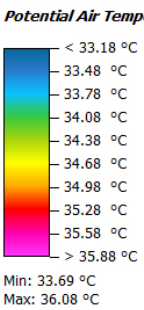
27/06/2019

Ore: 15:00

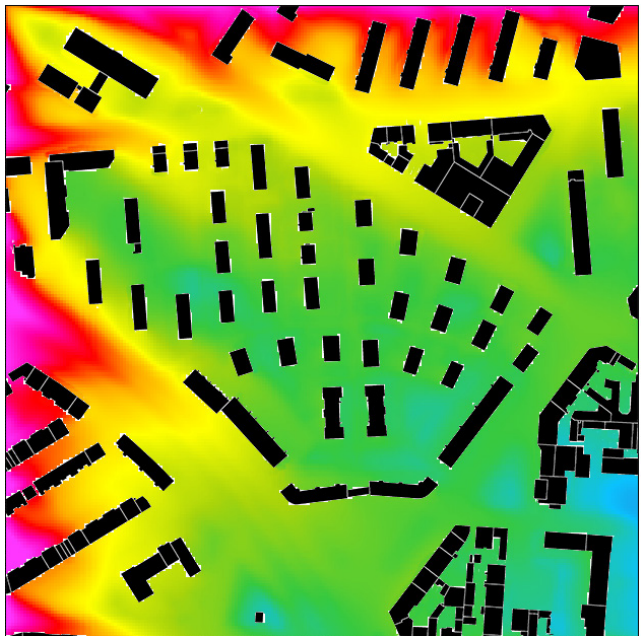


Area 1

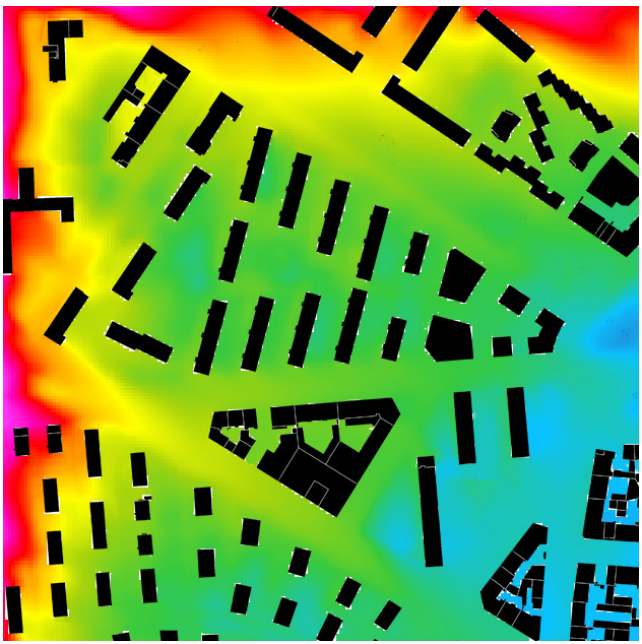




Area 2



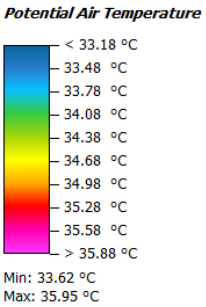
Temperatura dell’aria

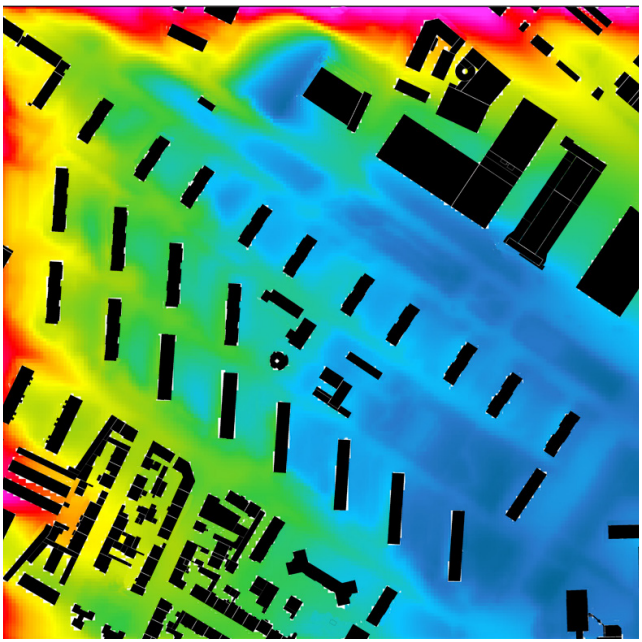


Area 3

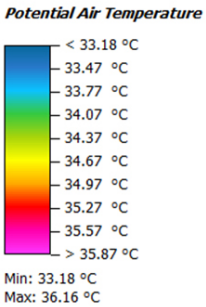
Piano x/y

z = 1,5 m





Area 4

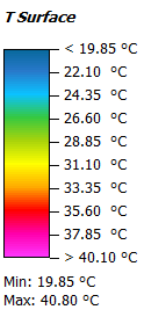


Temperatura superficiale

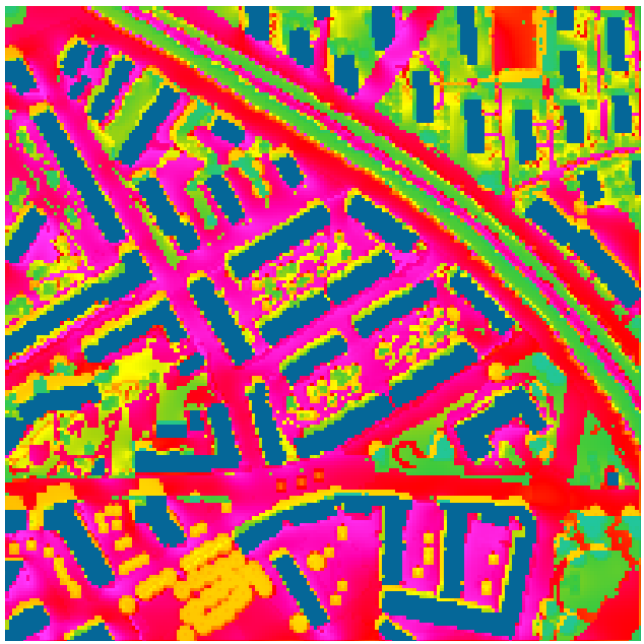
Stato di fatto

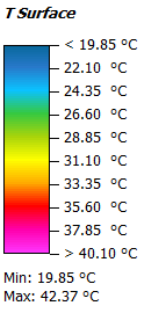
27/06/2019

Ore: 12:00

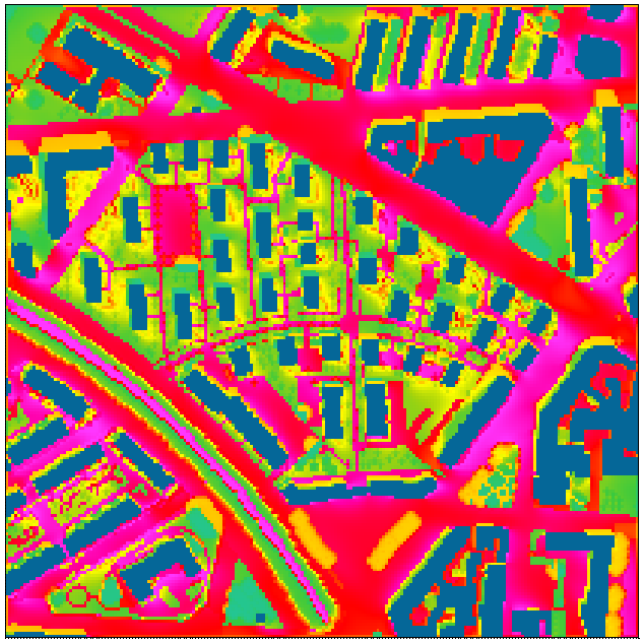


Area 1

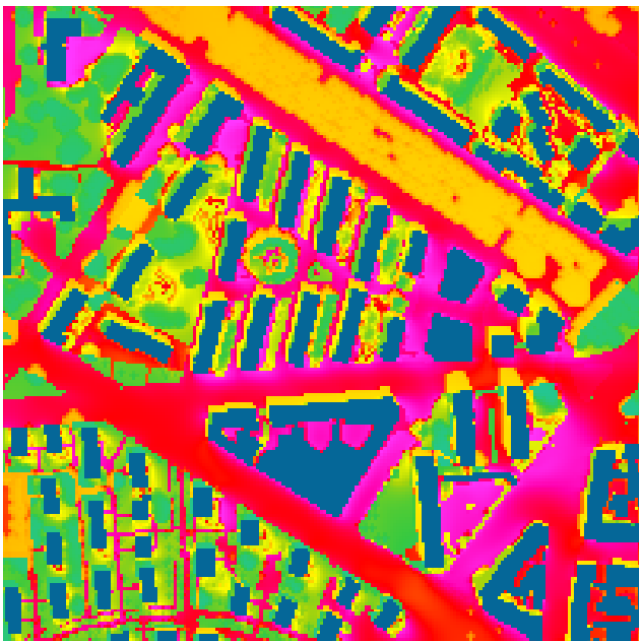




Area 2

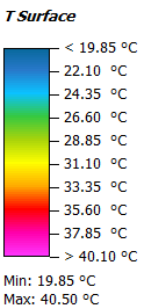


Temperatura superficiale

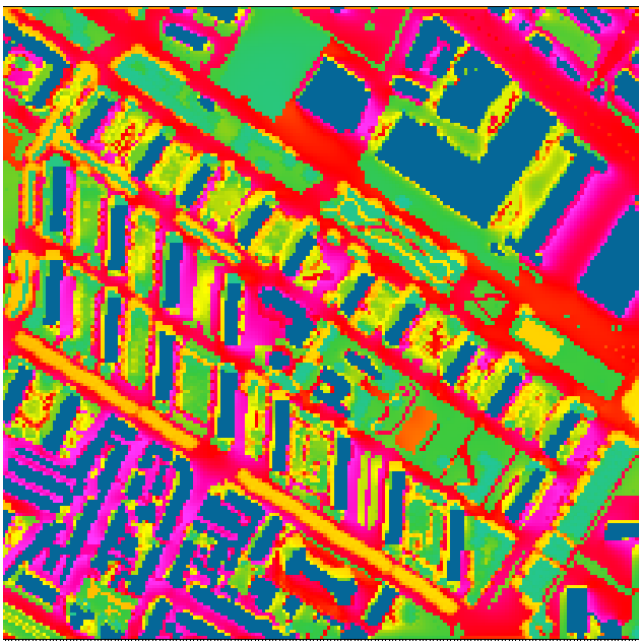


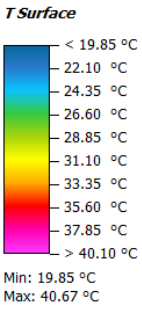
Piano x/y

z = 0,0 m



Area 3





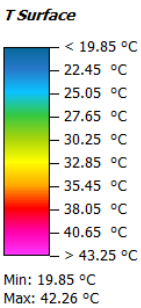
Area 4

Temperatura superficiale

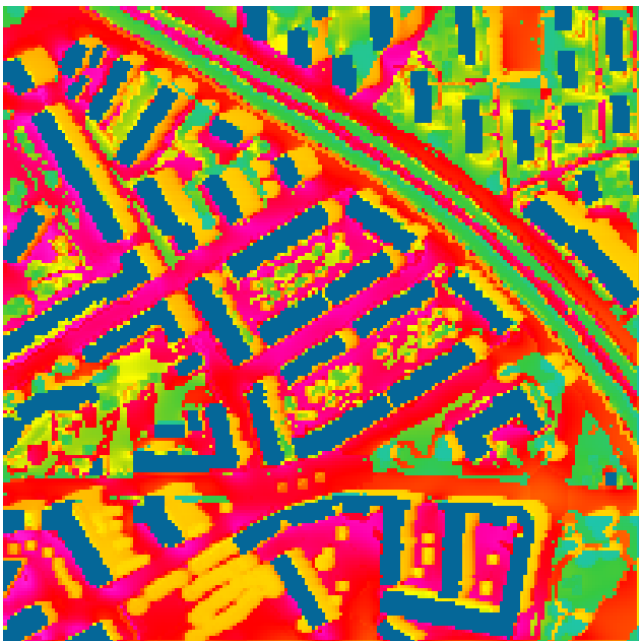
Stato di fatto

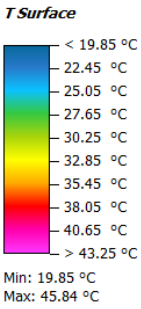
27/06/2019

Ore: 15:00

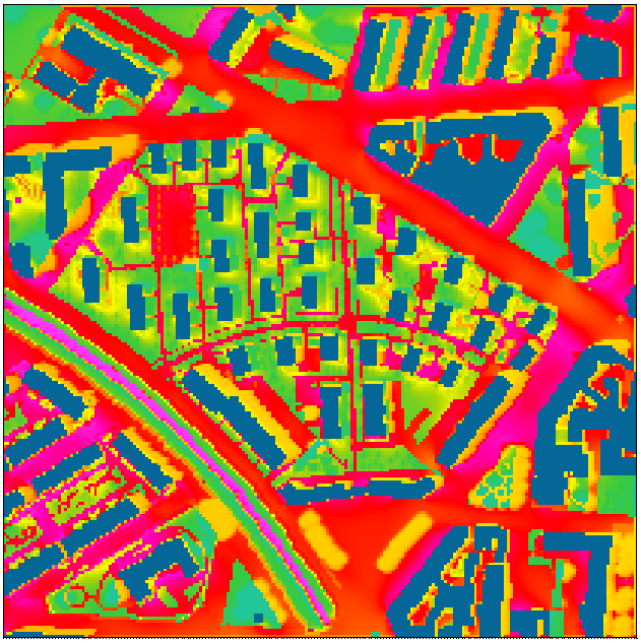


Area 1

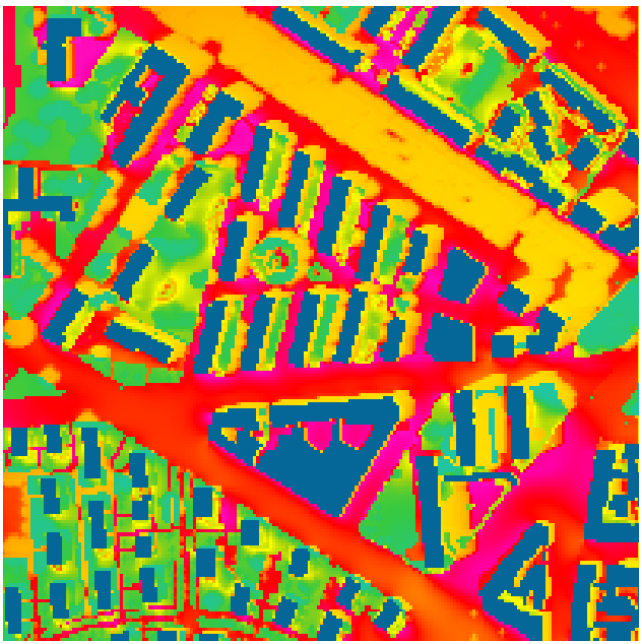




Area 2

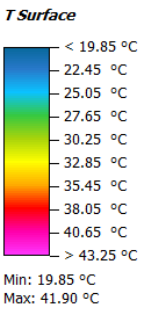


Temperatura superficiale

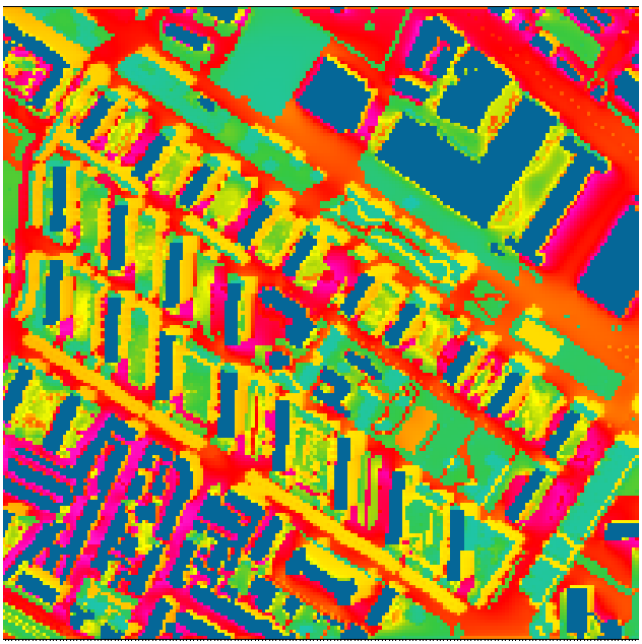


Piano x/y

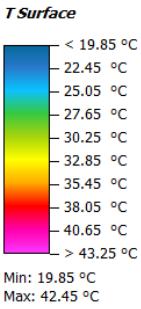
z = 0,0 m



Area 3



Area 4

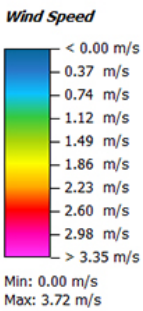


Velocità del vento

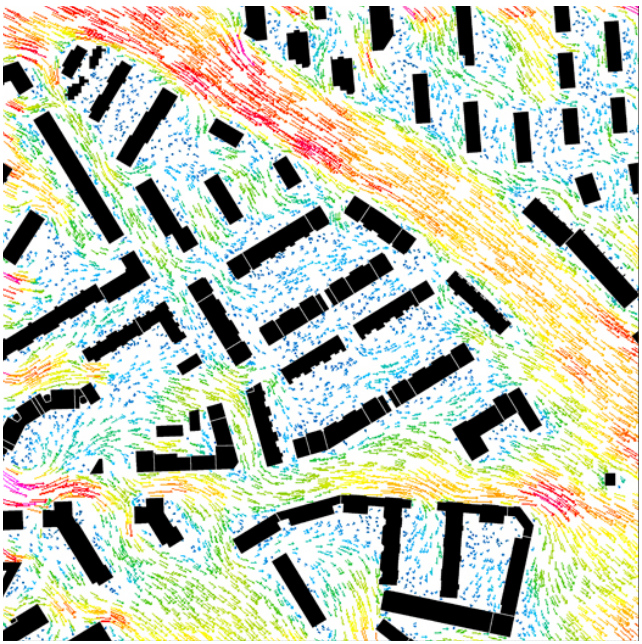
Stato di fatto

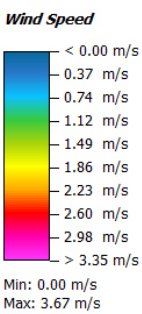
27/06/2019

Ore: 12:00

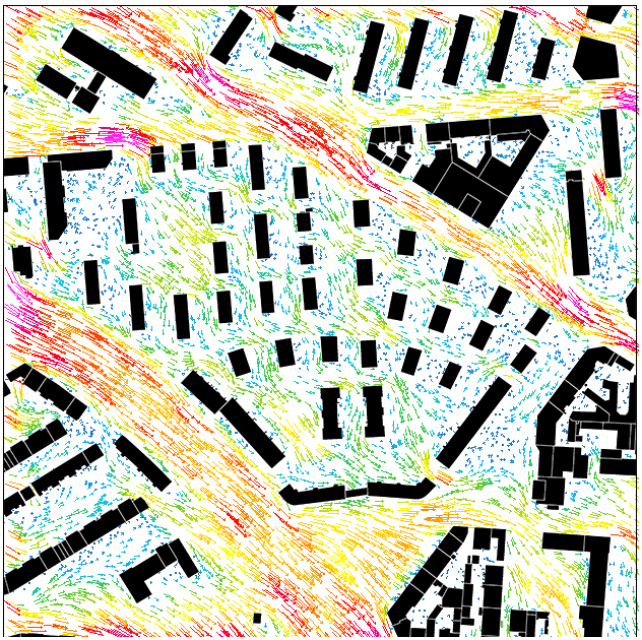


Area 1

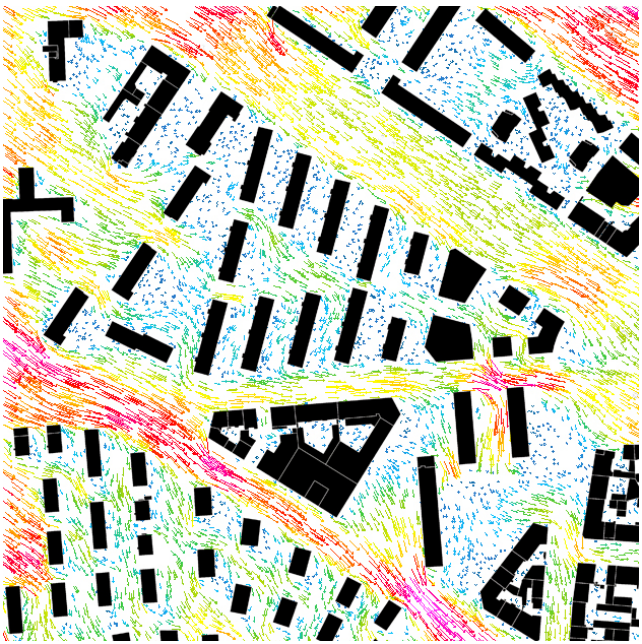




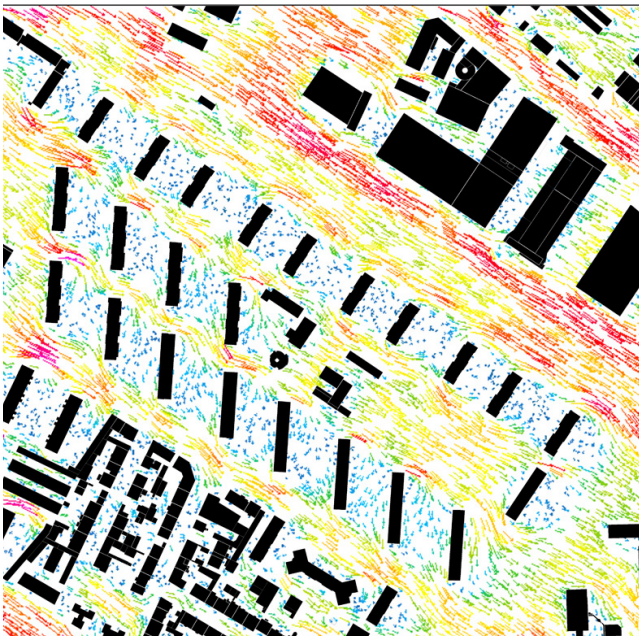
Area 2



Velocità del vento



