POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Pianificazione

Territoriale Urbanistica e Paesaggistico – Ambientale

A.A 2019/2020

TESI DI LAUREA MAGISTRALE

HEATWAVES E RECUPERO DELL'USO DI CANALI IRRIGUI IN TORINO
Una proposta per Corso Stati Uniti

Relatore:

Prof. Ing. Stefano Ferrari

Correlatore:

Dott. Giorgio Roberto Pelassa

Candidata

Di Stefano Floriana

Ringraziamenti

Desidero vivamente ringraziare il mio relatore della tesi il Prof. Stefano Ferrari per la sua disponibilità, gentilezza e pazienza infinita che ha dimostrato nei miei confronti durante questi mesi di lavoro dandomi la possibilità di affrontare una tematica che mi ha molto appassionato.

Inoltre esprimo la mia gratitudine al mio correlatore il Dott. Giorgio Pelassa, per avermi assistito durante il tirocinio presso la Regione Piemonte coinvolgendomi, spronandomi e soprattutto incoraggiandomi durante la gestazione della tesi.

Un doveroso ringraziamento va alla mia famiglia e in particolare alla mia madrina che mi ha sostenuto e permesso di affrontare il mio percorso di studi lontano da casa appoggiando la mia decisione di frequentare il Politecnico.

Infine un grazie lo porgo agli amici e alle amiche che ho incontrato nel mio percorso e alle amiche di vecchia data che considero come le mie sorelle, che mi hanno sostenuto, incoraggiato e aiutato

INDICE

INTRODUZIONE **1**

1 CITTA' E CAMBIAMENTO CLIMATICO **3**

1.2 FENOMENI CHE GENERANO UN PERICOLO CLIMATICO **6**

2. LE ONDATE DI CALORE **9**

2.1 ISOLE DI CALORE **12**

2.2 RAPPORTO TRA ISOLE DI CALORE E URBANIZZAZIONE **14**

2.3 LE CITTA' SOSTENIBILI **17**

2.4 ADATTAMENTO E MITIGAZIONE **18**

2.5 LA PIANIFICAZIONE URBANA E LA CITTA'SOSTENIBILE **20**

2.6 LEGGI NAZIONALI SUL VERDE **23**

2.7 PROGETTAZIONE DEL VERDE **25**

2.7.1 CRITERI PER LA REALIZZAZIONE DELLE AREE VERDI 26

2.8 PIANO NAZIONALE PER LA PREVENZIONE DEGLI EFFETTI DEL CALDO SULLA SALUTE **27**

3 LE ONDATE DI CALORE IN TORINO ESTATE 2017 ..... **31**

3.2 IL BOLLETTINO **31**

3.2.1 RAPPORTO ARPA 34

4 APPROFONDIMENTO ANALISI SATELLITARE E TELERILEVAMENTO **37**

4.1 LANDSAT 8 ..... **39**

4.2 REPERIMENTO DELLE IMMAGINI **43**

4.3 MAPPATURA TERMICA **46**

4.4. MAPPATURA NDVI **51**

4.5 MAPPATURA IMPERVIOUS SURFACE **58**

4.6 CONFRONTO TRA LE MAPPE ELABORATE **64**

5. STRATEGIE DI MITIGAZIONE **66**

5.1 INTRODUZIONE ALLE IPOTESI PROGETTUALI....67

5.2. PROPOSTA DI INTERVENTI DI MITIGAZIONE 73

5.2.1 SCELTA DELL'AREA DI INTERVENTO....73

5.2.2 INQUADRAMENTO E CENNI STORICI 75

5.2.3. IL CANALE DELLA PELLERINA....79

5.5.4. STATO DI FATTO 83

5.3 IPOTESI DI PROGETTO SOLUZIONE 1 83

5.4 POTESI DI PROGETTO SOLUZIONE 2 86

5.5. IPOTESI DI PROGETTO SOLUZIONE 3 88

CONCLUSIONI....92

BIBLIOGRAFIA 97

SITOGRAFIA....99

ALLEGATO 1 104

VISTE AREA DI STUDIO 106

ALLEGATO 2 107

ALLEGATO 3 108

ALLEGATO 4 109

ALLEGATO 5 110

ALLEGATO 6 111

ALLEGATO 7 112

ALLEGATO 8 113

ALLEGATO 9 114

ALLEGATO 10 115

INTRODUZIONE

Questa tesi ha come obiettivo quello di individuare un'ipotetica soluzione progettuale che miri alla mitigazione delle ondate di calore nel tratto superiore di Corso Stati Uniti compreso tra Corso Re Umberto e Via Sacchi.

La scelta dell'argomento sviluppato nasce dallo svolgimento del tirocinio curriculare svolto presso gli uffici della Regione Piemonte. In tale contesto è stato analizzato l'andamento delle temperature estive ed in particolare delle ondate di calore che hanno impattato, con un maggior numero, nel territorio comunale di Torino durante l'estate 2017.