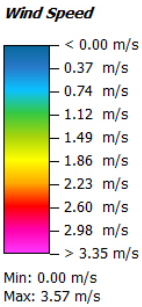
Area 3

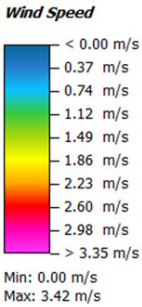


Area 4

Piano x/y

z = 1,5 m



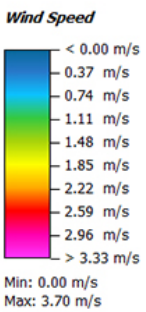


Velocità del vento

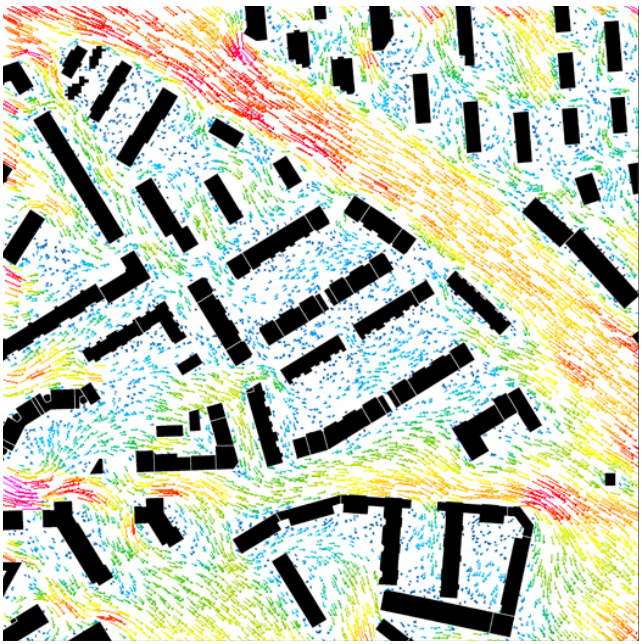
Stato di fatto

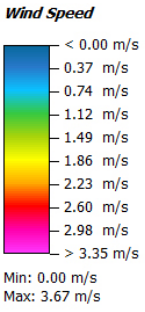
27/06/2019

Ore: 15:00

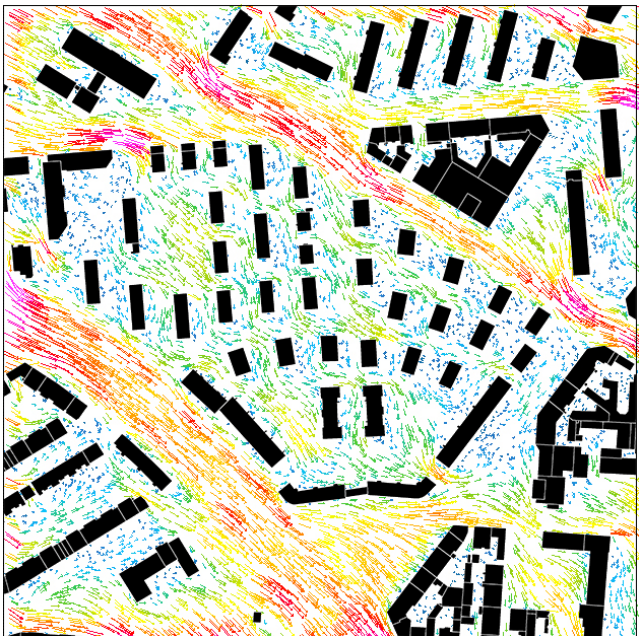


Area 1

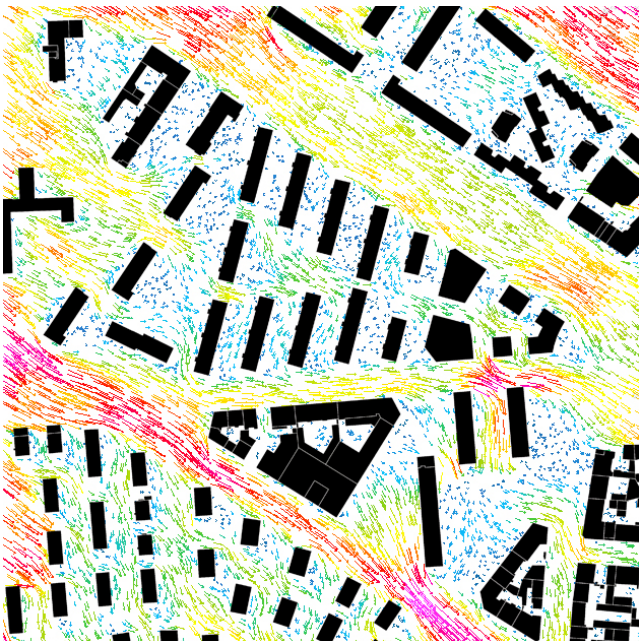




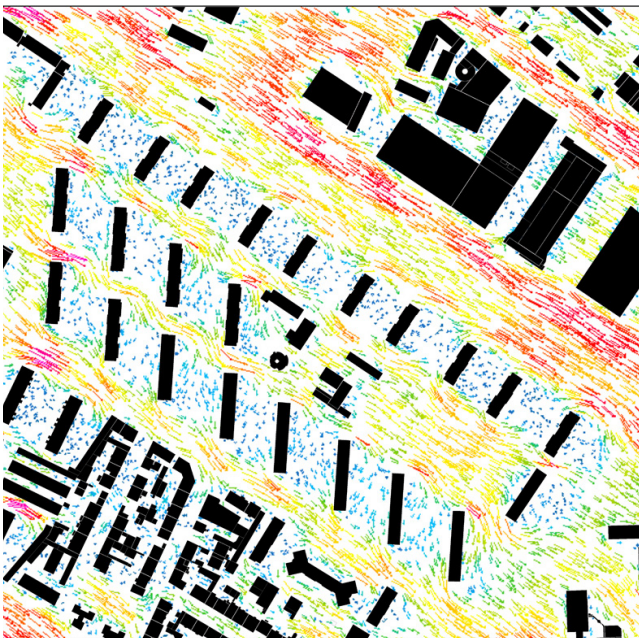
Area 2



Velocità del vento



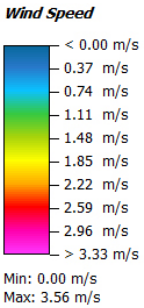
Area 3

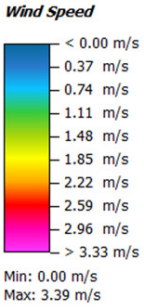


Area 4

Piano x/y

z = 1,5 m



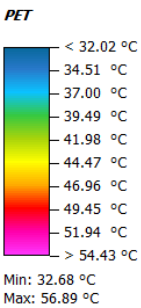


PET

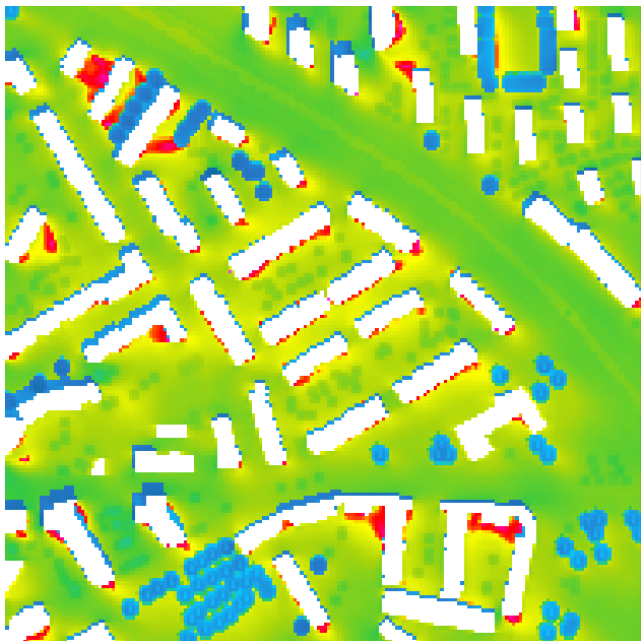
Stato di fatto

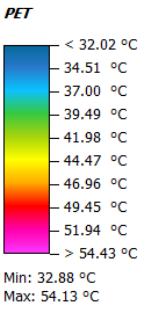
27/06/2019

Ore: 12:00

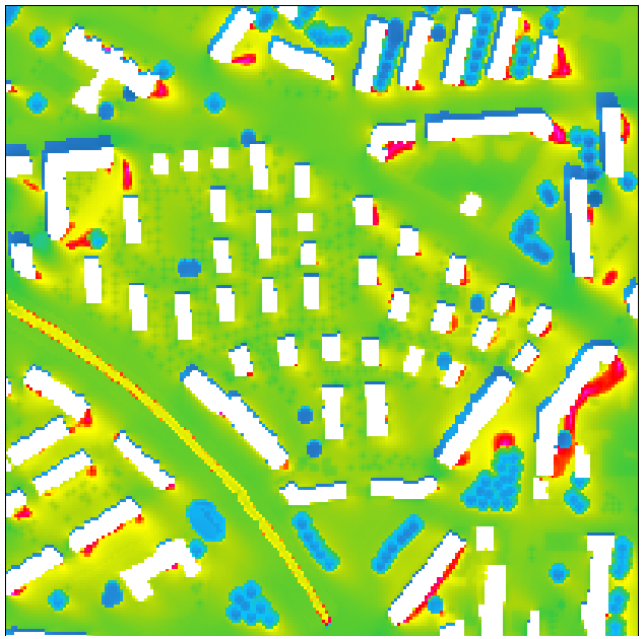


Area 1

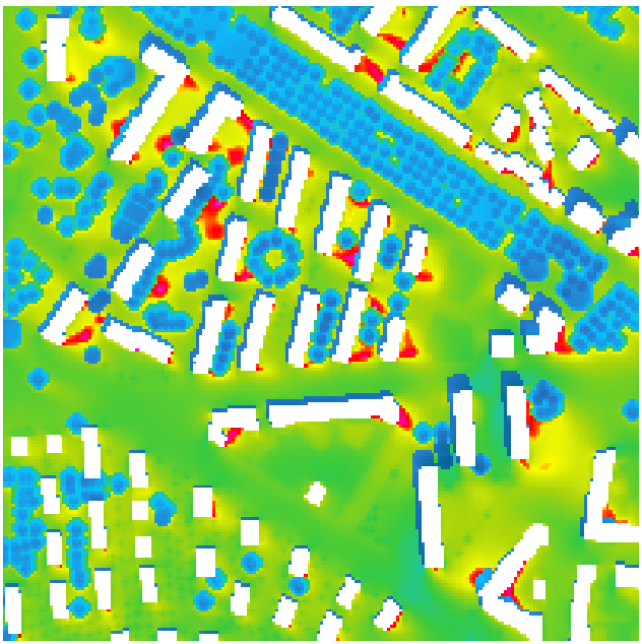




Area 2



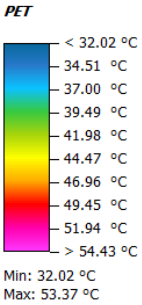
PET

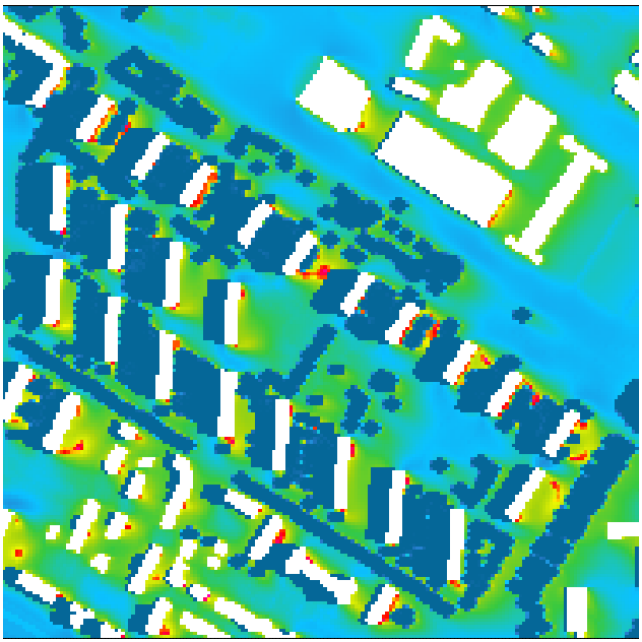


Area 3

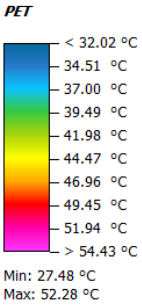
Piano x/y

z = 1,5 m





Area 4

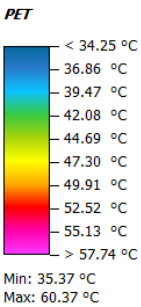


PET

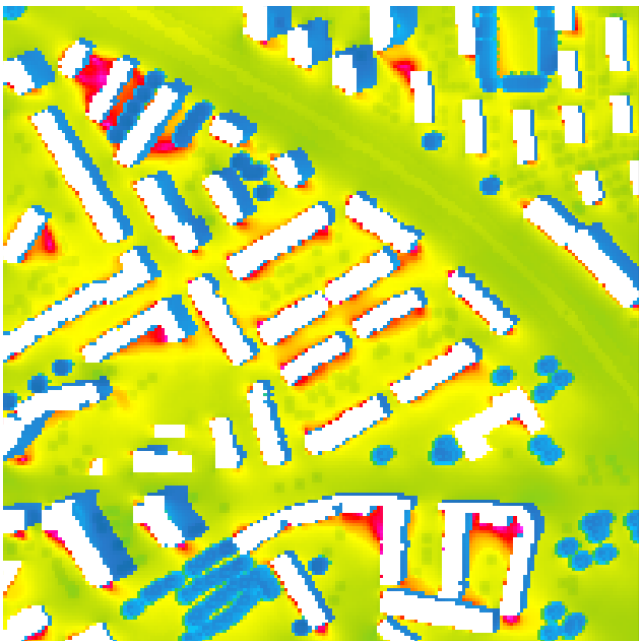
Stato di fatto

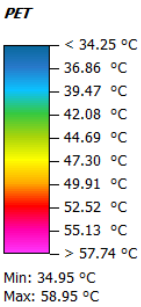
27/06/2019

Ore: 15:00

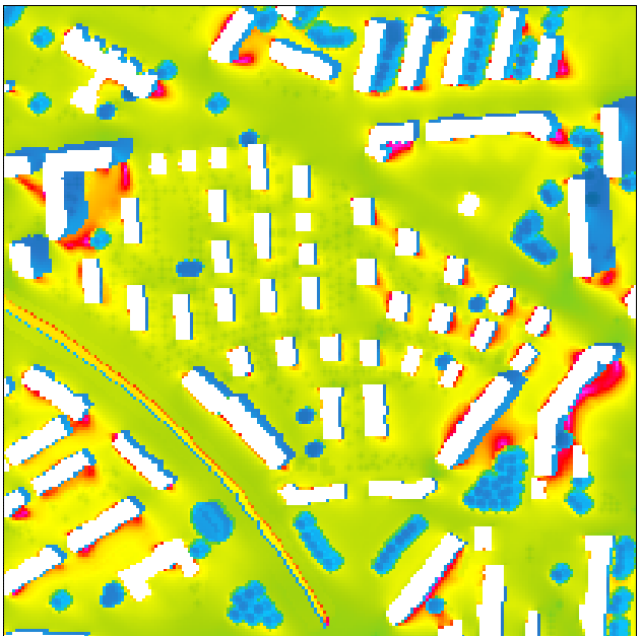


Area 1

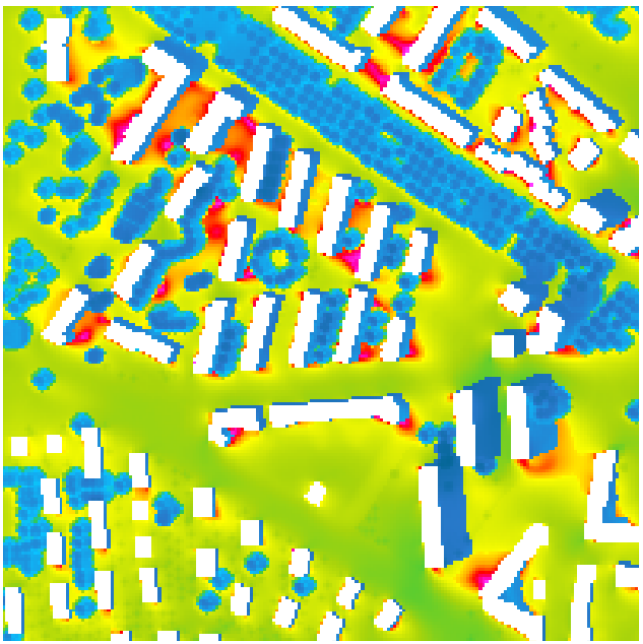




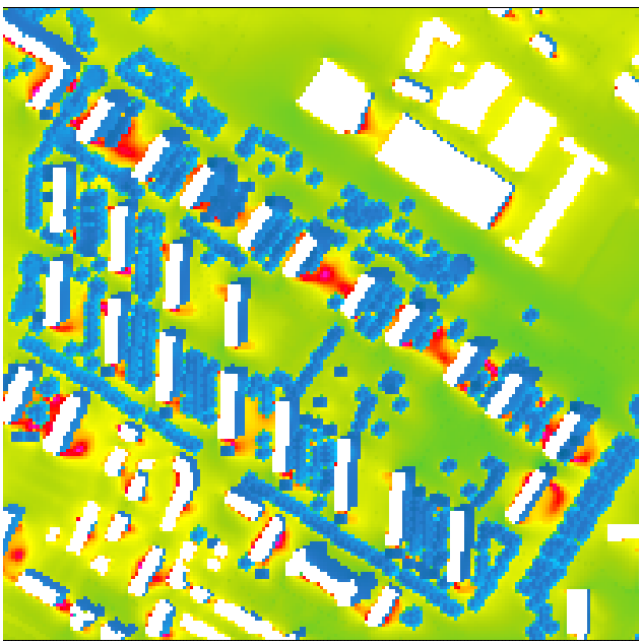
Area 2



PET



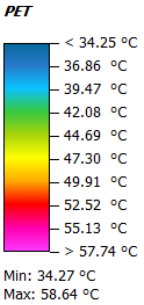
Area 3

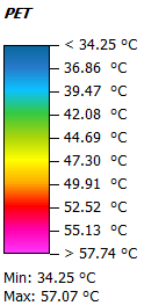


Area 4

Piano x/y

z = 1,5 m





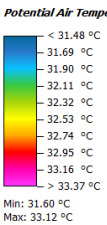
Sezioni urbane

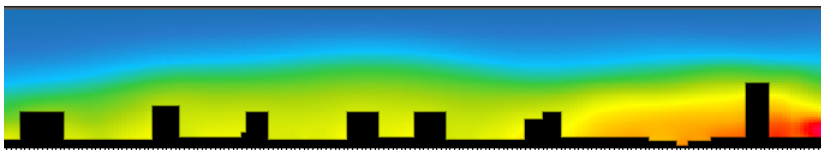
Stato di fatto

27/06/2019

Ore: 12:00

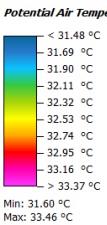
Piano y/z (x = 181 m)

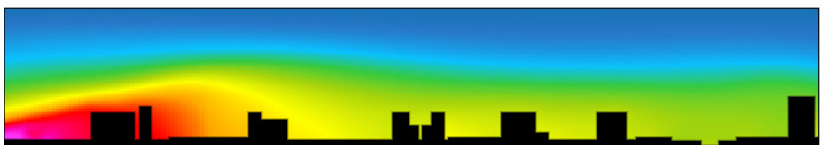




Area 1

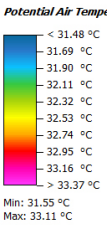
Piano x/z (y = 201 m)

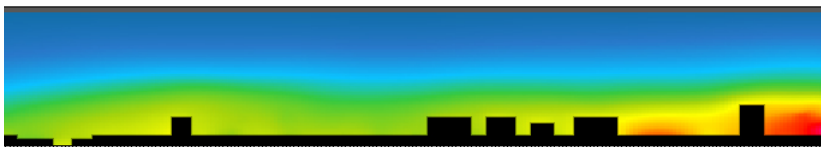




Area 1

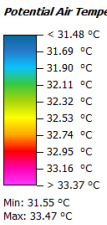
Piano y/z (x = 201 m)

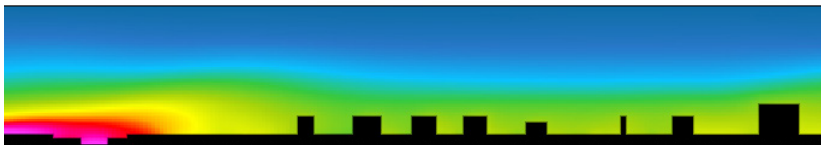




Area 2

Piano x/z (y = 191 m)





Area 2

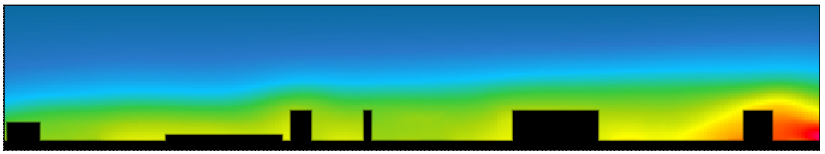
Sezioni urbane

Stato di fatto

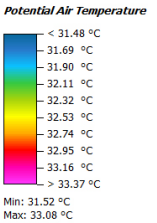
27/06/2019

Ore: 12:00

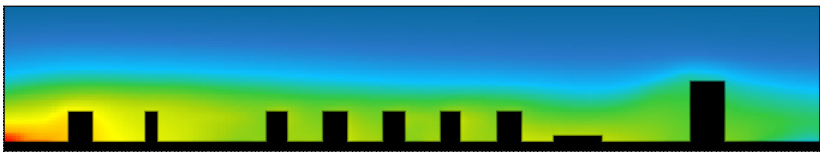
Piano y/z (x = 211 m)



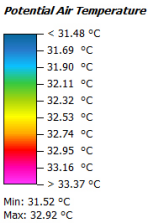
Area 3



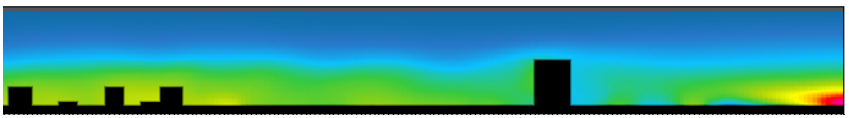
Piano x/z (y = 201 m)



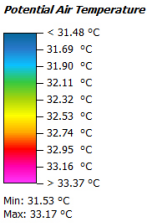
Area 3



Piano y/z (y = 241 m)

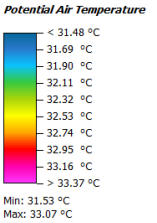


Area 4



Piano x/z (x = 301 m)

Area 4



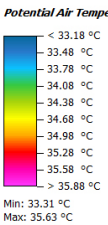
Sezioni urbane

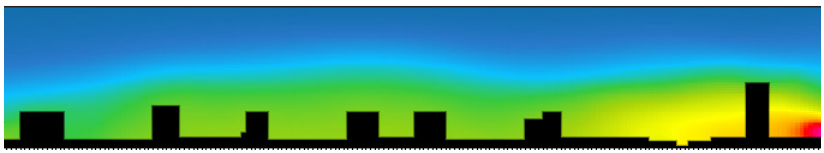
Stato di fatto

27/06/2019

Ore: 15:00

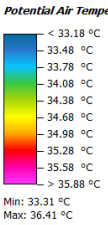
Piano y/z (x = 181 m)

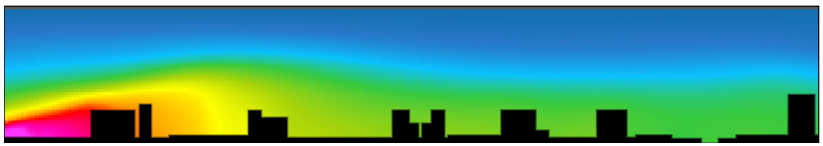




Area 1

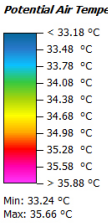
Piano x/z (y = 201 m)





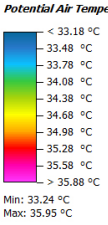
Area 1

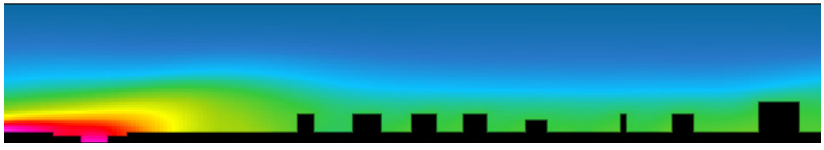
Piano y/z (x = 201 m)



Area 2

Piano x/z (y = 191 m)





Area 2

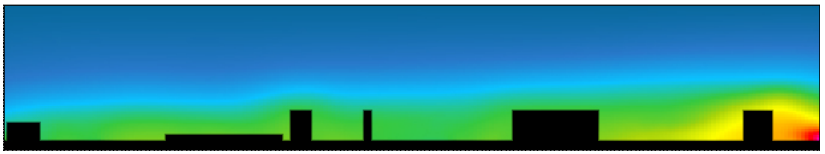
Sezioni urbane

Stato di fatto

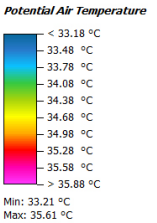
27/06/2019

Ore: 15:00

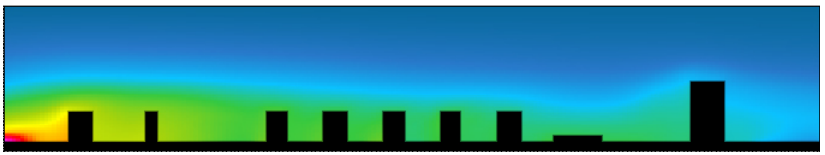
Piano y/z (x = 211 m)



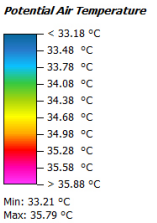
Area 3



Piano x/z (y = 201 m)

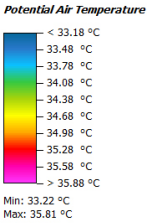


Area 3



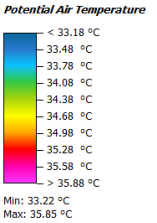
Piano y/z (x = 241 m)

Area 4



Piano x/z (y = 301 m)

Area 4



5. Visione progettuale

5.1 Scelta dell'area d'intervento
5.2 Visione progettuale
5.3 Criticità dell'area
5.4 Obiettivi progettuali
5.5 Strategie progettuali
5.6 Schemi sulle strategie adottate
5.7 Masterplan

5.8 Sezione A-A

5.9 Sezione B-B

5.10 Assonometria della visione progettuale

5.11 Viste della visione progettuale

5.1 Scelta dell'area d'intervento

In seguito all'analisi approfondita delle quattro aree si passa alla scelta di quella che si comporta peggio dal punto di vista microclimatico, in modo da definire una visione progettuale con il fine di migliorare le condizioni di comfort per mezzo di azioni di adattamento e mitigazione.

Dal confronto degli output ottenuti dal software ENVI-met, consultando i risultati della temperatura potenziale dell'aria, della PET e della temperatura superficiale, è possibile notare come il **lotto più problematico** in questo specifico contesto urbano (stante le caratteristiche attuali quali: indice di copertura, di permeabilità, orientamento, ecc.) risulti l'area 1, caratterizzato da una forma urbana a corte semi-compatta. La principale motivazione deriva dell'elevata presenza di asfalto e ridotta presenza di verde pubblico, privato e superfici permeabili dentro e fuori le corti.

Come anticipato nel capitolo 3.2.8, il quartiere è stato di recente interessato da un processo di riqualificazione attraverso interventi di restauro delle facciate, rifacimento delle coperture, introduzione di ascensori per edifici con più di tre piani e la riprogettazione dei cortili e delle rispettive aree verdi, con conseguente miglioramento delle condizioni microclimatiche. L'**area 4** risulta, invece, la **più confortevole**, con una temperatura dell'aria minore rispetto agli altri lotti e un miglior comfort termico, come si può notare dall'elevata presenza di colore blu/azzurro (capitolo 4.2.1 e 4.2.4), soprattutto nella parte Sud - Ovest del quartiere. L'area 2, infine, è dotata di molto verde ma ha una minore densità edilizia per cui il minor ombreggiamento determina un confort inferiore rispetto all'area 4, di contro però, la maggior presenza di verde determina una minore temperatura superficiale.

Dalle osservazioni appena presentate, appare evidente la scelta dell'**area 1** come sfondo per proporre una visione progettuale volta a migliorare l'attuale condizione microclimatica, attraverso azioni di adattamento e mitigazione. Dal momento che le corti sono già state riqualificate recentemente, la progettazione si è sposterà principalmente sull'area circostante, sulle vie perimetrali dei lotti fino a comprendere parte dell'area 2 del Villaggio Rurale. Si approfitterà, inoltre, del fatto che l'ex sedime ferroviario, compreso tra le vie Gottardo e Sempione, verrà utilizzato per il passaggio della nuova linea metropolitana.

Visione progettuale

5.2

Dopo aver individuato l'area con le prestazioni peggiori dal punto di vista microclimatico, si passa a definire una **visione progettuale**, la quale si pone il compito di migliorare il comfort termico urbano intervenendo attraverso azioni combinate di adattamento e mitigazione. La riqualificazione dello spazio pubblico si assume essere il campo di azione della progettazione ambientale, in quanto è in gran parte responsabile della mitigazione dell'isola di calore urbana e del modo in cui una città potrebbe adattarsi a eventi imprevedibili e ancora più frequenti.

Per questo motivo, l'intervento, esteso nell'immediato intorno dell'area 1 (come specificato nel Capitolo 5.1) ha l'**obiettivo** d'intervenire ricucendo la città, a lungo tagliata in due dal sedime ferroviario, accorciando le distanze, promuovendo una "città dei 15 minuti", incentivando la mobilità sostenibile attraverso percorsi verdi, piste ciclabili e corsie riservate ai mezzi pubblici. La riduzione del traffico e il miglioramento delle condizioni dei pedoni e dei ciclisti possono sostenere la coesione sociale. Inoltre, carburanti più puliti per i trasporti e la produzione di energia possono ridurre l'inquinamento locale, che di solito danneggia la parte più debole della popolazione. Infatti, le prove dimostrano come i bambini che vivono vicino alle aree verdi siano più resistenti allo stress, meno inclini ad avere disturbi sociali e abbiano un più alto senso di valore personale. Le aree verdi stimolano l'interazione sociale e migliorano il benessere (Tucci & Battisti, 2020).

Questi sono alcuni dei motivi per i quali si punta a realizzare un "**corridoio verde**", con diverse funzioni lungo il suo tratto, il quale avrà anche il compito di mitigare il microclima urbano localmente. Tale tratto metropolitano ripensato sarà un affondo metodologico, riproducibile e scalabile, uno spunto per potenziare l'infrastruttura verde e blu, evitando di realizzare l'ennesimo tratto viario asfaltato, poco sfruttabile e riqualificante.

Il **processo progettuale** parte dall'identificazione delle criticità legate alla zona d'intervento, dedotte in seguito all'analisi condotta in precedenza. Tali criticità svolgono un ruolo fondamentale per poter porre le basi degli obiettivi da raggiungere per il miglioramento ambientale. Come approfondito nei capitoli successivi (5.3, 5.4 e 5.5), cinque sono gli obiettivi prefissati: migliorare la fruibilità del verde urbano diversificando le funzioni; potenziare la mobilità sostenibile; promuovere "la città dei 15 minuti", aumentando l'accessibilità ai vari servizi e la loro connessione; connettere l'area con il centro città, il fiume e i parchi; mitigare il microclima urbano. Questi obiettivi sono, a loro volta, la base per poter mettere in atto strategie in grado attuare cambiamenti urbani e poter raggiungere lo scopo prefissato. Le strategie, elencate nel dettaglio nel capitolo 5.5, sono state suddivise per obiettivo, anche se spesso sono intercambiabili e generano più di un cambiamento. Inoltre, alcuni schemi assonometrici le sintetizzano e le rendono più immediate.

La visione progettuale complessiva sarà raccolta in un Masterplan d'intervento (Map.1), in cui si specificheranno le varie trasformazioni messe in atto. Inoltre, un'assonometria dell'area (Ass.1) mostrerà il nuovo modo di pensare la porzione di città, seguendo il processo di rappresentazione già utilizzato in precedenza per l'analisi dei vari lotti. Alcune viste puntuali saranno poi sfruttate per evidenziare puntualmente le varie strategie messe in atto e comprendere meglio la visione progettuale.

Criticità dell'area

5.3

- Verde urbano poco accessibile, poco curato e frammentato
- Percezione dell'area urbana in stato di degrado e abbandono
- Area poco connessa con il centro città, il fiume e i parchi limitrofi nonostante la prossimità fisica
- Scarsa quantità e qualità di servizi
- Sezioni stradali troppo ampie, poco sfruttate e regolamentate
- Superfici prevalentemente asfaltate e in cattive condizioni

5.4 Obiettivi

- **Migliorare la fruibilità del verde urbano diversificando le funzioni**
- **Potenziare la mobilità sostenibile**
- **Promuovere "la città dei 15 minuti", aumentando l'accessibilità ai vari servizi e la loro connessione**
- **Connettere l'area con il centro città, il fiume e i parchi**
- **Mitigare il microclima urbano**

Strategie

Verde urbano

- Percorsi e aree per la sosta dei pedoni
- Aree attrezzate e campi sportivi
- Parchi giochi
- Orti pedagogici

Mobilità sostenibile

- Aumento delle aree pedonali
- Introduzione di corsie preferenziali per i mezzi di trasporto pubblico
- Inserimento di piste ciclopedonali

Città dei "15 minuti"

- Riqualificazione dei piani terra delle maniche residenziali per l'introduzione di servizi e attività commerciali
- Dotazione di aree pedonali e di servizio di pertinenza dei locali commerciali
- Realizzazione di spazi pubblici per le persone anziché una connessione funzionale tra due punti[1]

- **Potenziamento dei "corridoi verdi" e dei servizi ecosistemici**
- **Inserimento di nuove piste ciclabili da collegare a quelle esistenti per connettere l'area d'intervento con il centro città**
- **Valorizzazione dell'ex passante ferroviario (futura metro 2) attraverso Nature-Based Solution**

Connessione dell'area

- **Sostituzione dei materiali di pavimentazione a bassa albedo con materiali ad alta albedo**
- **Aumento dell'indice di permeabilità del terreno**
- **Incremento della vegetazione orizzontale e verticale**
- **Inserimento di rain garden come prevenzione delle inondazioni urbane**
- **Realizzazione di aree inondabili**
- **Installazione di schermature solari**

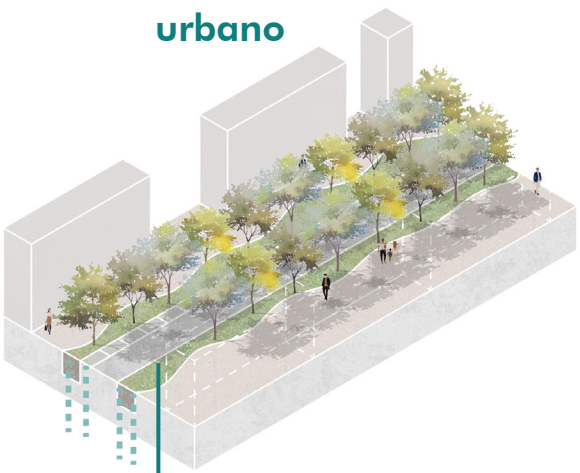
Mitigazione microclima urbano

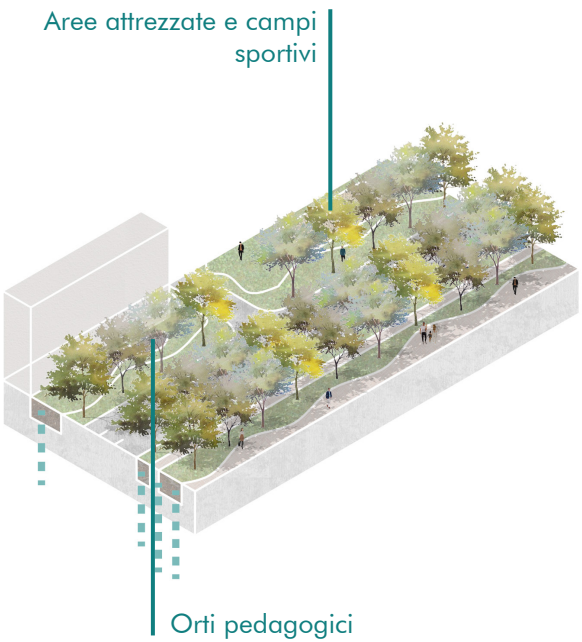
1. *Fonte: Felix, https://www.felixx.nl/news/leidraad-openbare-ruimte-groningen.html, consultato il 18/10/2021*

Schemi sulle strategie adottate

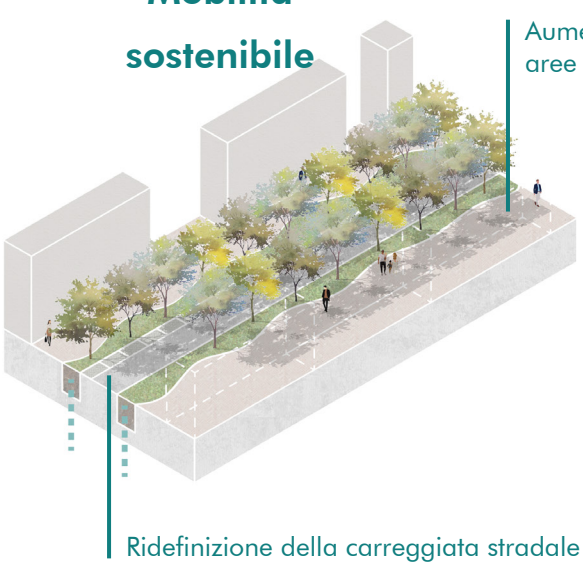
5.6

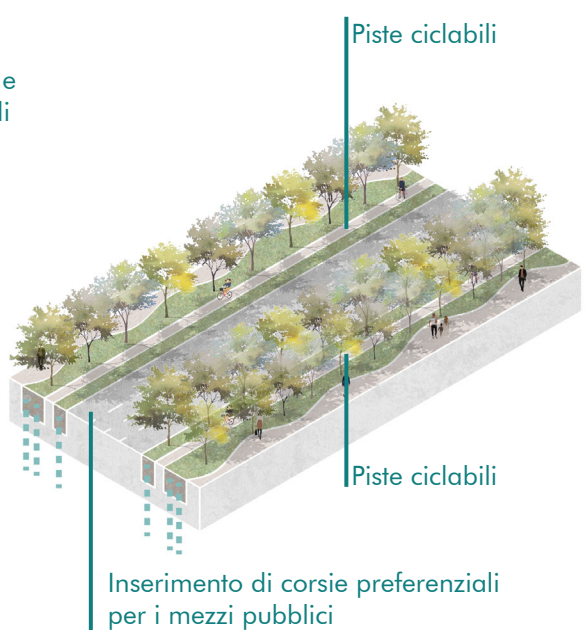
Verde urbano



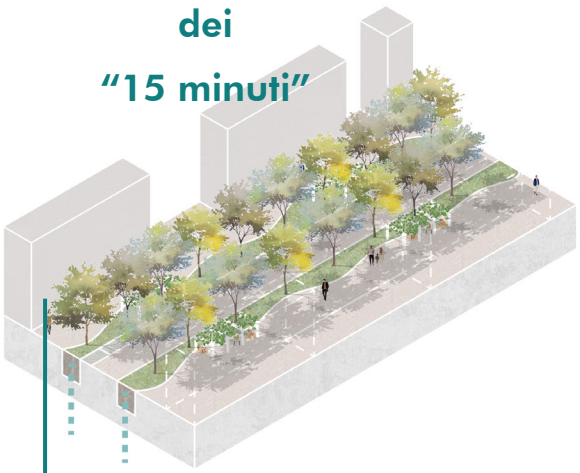


Mobilità sostenibile





Città dei “15 minuti”



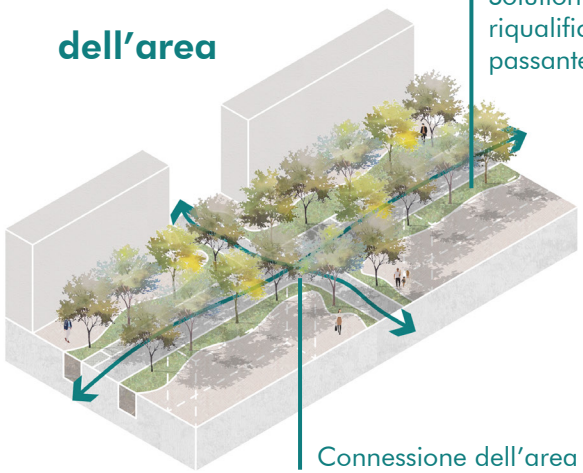
Riqualificazione dei piani terra residenziali per l’introduzione di servizi

Realizzazione di spazi pubblici per connettere tra di loro i vari servizi

Dotazione di servizi di pertinenza dei locali commerciali

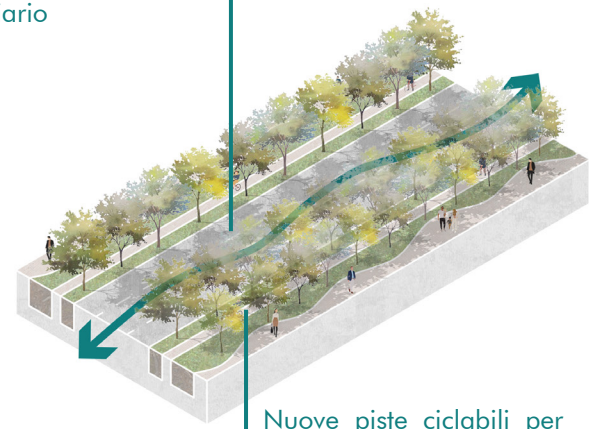
Connessione dell’area

Utilizzo di Nature-Based Solution per la riqualificazione dell’ex passante ferroviario



Connessione dell’area

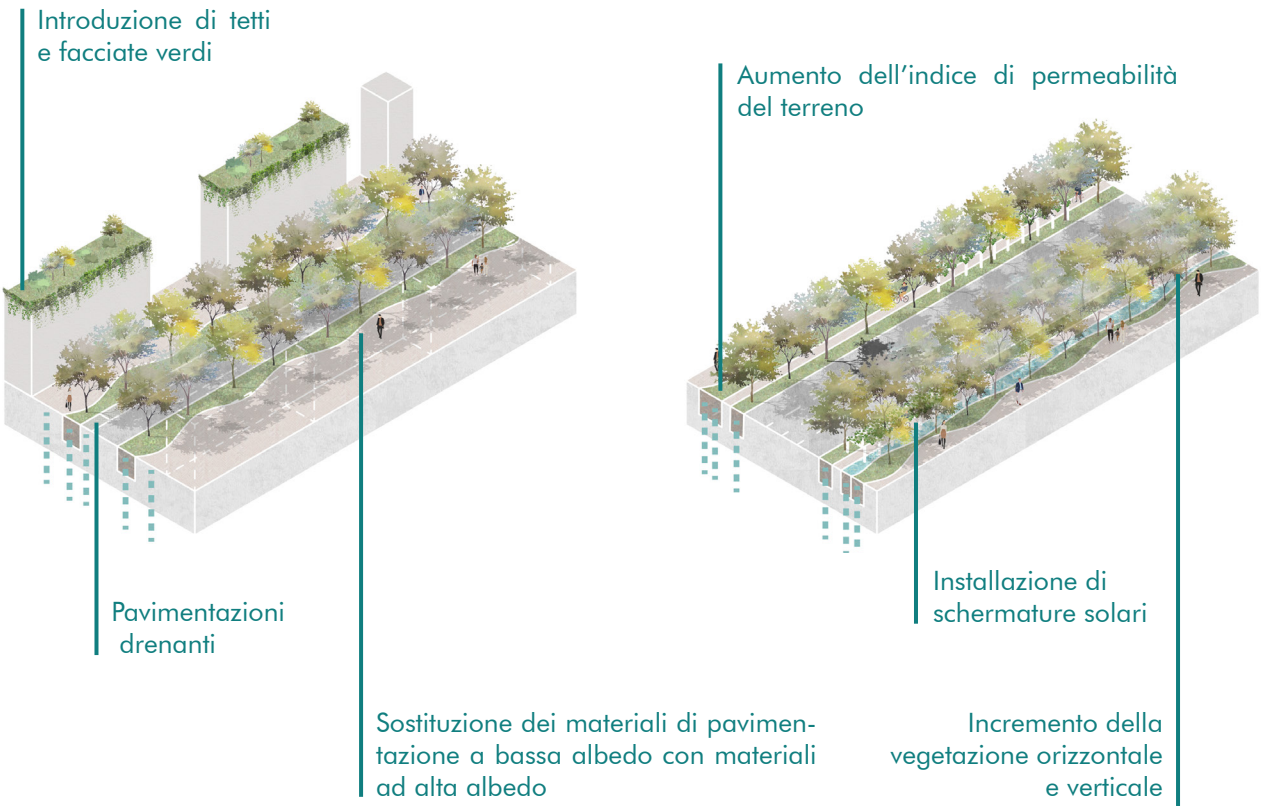
Potenziamento dei “corridoi verdi” e dei servizi ecosistemici



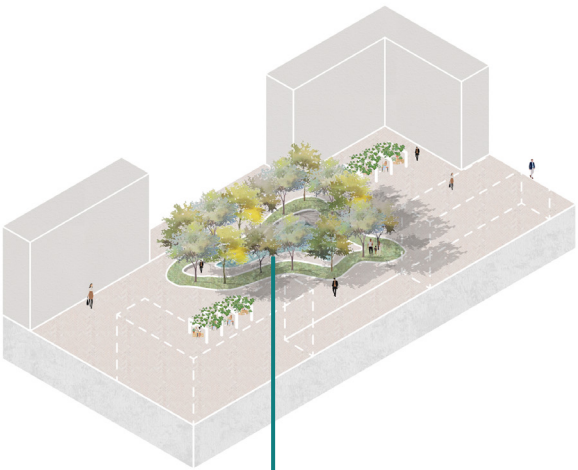
Nuove piste ciclabili per la connessione dell’area con il centro città

Mitigazione del microclima urbano

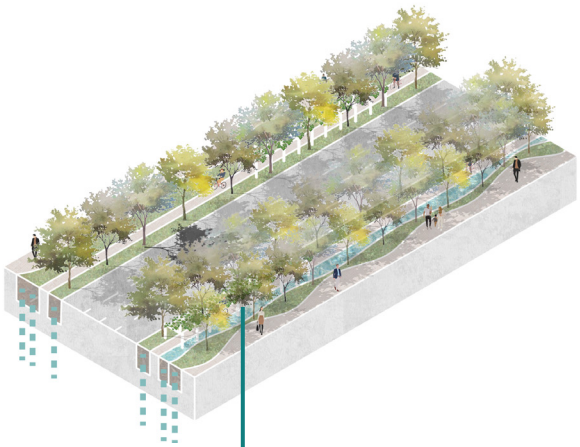
Infrastruttura “verde”



Infrastruttura “blu”

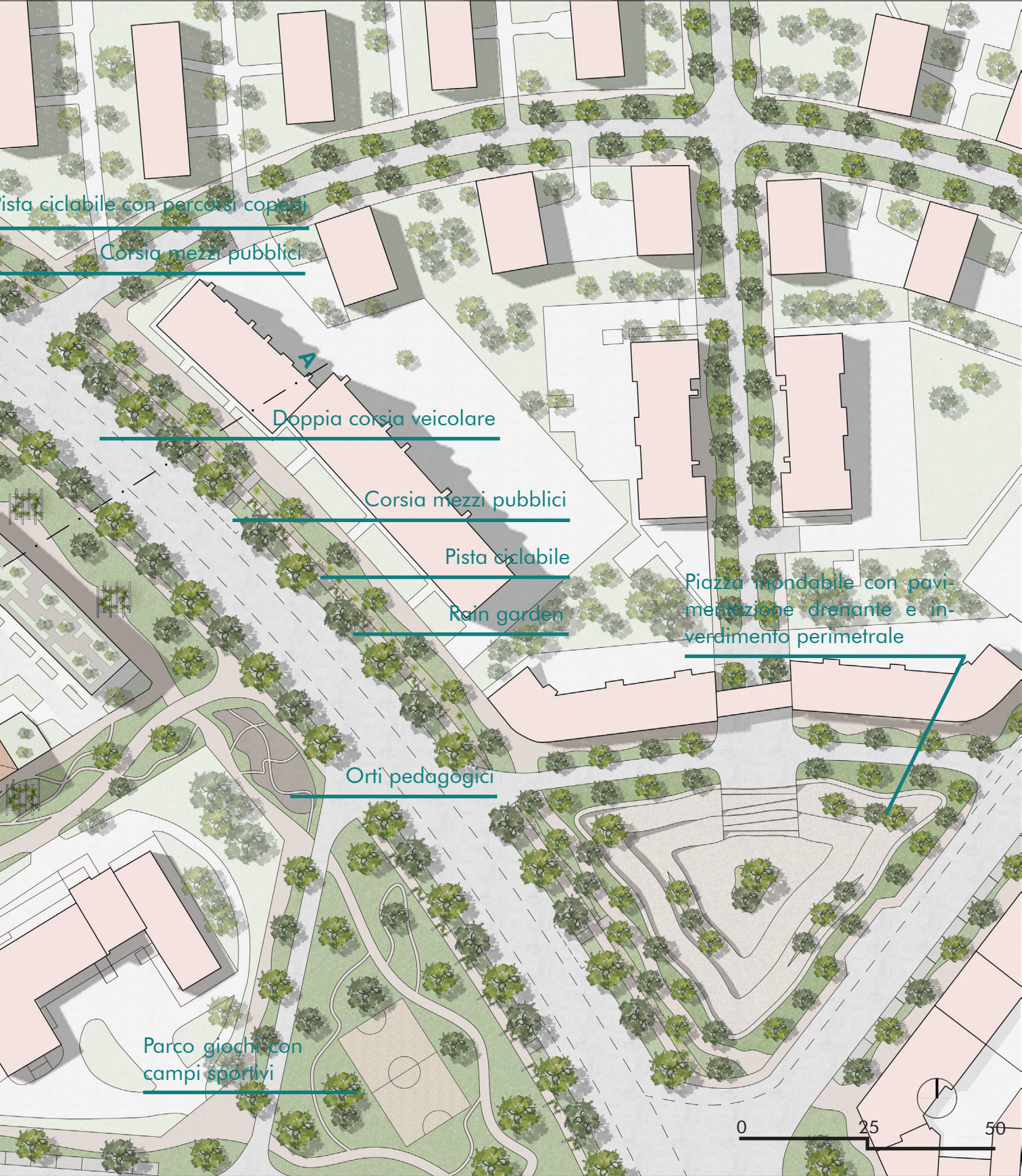


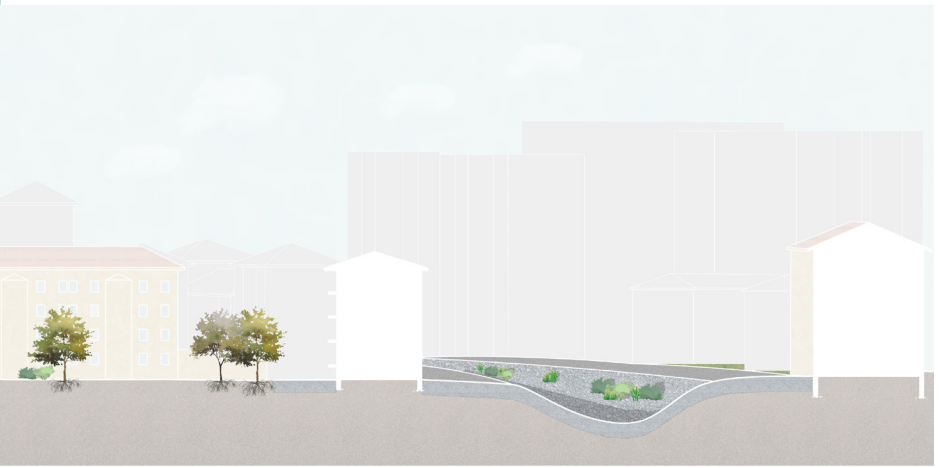
Realizzazione di aree inondabili



Inserimento di rain garden come prevenzione delle inondazioni urbane

Map. 1 *Masterplan*


Pista ciclabile con percorsi coperti
Corsia mezzi pubblici
Doppia corsia veicolare
Corsia mezzi pubblici
Pista ciclabile
Rain garden
Piazza inondabile con pavimentazione drenante e inverdimento perimetrale
Orti pedagogici
Parco giochi con campi sportivi
0
25
50



SEZIONE A-A. Stato di fatto

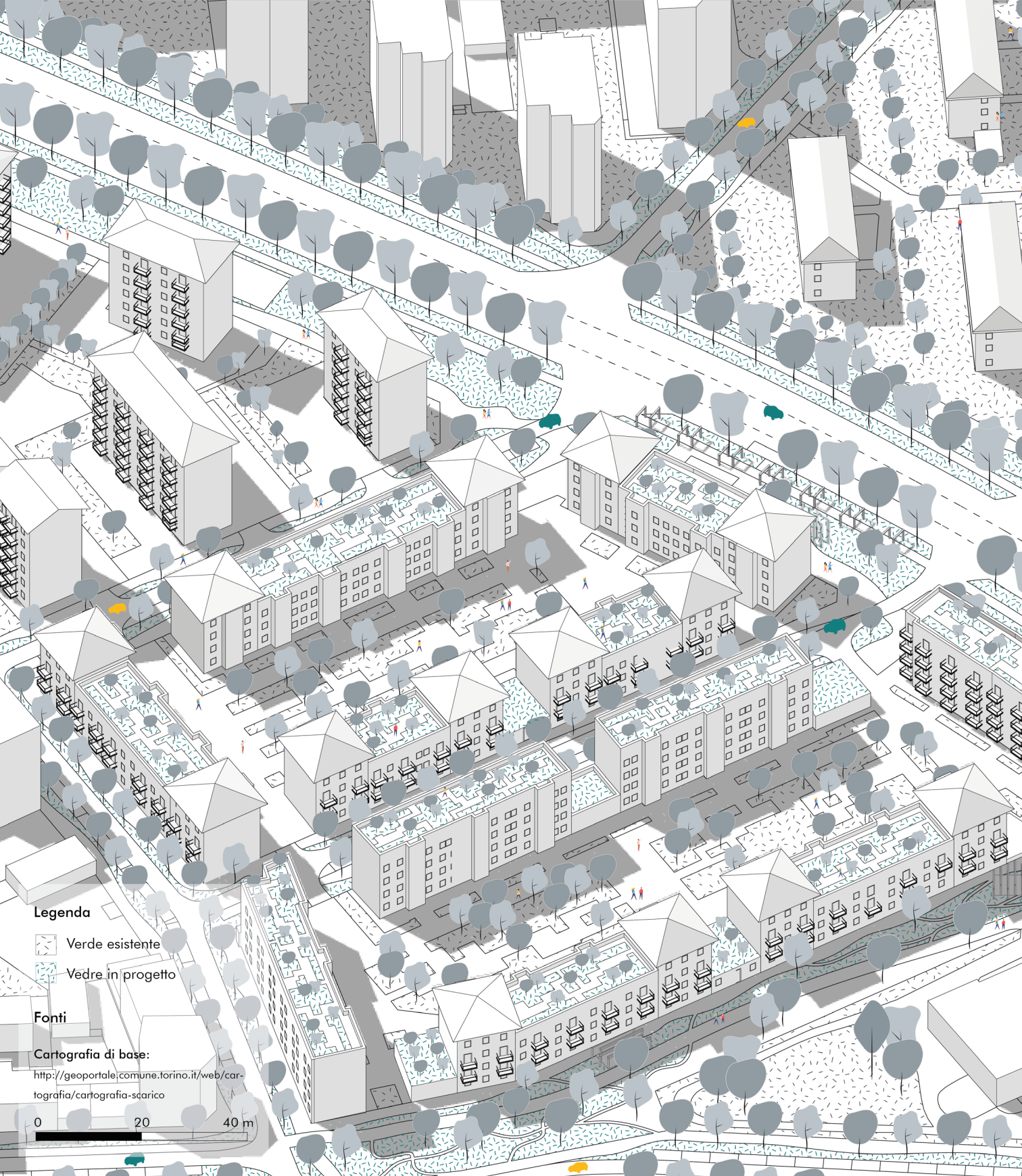
SEZIONE A-A. Stato di progetto

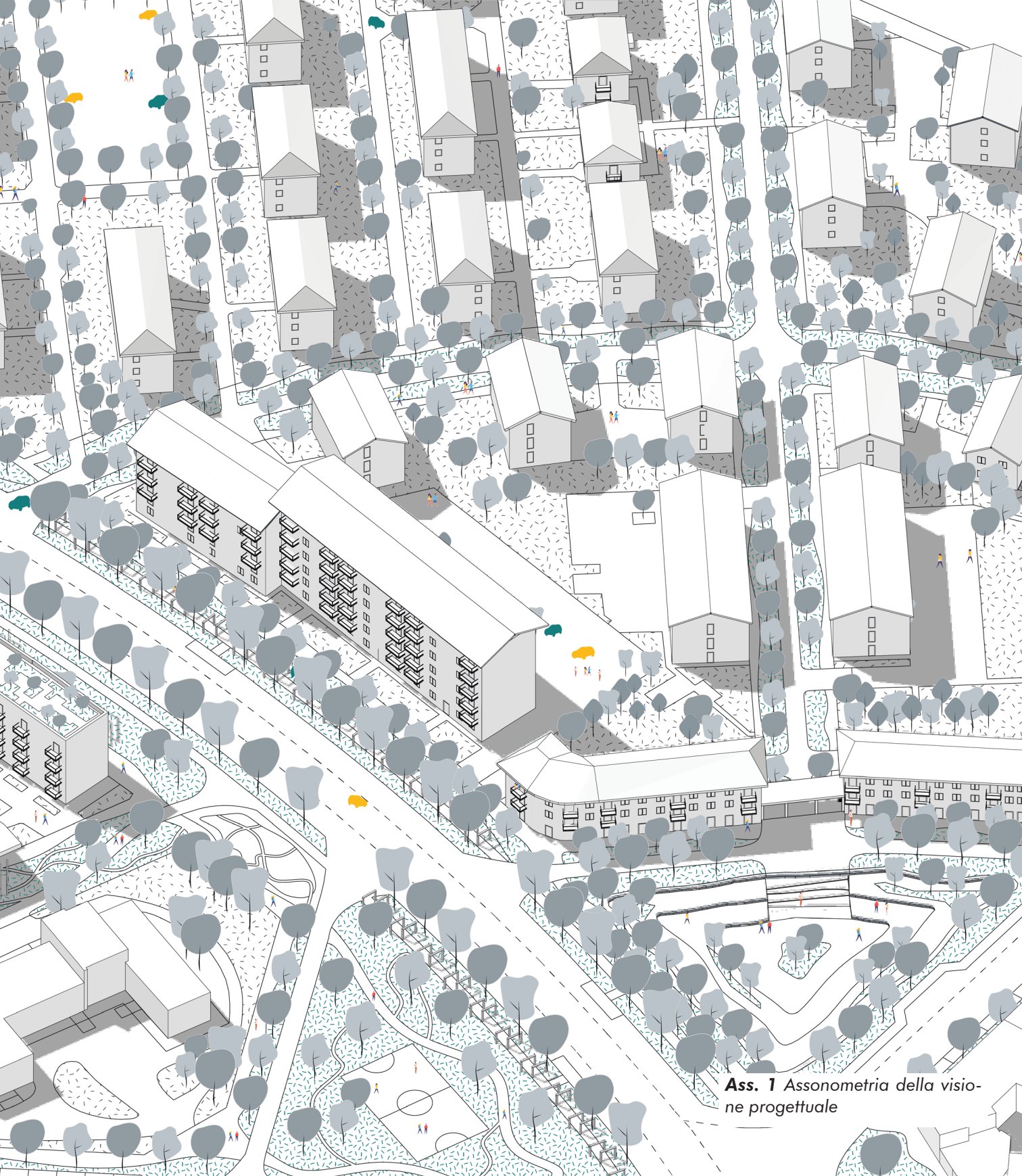
0 25 50

SEZIONE B-B. Stato di fatto

SEZIONE B-B. Stato di progetto

0 25 50


Legenda
Verde esistente
Vedre in progetto
Fonti
Cartografia di base:
http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico
0
20
40 m



Ass. 1 *Assonometria della visione progettuale*

Vista sulla piazza d’ingresso al Villaggio Rurale

Vista sull'ex passante ferroviario

Vista su ingresso laterale Villaggio Rurale

Vista su via Giorgio Ghedini

Vista su via Giacinto Gallina

Conclusioni

La finalità di questa Tesi di Laurea è quella di analizzare tessuti morfologici "tipo" che possano favorire l'adozione di strategie e azioni per migliorare il comfort termico esterno nel periodo estivo, confrontando il loro impatto sul microclima in un contesto specifico.
Partendo dal presupposto che diverse forme urbane contribuiscono alla formazione di diversi microclimi con diverse situazioni di comfort per gli abitanti (Taleghani, Kleerekoper, Tenpierik, & Dobbelsteen, 2015), presupposto riscontrato in fase di analisi della letteratura, la ricerca condotta ha confermato analiticamente l'assunto che differenti tipologie morfologiche si relazionino al microclima urbano in modo diverso.
Occorre specificare che le differenze di temperatura minima e massima riscontrate, negli stessi intervalli temporali per ogni tipologia morfologica, hanno un range minimo (pochi gradi). Questo è dovuto al fatto che si sta valutando il giorno più caldo dell'anno, dove la temperatura massima e minima giornaliera non ha una variazione molto ampia.
Si può affermare, grazie al confronto tra gli output sulla temperatura potenziale dell'aria e della PET (vedi capitoli 4.2.1 e 4.2.4), che il grado di comfort dipende principalmente dall'irraggiamento. È, infatti, possibile notare l'ombra che si genera all'interno degli output grafici della PET, chiara indicazione del transito solare. L'**irraggiamento** si relaziona direttamente all'orientamento dell'asse stradale. Alle nostre latitudini, come desunto dalla letteratura, l'orientamento Nord - Sud risulta il migliore. All'interno delle mappe della temperatura dell'aria, della PET e della temperatura superficiale (vedi capitoli 4.2.1, 4.2.2 e 4.2.4) si nota come, in via Luigi Pietracqua, Sempione e Gottardo (con orientamenti prevalenti Nord-Sud), la temperatura potenziale dell'aria e quella superficiale siano più basse rispetto alle vie Giacinto Gallina e Giorgio Ghedini (orientante

prevalentemente secondo l'asse Est-Ovest).
Altre assunzioni della letteratura che vengono confermate riguardano l'**albedo**: ad un'albedo minore corrispondono temperature superficiali maggiori e viceversa, per cui i materiali giocano un ruolo importante sull'influenza del microclima urbano.
Passando alla **vegetazione**, si può confermare il suo ruolo fondamentale e la sua influenza in relazione alla sua presenza maggiore o minore e alla quantità e tipologia di verde. Osservando la parte più fresca di Corso Taranto (Area 3 e 4), caratterizzata da un'ampia sezione stradale asfaltata e da una grande quantità di alberi ad alto fusto, è possibile notare il suo effetto. Nonostante la grande quantità di asfalto, l'area risulta più fresca rispetto all'ambiente circostante, per cui si deduce il ruolo importante di mitigazione del microclima che la vegetazione ricopre nella situazione estiva. Questo è il motivo per cui i lotti analizzati con una quantità maggiore di verde hanno temperature potenziali dell'aria, superficiali e un comfort termico migliori rispetto agli altri.
Infine, per quanto riguarda la velocità e la direzione del **vento** (vedi capitolo 4.2.3), si può affermare che la morfologia Nord - Sud dell'area 1, risponde meglio al flusso del vento, in quanto la disposizione degli edifici segue la sua direzione prevalente, favorendone l'ingresso. Inoltre, tra le corti chiuse vi è infiltrazione. Le stecche di corso Taranto, invece, orientate parallelamente alla direzione del vento, tendono a frenare il suo moto, inoltre, l'assenza di un fronte strada compatto, crea un moto turbolento lungo il perimetro. La presenza di un polmone verde al suo interno, tuttavia, consente l'infiltrazione del vento e quindi la diminuzione della temperatura. Una situazione anomala si riscontra all'interno dell'area 2 (Villagio Rurale), dove la disposizione degli edifici crea un generale rallentamento del flusso d'aria e moti turbolenti a causa dell'assenza di un perimetro compatto. In generale, dove la quantità di ostacoli è minore, per esempio verso il fiume, i parchi e in prossimità del passante ferroviario, l'intensità del vento è maggiore.

In **conclusione**, non è stata individuata una tipologia morfologica ideale. I lotti che si comportano meglio, in questo specifico conteso,

risultano rispettivamente l'area 4 di Corso Taranto e l'area 2 del Villaggio Rurale. Questo, però, probabilmente è dovuto alla maggiore quantità di verde al loro interno e, nel caso del Villaggio Rurale, ad una maggiore penetrazione del vento proveniente dal quadrante Nord-Ovest. La prima area (Corso Taranto) gode di un elevato ombreggiamento dovuto all'altezza considerevole degli edifici e ad una grande quantità di alberi. La seconda area (Villaggio Rurale), invece, è provvista di una maggiore superficie verde, però, gli edifici più bassi non offrono un analogo ombreggiamento, rendendo il comfort ambientale peggiore.

L'area che si comporta peggio è quella di via Giorgio Ghedini (area 1), stante le caratteristiche attuali (indice di copertura, di permeabilità, orientamento, ecc.). Si può ipotizzare che una maggiore quantità di superficie permeabile e di verde all'interno e all'esterno delle corti dell'area 1 avrebbe determinato un risultato diverso.

Bibliografia

Allegrini, J., Dorer, V., & Carmeliet J. (2015), "Influence of morphologies on the microclimate in urban neighbourhoods", Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 144, pp. 108-117. [Online] Available at: https://doi.org/10.1016/j.jweia.2015.03.024 [Accessed 20 April 2021].

Akbari, H., Kolokotsa, D. (2016), "Three decades of urban heat islands and mitigation technologies research", in: Energy and Buildings, volume 133, p. 834–842, [Online] Available at: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778816310143?via%3Dihub [Accessed 26 March 2021].

Battista G., Carnielo, E., De Lieto Vollaro R. (2016), "Thermal impact of a redeveloped area on localized urban microclimate: A case study in Rome". Energy and Buildings, vol. 133, pp.446-454. [Online] Available at: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.10.004 [Accessed 22 April 2021].

Coma, J., Pérez, G., De Gracia, A., Burés, S., Urrestarazu, M., & Cabeza, L. F. (2017) "Vertical greenery systems for energy savings in buildings: A comparative study between green walls and green facades". Building and Environment, volume 111, pp.228-237. [Online] Available at: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.11.014 [Accessed 23 April 2021].

Dessi, V. & Astolfi, L. (2020), "Qualità vs quantità. È possibile quantificare la qualità dello spazio pubblico?", in: Techne, n.19/2020, pp. 114–124, [Online] Available at: DOI: 10.13128/techne-7846 [Accessed 10 May 2021].

Erell, E., Pearlmutter, D., Williamson, T. (2011) Urban microclimate, designing the spaces between buildings, Earthscan, UK.

Jamei, E., Rajagopalan, P., Seyedmahmoudian, M., & Jamei, Y. (2016), "Review on the impact of urban geometry and pedestrian level greening on outdoor thermal comfort". Renewable and Sustainable Energy Reviews, volume 54, pp. 1002-1017. [Online] Available at: https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.104 [Accessed 22 April 2021].

Kleerekoper, L. (2016), "The Urban Climate Design: Improving thermal comfort in Dutch neighbourhoods", [Online] Available at: DOI:10.7480/abe.2016.11 [Accessed 31 March 2021].
Lai A., Maing, M. & Ng, E., (2017), "Observational studies of mean radiant temperature across different outdoor spaces under shaded conditions in densely built environment". Building and Environment, volume 114, pp. 397-409. [Online] Available at: https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.104 [Accessed 21 April 2021].

Lai, D., Liu, W., Gan, T., Liu, K. and Chen, Q. (2019), "A review of mitigating strategies to improve the thermal environment and thermal comfort in urban outdoor spaces, in: Science of the Total Environment, n. 661/2019, pp. 337– 353, [Online] Available at: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.062 [Accessed 22 March 2021].

Lobaccaro G., Acero, J. A., Sanchez Martinez, G., Padro A., Laburu, T. & Fernandez G. (2019), "Effects of Orientations, Aspect Ratios, Pavement Materials and Vegetation Elements on Thermal Stress inside Typical Urban Canyons", Journal of Environmental Research and Public Health, vol. 16. [Online] Available at: doi:10.3390/ijerph16193574 [Accessed 21 April 2021].

Losasso, M. (2018), "Resilienza e ambienti urbani aperti. Misure di adattamento e di mitigazione a confronto", in: Techne, n.15/2018, pp. 16–20, [Online] Available at: https://doi.org/10.13128/Techne-22099 [Accessed 24 March 2021].

Losasso, M. & Verde S., (2020), "Strategie progettuali di adattamento urbano ed edilizio in scenari di multirischio ambientale". AGATHÓN - International Journal of Architecture, Art and Design, n. 08, pp. 64-73. Disponibile su: doi.org/10.19229/2464-9309/862020, conuslato il 12/10/2021.

Marrone, P., Orsini, F. (2018), "Progetto, ambiente, resilienza", in: Techne, n.15/2018, pp. 348–357, [Online] Available at: https://doi.org/10.13128/Techne-22099 [Accessed 24 March 2021].

Mohajerani, A., Bakaric, J., Jeffrey-Bailey, T. (2017), "The urban heat island effect, its causes, and mitigation, with reference to the thermal properties of asphalt concrete". Journal of Environmental Management, volume 197, p. 522–538, [Online] Available at: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.095 [Accessed 7 April 2021].

Perini K., Magliocco, A (2014), "Effects of vegetation, urban density, building height, and atmospheric conditions on local temperatures and thermal comfort", Urban Forestry & Urban Greening, volume 13, pp. 495-506. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.ufug.2014.03.003 [Accessed 26 April 2021].

Pollo, R., Progettare L'ambiente Urbano. Riflessioni e strumenti. (2015), Carocci editore, Roma, IT.

Pollo, R., Biolchini, E., Squillacioti, G., Bono, R., (2020), "Designing the healthy city: an interdisciplinary approach", in – Sustainable mediterranean construction. Land culture, research and technology, pp.150-155. [Online] Available at: https://iris.polito.it/handle/11583/2852574?-mode=full.13804#.YFcqNa9KhPZ [Accessed 19 March 2021].

Rasero F. (2020), "Città dei 15 minuti, un modello urbano sostenibile basato sulla prossimità", in: eHabitat. L'ambiente è di casa. Sezione: Ambiente, Clima, Mobilità. [Online] Available at: https://www.moreno-web.net/wordpress/wp-content/uploads/2021/02/Citta-dei-15-minuti-un-modello-urbano-sostenibile-basato-sulla-prossimita.pdf [Accessed 16 September 2021].

Russo, M. (2018), "Ripensare la resilienza, progettare la città attraverso il suo metabolismo", in: Techne, n.15/2018, pp. 39–44, [Online] Available at: https://doi.org/10.13128/Techne-22099 [Accessed 25 March 2021].

Skelhorn C., Lindley, S., & Levermore G., (2014), "The impact of vegetation types on air and surface temperatures in a temperate city: A fine scale assessment in Manchester, UK", Landscape and Urban Planning, volume 121, pp. 129-140. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.landurbplan.2013.09.012 [Accessed 28 April 2021].

Taleghani, M., Tenpierik, M., Dobbelsteen, A. van. den. & Sailor, D. (2014), "Heat in courtyards. A validated and calibrated parametric study of heat mitigation strategies for urban courtyards in the Netherlands". Solar energy, volume 103, pp. 108–124, [Online] Available at: https://doi.org/10.1016/j.solener.2014.01.033 [Accessed 15 April 2021].

Taleghani, M., Kleerekoper, L., Tenpierik, M, & Dobbelsteen, A. van. den. (2015), "Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands". Building and Environment, volume 83, pp. 65-78, [Online] Available at: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.03.014 [Accessed 19 April 2021].

Todeschi, V., Beltramino, S., El Jamous, B., Mutani, G. (2021), "Low-Energy Architecture for Sustainable Neighborhoods". Tecnica italiana, volume 65, pp. 83-92, [Online] Available at: https://doi.org/10.18280/ti-ijes.650113 [Accessed 15 April 2021].

Pollo, R. and Trane, M. (2021), "Adaptation, Mitigation, and Smart Urban Metabolism towards the Ecological Transition", in book – "Possible and preferable scenarios of a Sustainable Future. Towards 2030 and beyond" pp.74-89. [Online] Available at: doi: 10.19229/978-88-5509-232-6/552021 [Accessed 18 March 2021].

Tucci, F. (2018), "Resilienza ed economie green per il futuro dell'architettura e dell'ambiente costruito", in: Techne, n.15/2018, pp. 153–164, [Online] Available at: https://doi.org/10.13128/Techne-22099 [Accessed 25 March 2021].

Tucci, F. and Battisti, A. (2020), "Green Economy for Sustainable and Adaptive Architectures and Cities – Objectives, Guidelines, Measures, Actions", in IOP Conference Series – Earth and Environmental Science, vol. 503, pp. 1-8. [Online] Available at: doi.org/10.1088/1755-1315/503/1/012022 [Accessed 17 March 2021].

Tunji-Olayeni, P. F., Omuh, I. O, Afolabi, A. O., Ojelabi, R. A. and Eshofonie, E. E. (2019), "Climate change mitigation and adaptation strategies for construction activities within planetary boundaries: Limitations of developing countries", in Journal of Physics, Conference Series, vol. 1299, pp. 1-8. [Online] Available at: doi.org/10.1088/1742-6596/1299/1/012006 [Accessed 21 March 2021].

Zevi, B., Saper vedere l'architettura. Saggio sull'interpretazione spaziale dell'architettura, Einaudi, Torino 1993, pp. 33-48.

Sitografia

ArchDaily, https://www.archdaily.com/924482/old-central-railway-transformed-into-socially-sust a i n a b l e -urban- deve -lopment-in-paris?ad_name=flyout&ad_medium=News, consultato il 15.05.2021

ArchyEXPO, https://projects.archiexpo.com/project-267823.html, conulttato il 06.05.2021.

Area Manifattura Tabacchi ed ex Fimit. Documento tecnico illustrativo (2015), http://www.comune.torino.it/consiglio/documenti1/atti/allegati/202002957_1tc.pdf, consultato l'1/08/2021.

ARPA, ht t p : / /www. a rpa. p i e -monte.it/reporting/indicato r i - on_l i n e/compo -nenti-ambientali /clima/clima_temperatura-media, consultato il 10/09/2021.

Città di Torino, Servizio Telematico Pubblico, http://www.comune.torino.it/statistica/dati/demog.htm, consultato il 2/09/2021.

Città di Torino, Servizio Telematico Pubblico, http://www.comune.torino.it/ambiente/bm~-doc/relazione_arpa_clima.pdf, consultato il 10/09/2021.

Città di Torino, Servizio Telematico Pubblico, http://www.comune.torino.it/ambiente/aria/index.shtml.

Città di Torino, Servizio Telematico Pubblico, http://www.comune.torino.it/ambiente/aria/aria_torino/index.shtml, consultato l'11/09/2021

Città di Torino, Servizio Telematico Pubblico. Piano della mobilità ciclabile - (BICIPLAN), disponibile su: http://www.comune.torino.it/trasporti/bm~doc/all1_piano-della-mobilit-ciclabile_emend.pdf, consultato il 25/09/2021.

Comune di Milano, Ufficio Stampa, aggiornato il 13.05.2021, https://www.comune.milano.it/-/reinventing-cities-piazzale-loreto, consultato il 20.05.2021.

Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici (2019), https://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2019/09/Rapporto_consumo_di_suo -lo_20190917-1.pdf, consultato il 10/09/2021.
Carlo Ratti, https://carloratti.com/project/milans-science-knowledge-and-innovation-park/, consultato il 20.05.2021.

Deliberazione n.2010_03741. Progetto preliminare. Pareri Circoscrizioni. Circoscrizione 6, http://geoportale.comune.torino.it/web/node/533, consultato il 24/08/2021.

Dessì, V., Farnè, E., Ravanello, L. & Salomoni, M. T. (2018), "RIGENERARE LA CITTÀ CON LA NATURA. Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici". Seconda edizione. Disponibile su: https://territorio.regione.emilia-romagna.it/paesaggio/formazione-lab-app-1/rigenerare_la_citta_con_la_natura_2_ed.pdf/, consultato il 23/06/2021.

EEA (European Environmental Agency), (2017). Landscapes in transition. An account of 25 years of land cover change in Europe, EEA Report n. 10/2017, Eu-ropean Environment Agency, Copenhagen, consultato il 20/10/2021.

Felix Studio, https://www.felixx.nl/news/leidraad-openbare-ruimte-groningen.html, conultato il 25/09/2021.

Geoportale, http://geoportale.comune.torino.it/web/cartografia/cartografia-scarico

Google Earth, https://earth.google.com/web/search/Ordener-Poissonniers, consultato il 15.05.2021.

Google Maps, https://www.google.com/maps/place/Turin.

Il Piano Strategico dell'Infrastruttura Verde Torinese, http://www.comune.torino.it/consiglio/documenti1/atti/allegati/202002957_1tc.pdf, pagg. 14-18 e 82-86, consultato l'11/06/2021.

IPCC (2014a) AR5 Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Working Group II Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Chang, Cambridge University Press, Cambridge, pp.1080-1085. Disponibile su: ht-

tps://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/, consultato il 20/10/2021.

ISPRA, https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/il-consumo-di-suolo, consultato il 27/08/2021.

ISPRA. Schede di dettaglio sui dati regionali, https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/il-consumo-di-suolo/idati-sul-consumo-di-suolo, consultato l'8/09/2021.

ISTAT, http://dati.istat.it/Index.aspx?QueryId=18540#, consultato il 2/09/2021.

ISTAT. Rapporto sdgs 2021, https://www.istat.it/it/archivio/260102, consultato il 16.09.2021.

Itinerario 3 da Rebaudengo a Regio Parco. Percorsi ecomuseali nella Circoscrizione 6 http://www.comune.torino.it/circ6/pdf/itinerario_3_reba_regio_parco.pdf

KLIMAKVARTER, http://klimakvarter.dk/projekt/tomsgaardsvej/, consulato il 15.05.2021.

La città e i suoi numeri (2016), ttp://www.urbancenter.to.it/wp-content/uploads/2016/05/La-citta%CC%80-e-i-suoi-numeri.pdf consultato il 2/09/2021.

LAND, https://www.landsrl.com/portfolio-land/gavoglio-park, conultato il 22.04.2021.

MONITORAGGIO DEL CONSUMO DI SUOLO IN PIEMONTE (2015), https://www.isprambiente.ghttps://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/territorio/monitoraggio-consumo-suolo, consultato l'8/09/2021.

MuseoTorino, https://www.museotorino.it/view/s/de31cbaf8dc94577962e-4d61983a986f, consultato il 24/08/2021.

MuseoTorino,https://www.museotorino.i t /view/s/3ed9a9aeaf914c05a5fb383ccdafa779#:~:text=Proprio%20i n % 2 0 q u e s t a % 2 0 z o -na%2C%20nel , a rchitetto%20di%20corte%20Ascanio%20Vittozzi, consultato il 24/08/2021.

MuseoTorino, https://www.museotorino.it/view/s/c0cda5679d114da-7a4f197cf6f07d6c9, consultato il 24/08/2021.

MuseoTorino, https://www.museotorino.i t /vi ew/s /d35c5bc-1b17e4819967c71cb -ceeba-fa9, consultato il 24/08/2021.

MuseoTorino, https://www.museotorino.it/view/s/4de4b4e0372e-46e9bdabdf14095a70a1, consultato il 24/08/2021.

MuseoTorino, https://www.museotorino.it/view/s/9a451a7c7deb4f-3181d632c4ab851422, consultato il 25/06/2021.

MuseoTorino, https://www.museotorino.it/view/s/9a451a7c7deb4f-3181d632c4ab851422, consultato il 25/06/2021.

MuseoTorino , https://www.mu-seotorino.it/view/s/abaed771171c42b9b37be-38db5805499, consultato il 25/06/2021.

NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE (NTA) del comune di Torino, http://www-portale-coto.territorio.csi.it/web/sites/default/files/mediafiles/7.2_appendice_alle_nta.pdf, consultate il 03/06/2021.

Otipiemonte, https://www.otipiemonte.it/progetti/metropolitana_di_torino___linea_2, consultato il 24/08/2021.

PlaC studio, https://pla-c.eu/project/aosta-archeological-site, consultato il 18/10/2021.

REGOLAMENTO EDILIZIO della città di Torino, http://www.comune.torino.it/regolamenti/381/381.htm#art009, consultato il 03/06/2021.

Relazione illustrativa - contributi paesaggio, progetto definitivo dello studio LAND, http://puc.comune.genova.it/pubb/gavoglio/r001relazioneillustrativapaesaggio.pdf, cosultato il 22.04.2021.

SLA, https://www.sla.dk/en/projects/ordener-poissonniers, consultato il 06.05.2021.

SLA, https://www.sla.dk/en/projects/courtyard-future-tomsgardsvej, consulato il 15.05.2021.

United Nations, https://unric.org/en/united-nations-sustainable-development-goals/, con-

sultato il 16.09.2021.

VARIANTE N. 200 AL PRG, PROGETTO PRELIMINARE, RELAZIONE ILLUSTRATIVA, Torino, 2010: http://geoportale.comune.torino.it/web/sites/default/files/mediafiles/01_relazione_illustrativa_allegato_10bis.pdf, consultato il 24/08/2021.

Visita Torino, https://www.visitatorino.com/geografia-di-torino/index.html, consultato il 10/09/2021.

VENTUNESIMO RAPPORTO GIORGIO ROTA SU TORINO. 2020, https://www.rapporto-rota.it/images/rapporti/Ripartire_XXI_Rapporto_Giorgio_Rota.pdf, consultato il 2/09/2021.

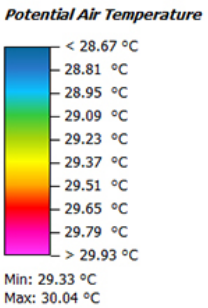
Allegati

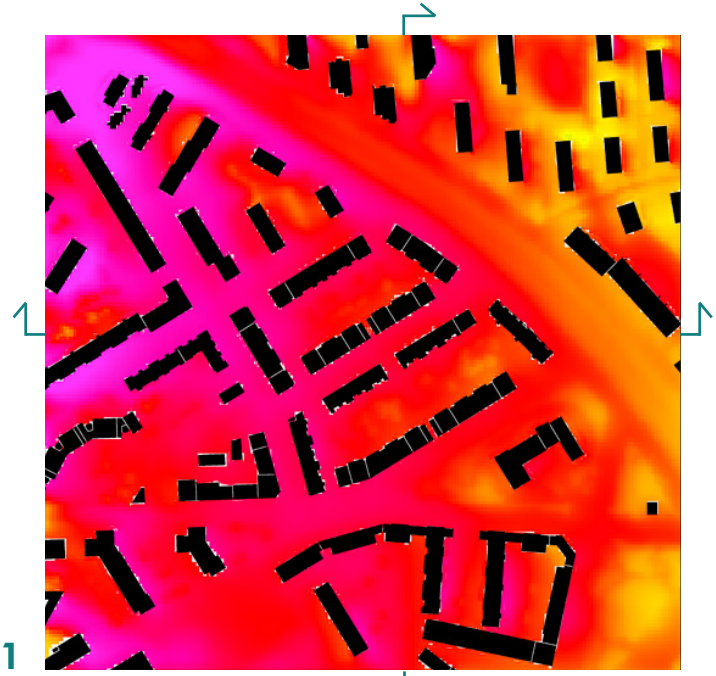
Temperatura dell'aria

Stato di fatto

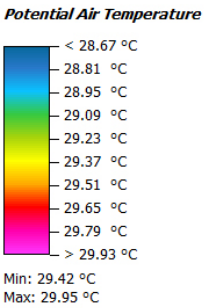
27/06/2019

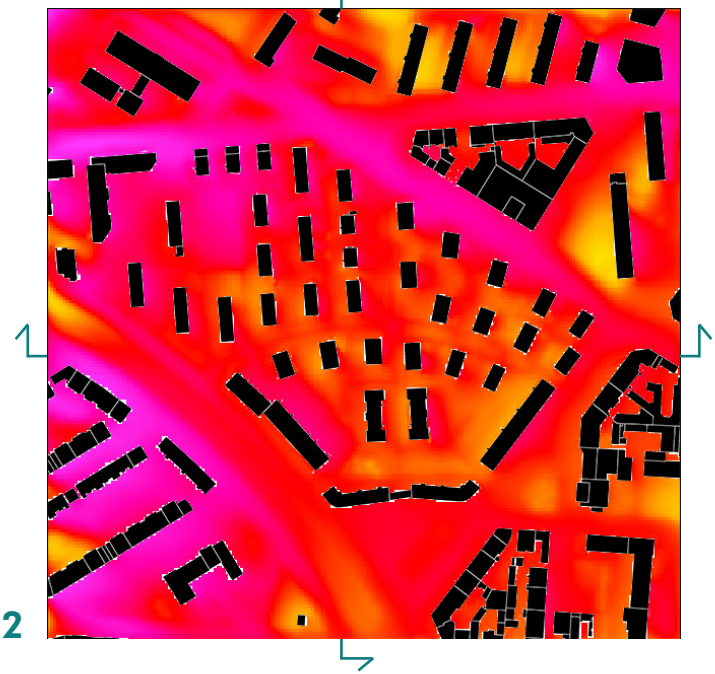
Ore: 9:00





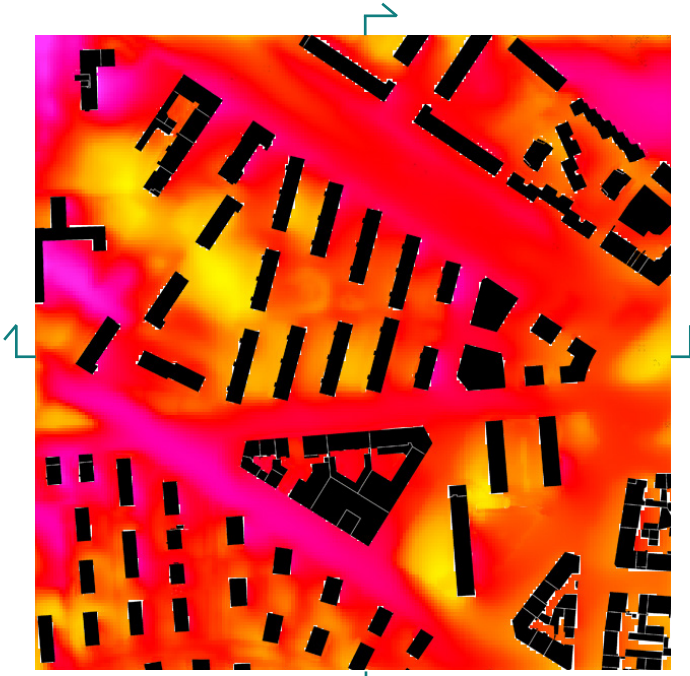
Area 1



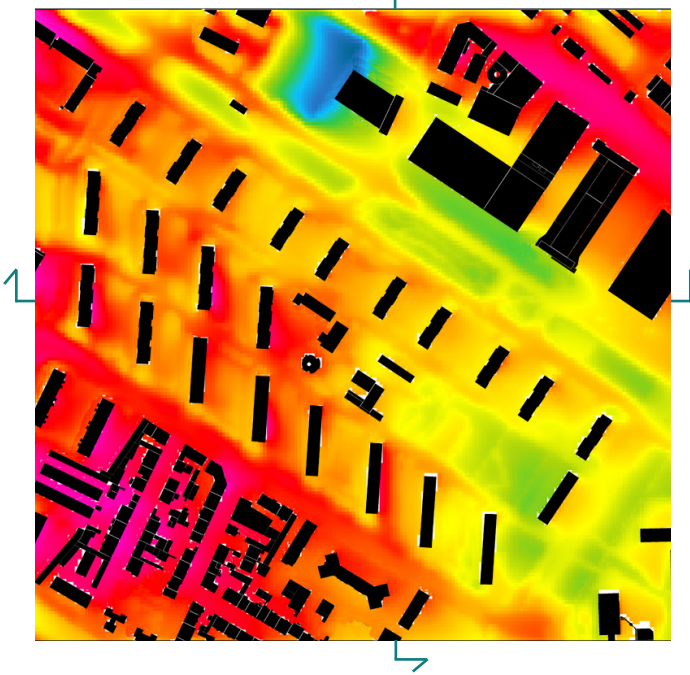


Area 2

Temperatura dell’aria



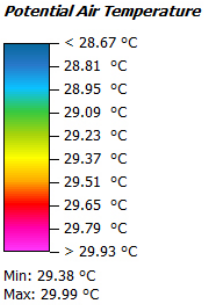
Area 3

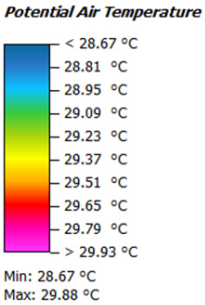


Area 4

Piano x/y

z = 1,5 m



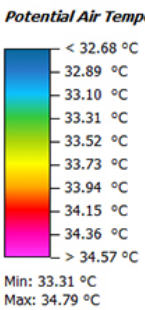


Temperatura dell'aria

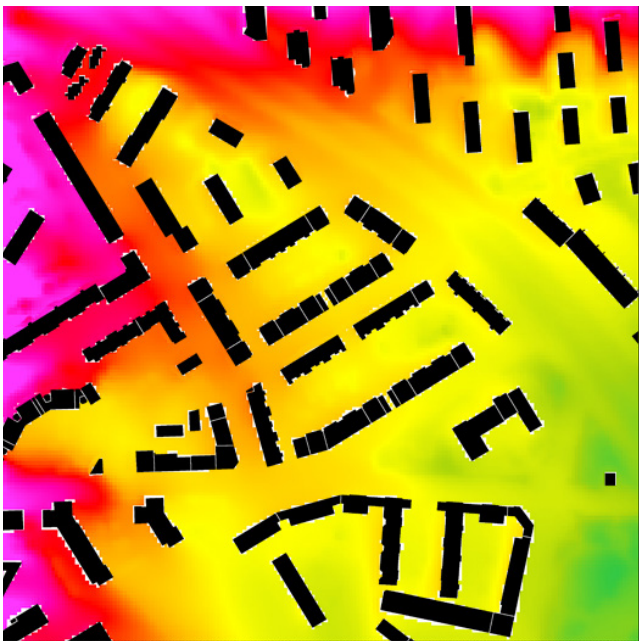
Stato di fatto

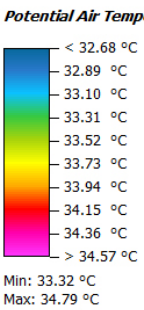
27/06/2019

Ore: 18:00

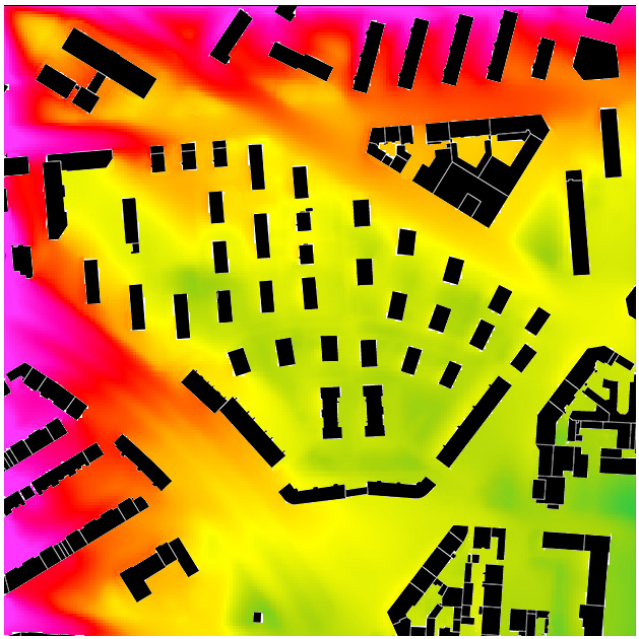


Area 1





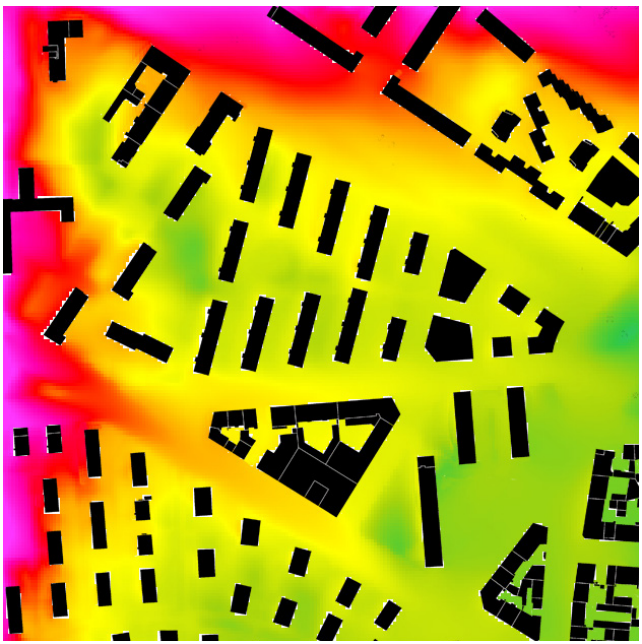
Area 2

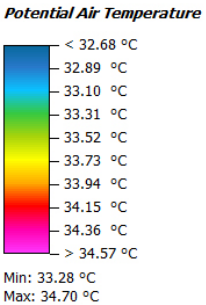


Temperatura dell'aria

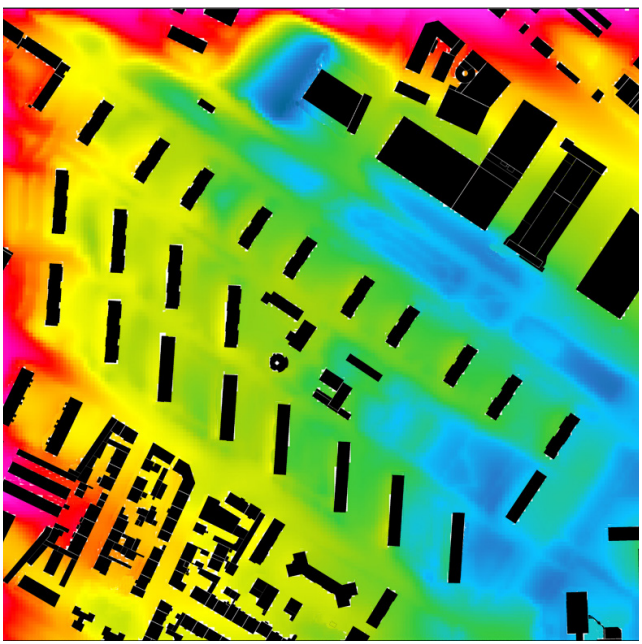
Piano x/y

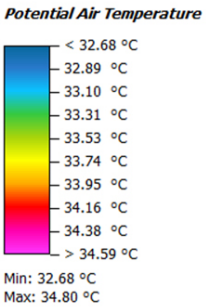
z = 1,5 m





Area 3





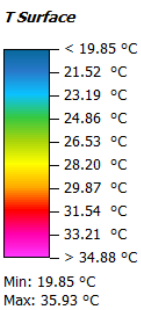
Area 4

Temperatura superficiale

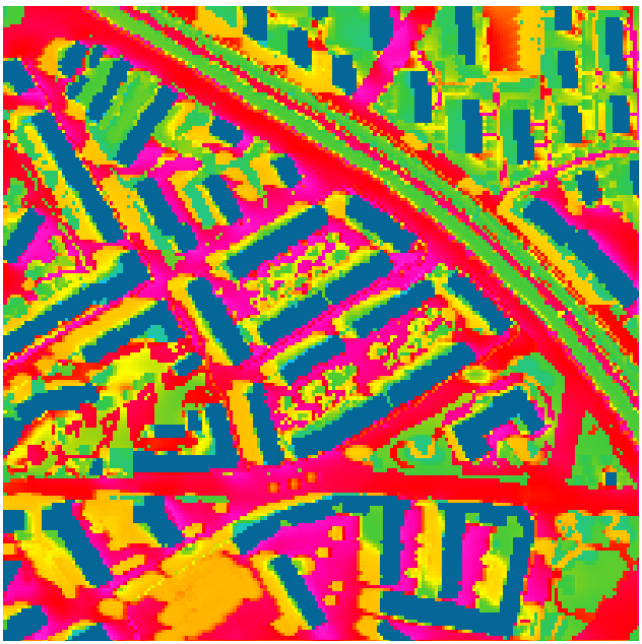
Stato di fatto

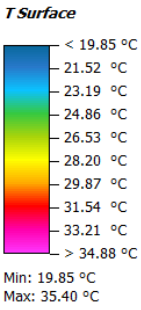
27/06/2019

Ore: 9:00

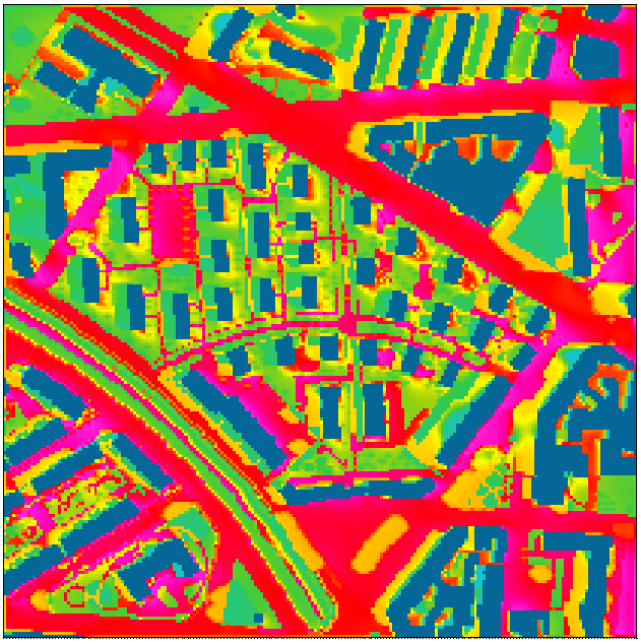


Area 1

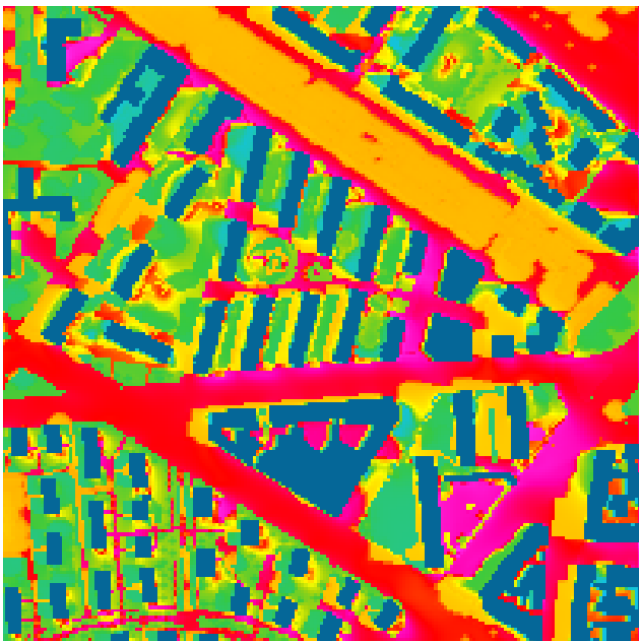




Area 2



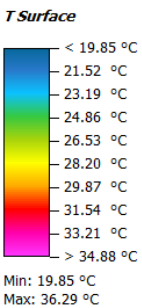
Temperatura superficiale

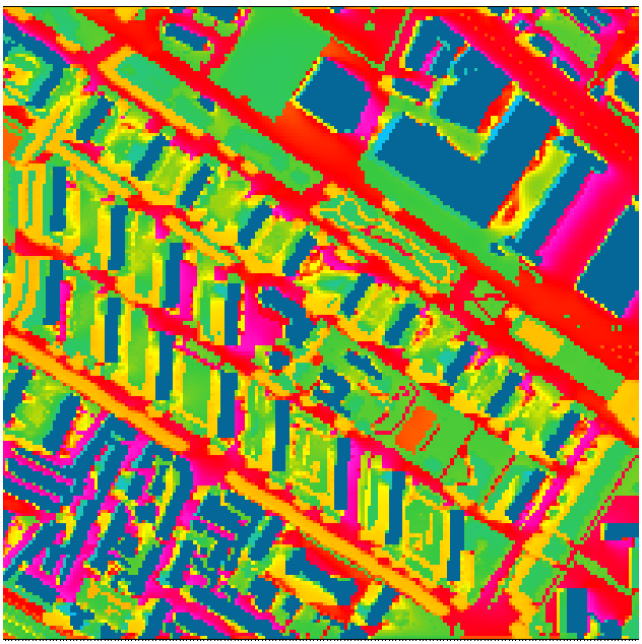


Area 3

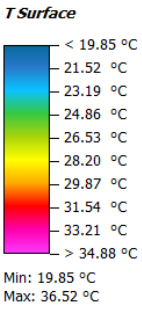
Piano x/y

z = 0,0 m





Area 4

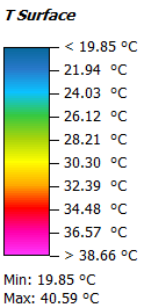


Temperatura superficiale

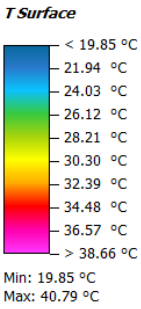
Stato di fatto

27/06/2019

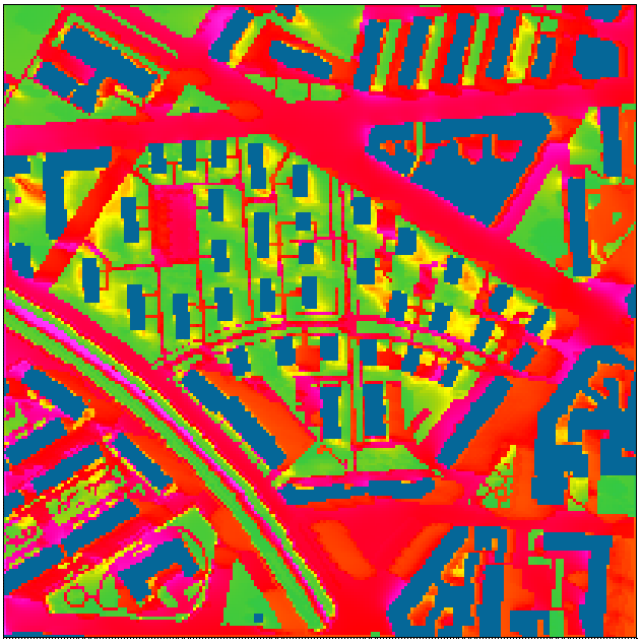
Ore: 18:00



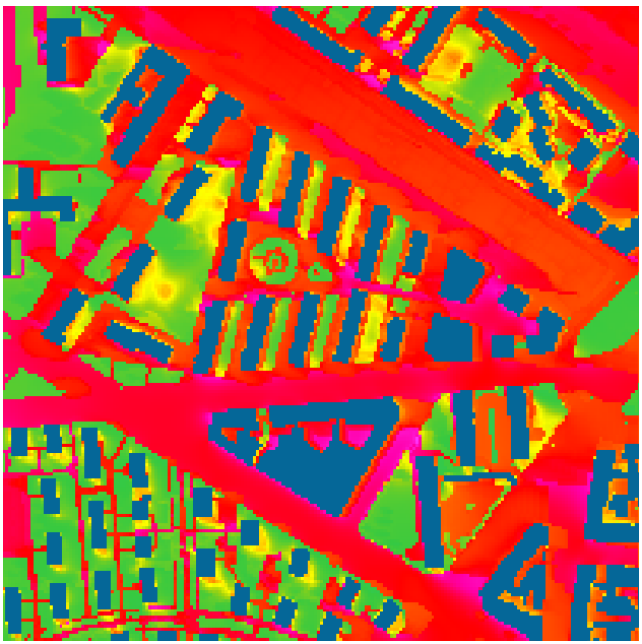
Area 1



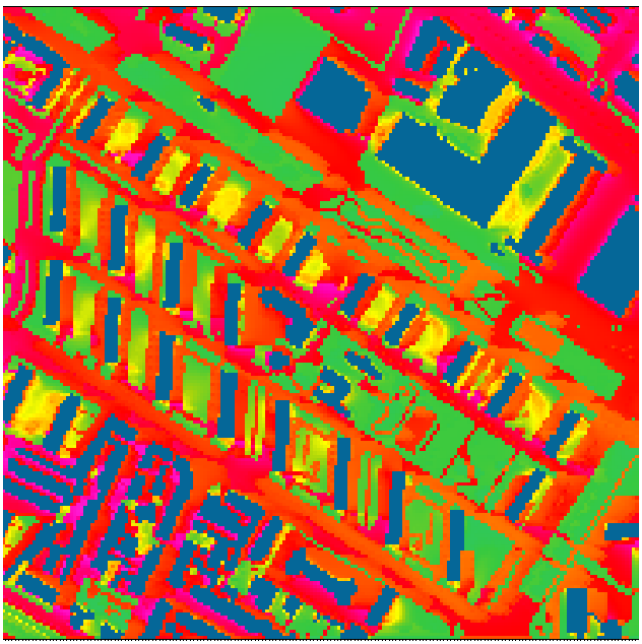
Area 2



Temperatura superficiale



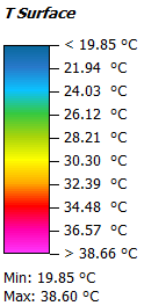
Area 3

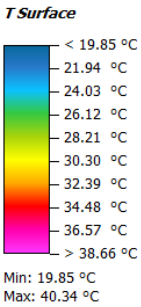


Area 4

Piano x/y

z = 0,0 m



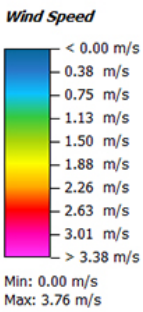


Velocità del vento

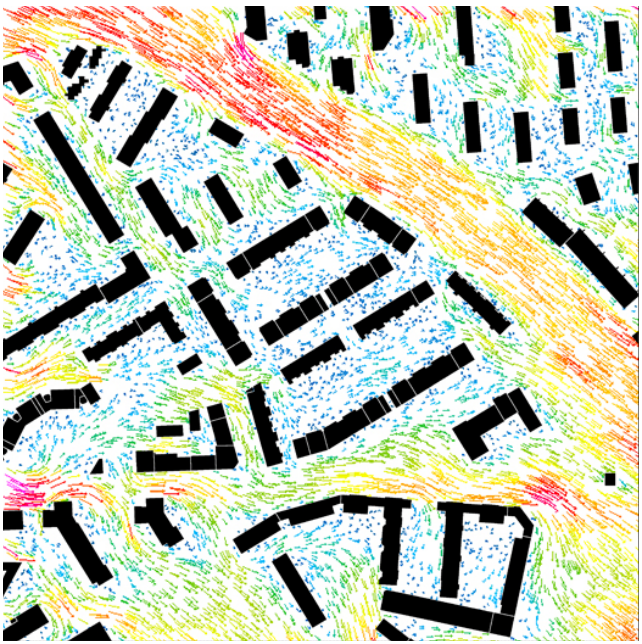
Stato di fatto

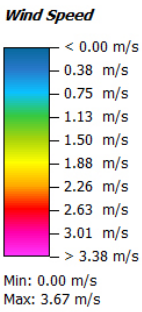
27/06/2019

Ore: 9:00

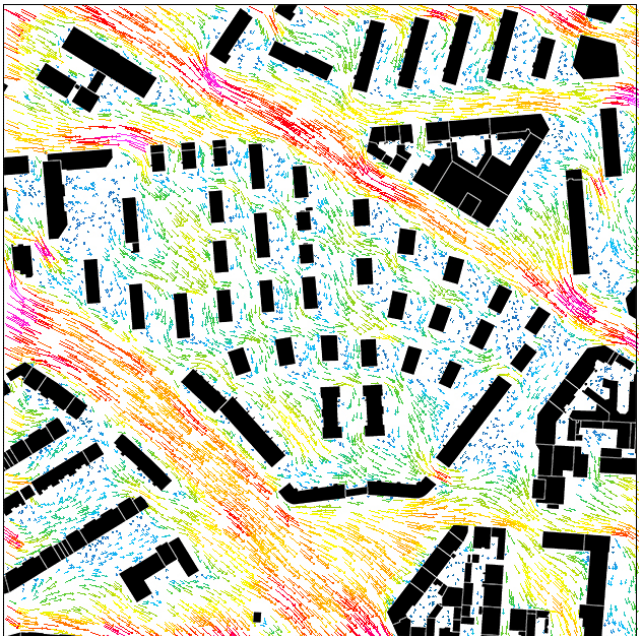


Area 1

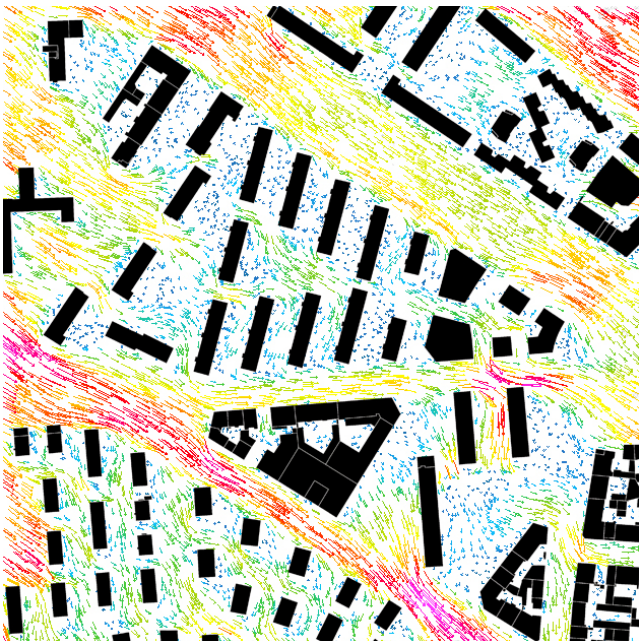




Area 2

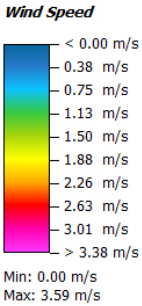


Velocità del vento

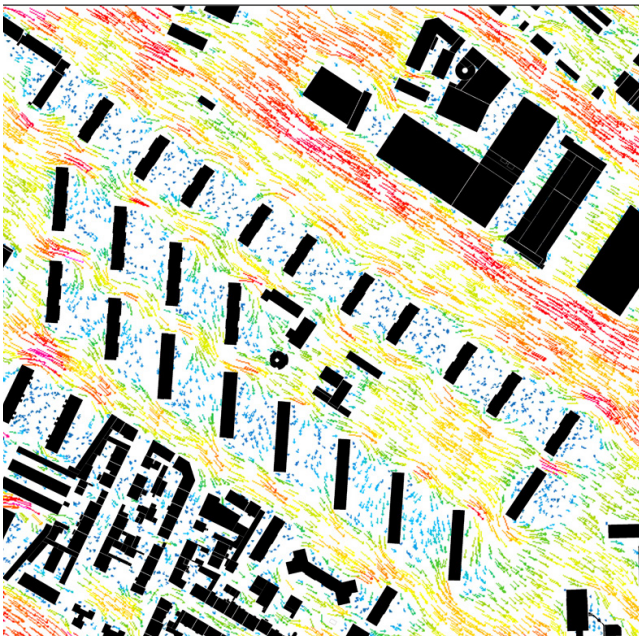


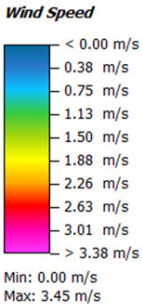
Piano x/y

z = 1,5 m



Area 3





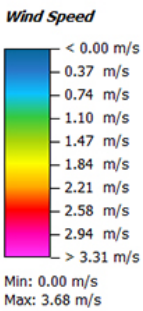
Area 4

Velocità del vento

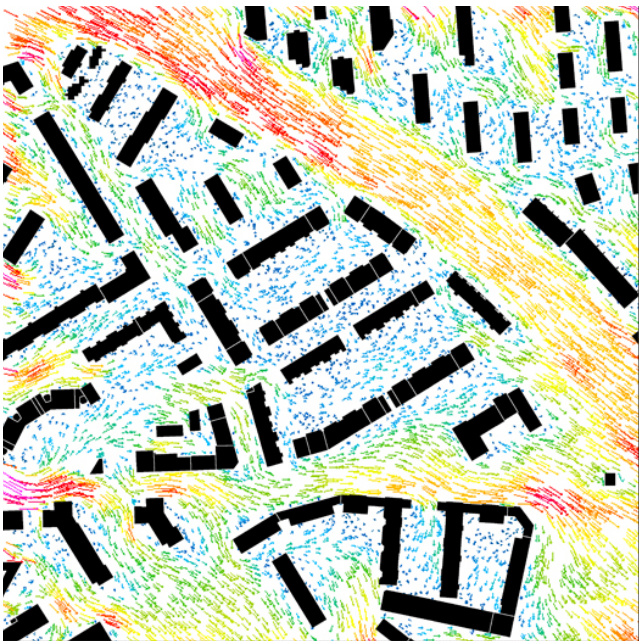
Stato di fatto

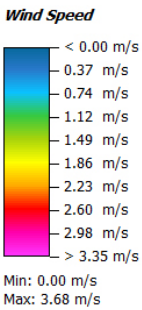
27/06/2019

Ore: 18:00

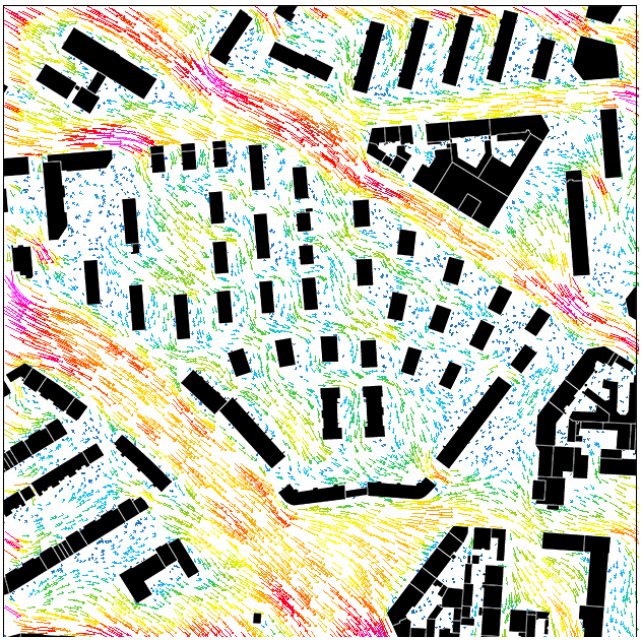


Area 1

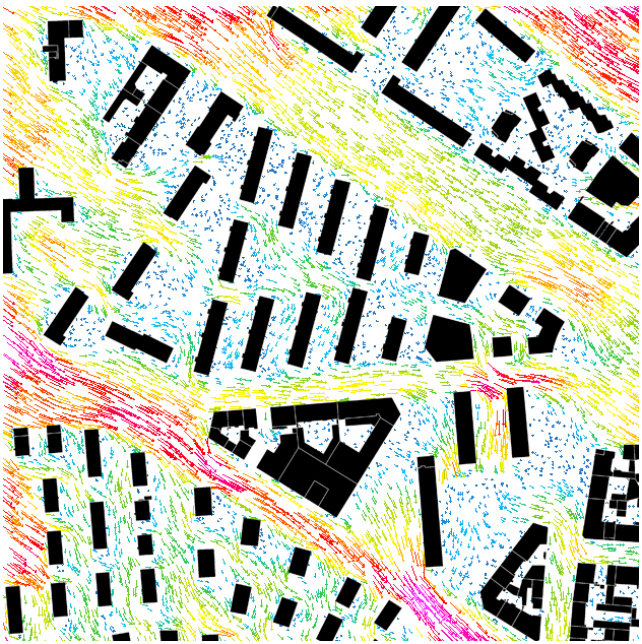




Area 2

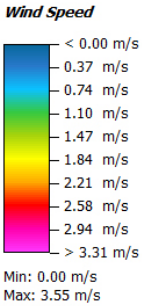


Velocità del vento

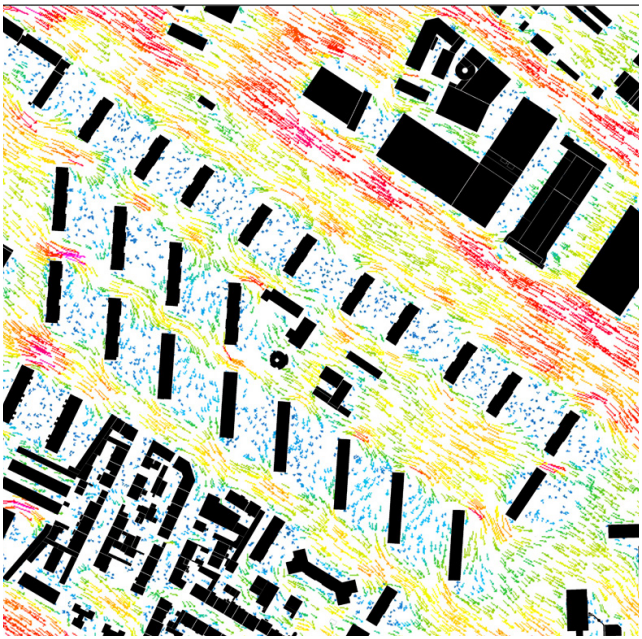


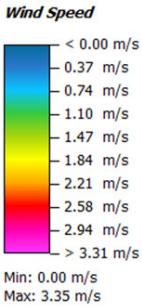
Piano x/y

z = 1,5 m



Area 3





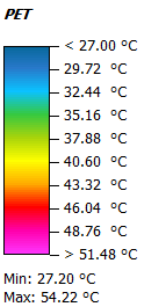
Area 4

PET

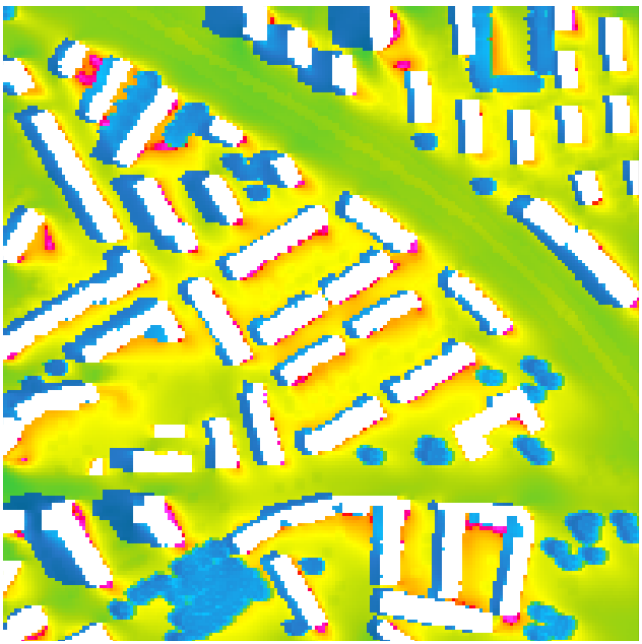
Stato di fatto

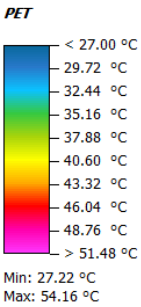
27/06/2019

Ore: 9:00

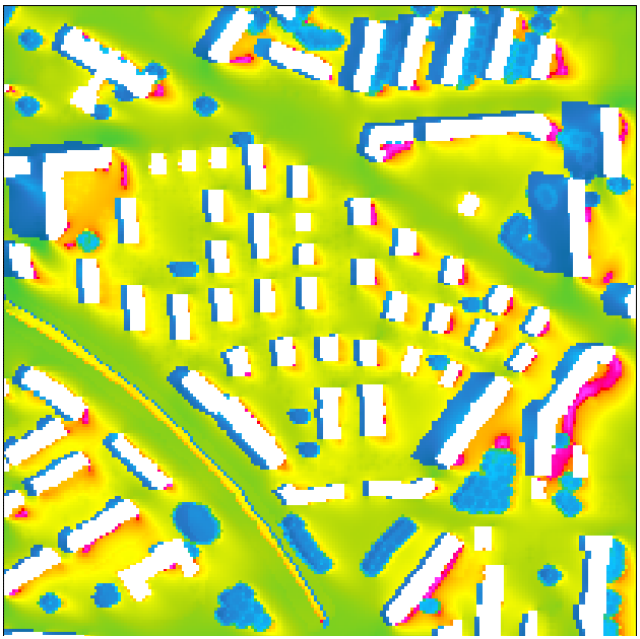


Area 1

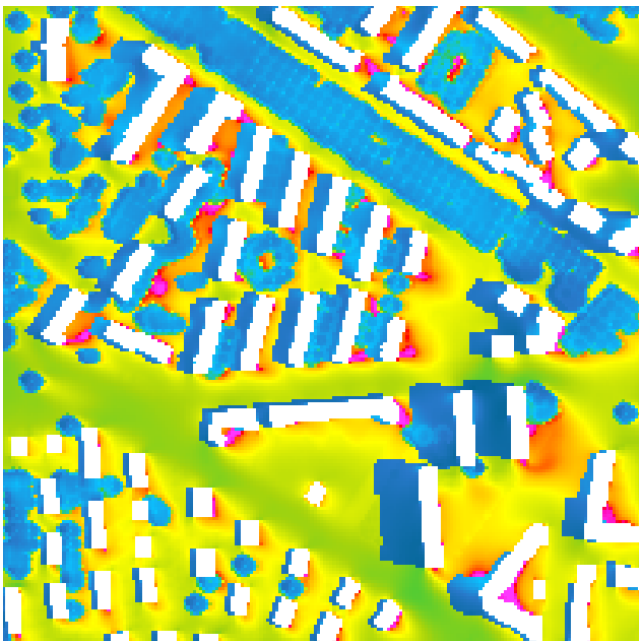




Area 2



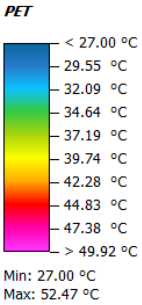
PET

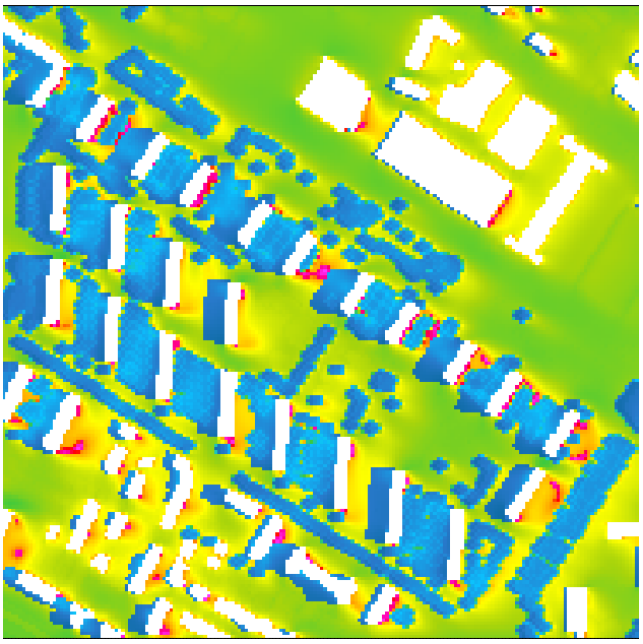


Area 3

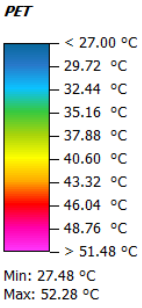
Piano x/y

z = 1,5 m





Area 4

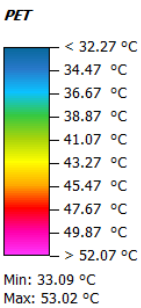


PET

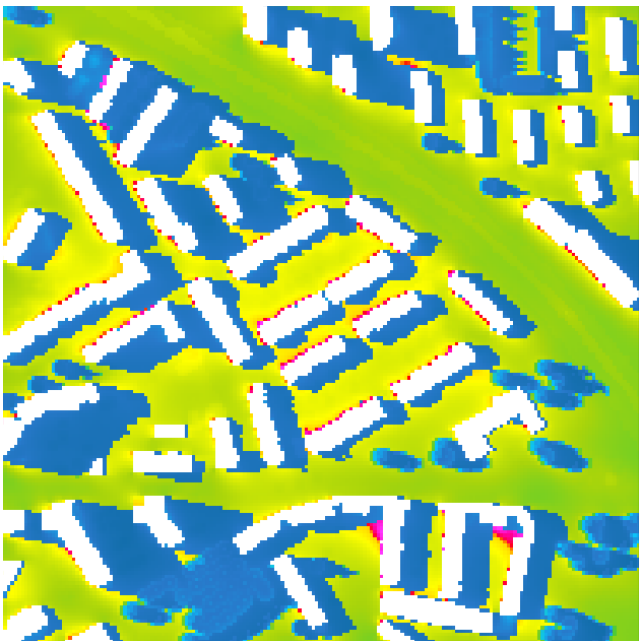
Stato di fatto

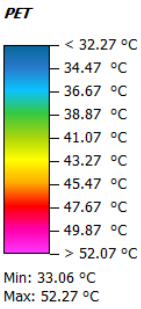
27/06/2019

Ore: 18:00

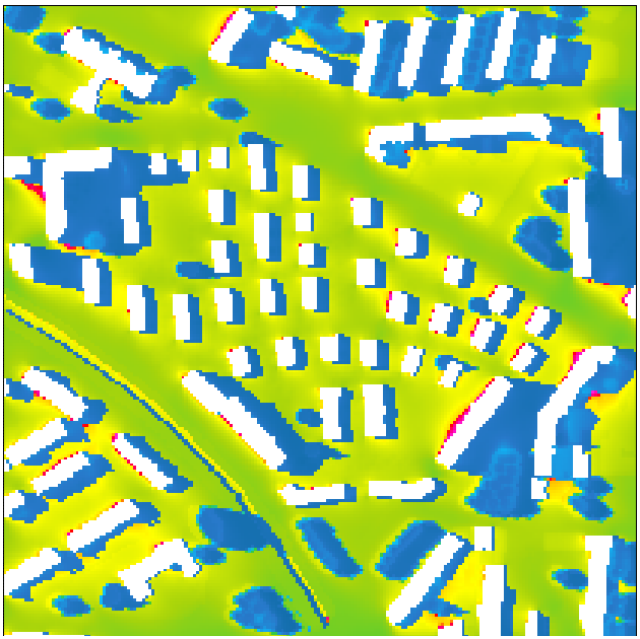


Area 1

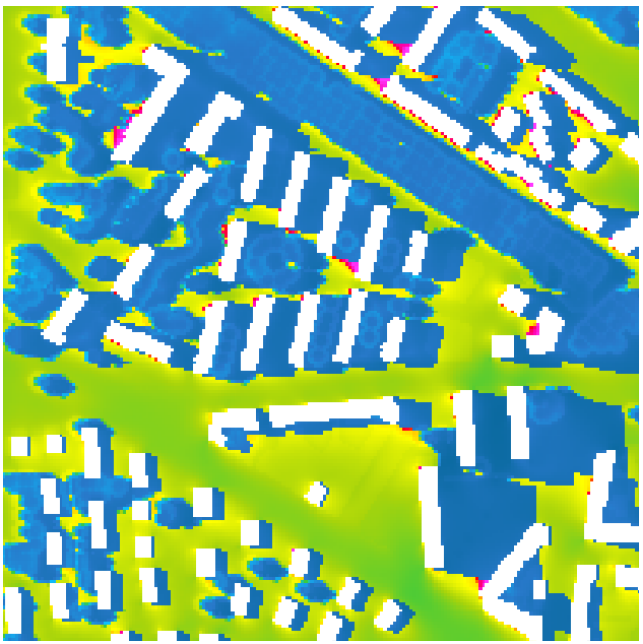




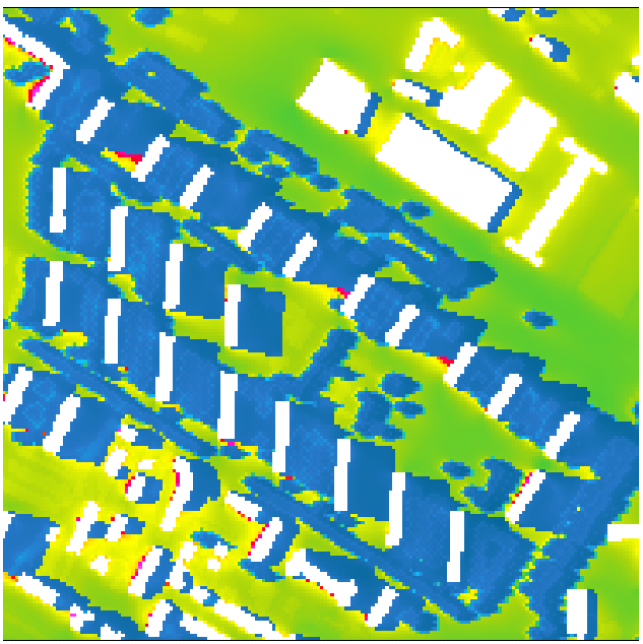
Area 2



PET



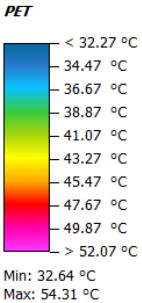
Area 3

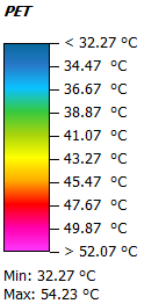


Area 4

Piano x/y

z = 1,5 m





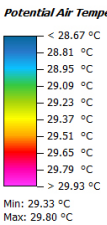
Sezioni urbane

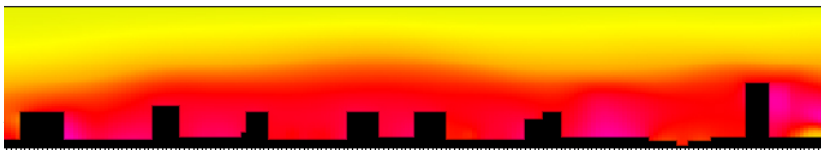
Stato di fatto

27/06/2019

Ore: 9:00

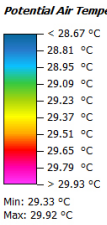
Piano y/z (x = 181 m)

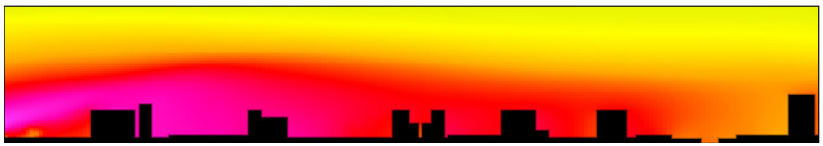




Area 1

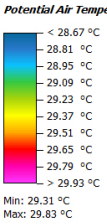
Piano x/z (y = 201 m)

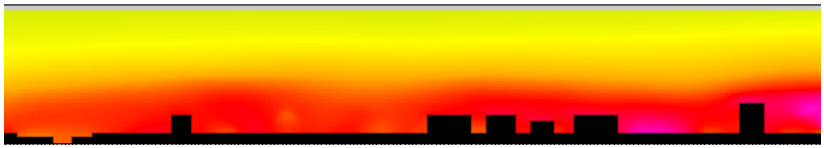




Area 1

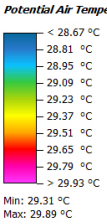
Piano y/z (x = 201 m)

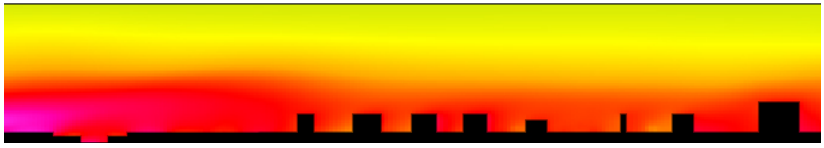




Area 2

Piano x/z (y = 191 m)





Area 2

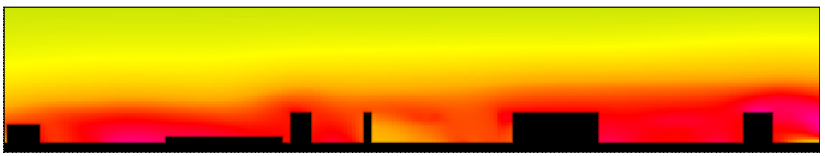
Sezioni urbane

Stato di fatto

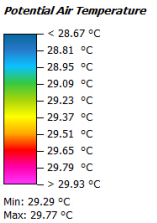
27/06/2019

Ore: 9:00

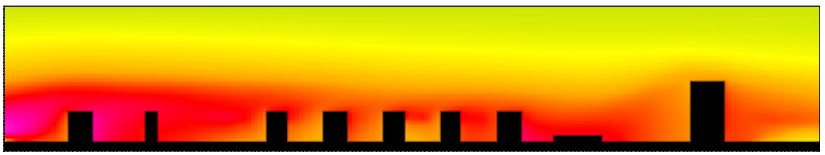
Piano y/z (x = 211 m)



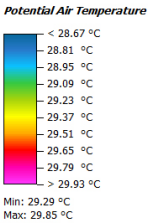
Area 3



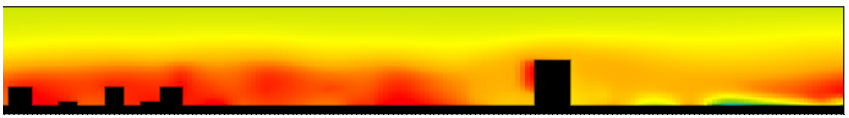
Piano x/z (y = 201 m)



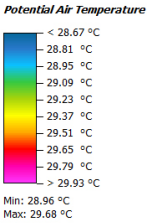
Area 3



Piano y/z (y = 241 m)

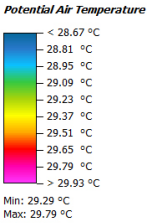


Area 4



Piano x/z (x = 301 m)

Area 4



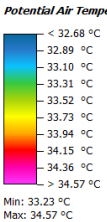
Sezioni urbane

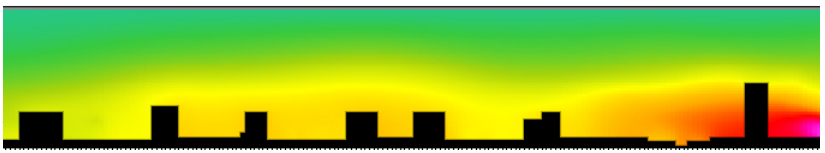
Stato di fatto

27/06/2019

Ore: 18:00

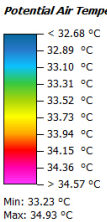
Piano y/z (x = 181 m)





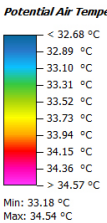
Area 1

Piano x/z (y = 201 m)



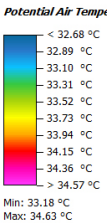
Area 1

Piano y/z (x = 201 m)



Area 2

Piano x/z (y = 191 m)



Area 2

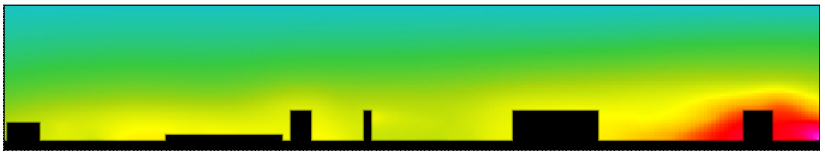
Sezioni urbane

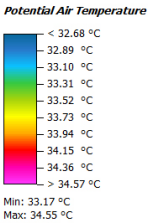
Stato di fatto

27/06/2019

Ore: 18:00

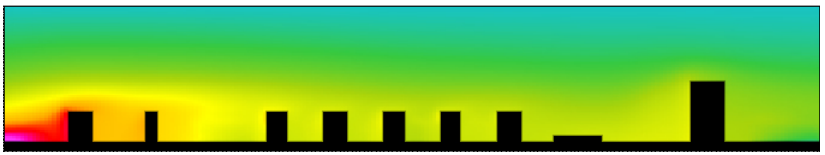
Piano y/z (x = 211 m)

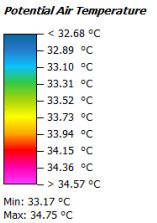




Area 3

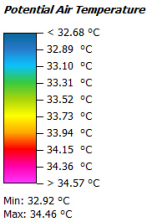
Piano x/z (y = 201 m)





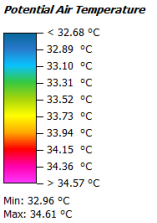
Area 3

Piano y/z (y = 241 m)



Area 4

Piano x/z (x = 301 m)



Area 4