La prima parte della tesi si occupa di analizzare le heatwaves che rientrano tra i pericoli climatici relativi alla temperatura. Si effettua un'analisi degli strumenti, si valutano le politiche e le azioni che ne prevengono e mitigano gli impatti.

La parte centrale si focalizza sull'analisi satellitare, che tramite il Landsat 8 ha permesso di individuare, con una risoluzione di 100 m, le aree del territorio maggiormente colpite dalle ondate di calore che si sono susseguite in Torino durante l'estate del 2017.

Infine nell'ultima parte si è cercato di far fronte alle problematiche legate alle alte temperature, individuando 3 ipotesi progettuali. Obiettivo comune delle tre ipotesi progettuali proposte è quello di mitigare gli impatti negativi delle ondate di calore, attraverso l'implementazione del verde e sfruttando la risorsa idrica del canale sotterraneo della Pellerina, che attraversa l'area.

Le soluzioni proposte rientrano nelle soluzioni green and blue previste fra le azioni di mitigazione della SNACC (Strategia Nazionale Di Adattamento Ai Cambiamenti Climatici). Le modalità di intervento sono state suggerite dalla osservazione di strutture realizzate in altre città (Londra, Melbourne, Reno). Tali strutture, quali i "Rain Garden" e i "Tree Box Filter", che rientrano nelle BPM (Best Practice Management), saranno riadattate alle esigenze dell'area studio, che sono quelle di ridurre le elevate temperature e migliorare il fattore estetico dell'area in analisi.

1 CITTA' E CAMBIAMENTO CLIMATICO

Negli ultimi anni si è sempre più accentuato il dibattito mondiale che mette in evidenza le reciproche relazioni fra i cambiamenti climatici e le città, gli impatti che questi hanno sui centri abitati e come i processi di urbanizzazione e le attività umane all'interno della città siano correlati ai cambiamenti climatici.

Il cambiamento climatico è "attribuibile direttamente o indirettamente ad attività umane, che alterino la composizione dell'atmosfera planetaria e che si sommino alla naturale variabilità climatica osservata su intervalli di tempo analoghi."(UNFCCC, 1992, p. 3)

A conferma del ruolo svolto dalle attività umane, l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) nel Fifth Assessment Report, ha stimato con probabilità pari al 95%, che la causa principale dell'aumento repentino della temperatura media globale, dell'incremento di frequenza e di intensità degli eventi estremi, lo sconvolgimento del regime delle precipitazioni e dell'innalzamento del livello dei mari, sia da attribuire principalmente alle emissioni di gas serra prodotte dalle attività svolte dall'uomo (IPCC,2013)[1].

Una pubblicazione del World Urbanization Prospect del maggio del 2018 stilata su incarico del dipartimento di economia e affari sociali delle Nazioni Unite stabilisce

[1]IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. (scaricabile del sito https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/)

che la popolazione mondiale risiedente nelle città, oggi è stimata intorno al 55%, prevedendo un aumento del 68% entro il 2050[2].

Nel rapporto dell'IPCC sui cambiamenti climatici viene riportato che "le emissioni derivanti dalle attività umane aumentando sostanzialmente la concentrazione atmosferica di gas serra quali: anidride carbonica, metano, clorofluorocarburi (CFC) e l'ossido nitroso. Questi aumenteranno l'effetto serra, determinando un ulteriore riscaldamento della superficie terrestre. (Climate Change The IPCC Scientific Assessmet, 2018, p. 46)[3]

L'incremento della popolazione residente nelle città contribuisce ad una aumentata concentrazione delle attività antropiche le cui emissioni inquinanti dei gas serra sono legate principalmente alle attività industriali, allo smaltimento dei rifiuti, al settore energetico, inclusi i trasporti. Tutti fattori che influenzano l'aumento della temperatura, della frequenza e dell'intensità degli eventi estremi. La correlazione fra la percentuale di popolazione che vive nelle città, il suo futuro incremento e l'innalzamento della temperatura globale appare evidente.

L'attenzione dei governi sui cambiamenti climatici ha portato negli anni alla stipulazione di numerosi accordi internazionali. Sicuramente rilevante è l'accordo di Parigi che è il primo accordo universale e giuridicamente vincolante sui cambiamenti climatici, adottato alla conferenza di Parigi sul clima (COP21) nel

[2] 2018 Revision of World Urbanization Prospects https://www.un.org/development/desa/publications/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html

[3]IPCC Edited by J.T.Houghton, G.J.Jenkins and J.J.Ephraums "*CLIMATE CHANGE The IPCC Scientific Assessment"* https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ipcc_far_wg_I_full_report.pdf

dicembre 2015. Riguardo la riduzione di emissione di gas serra a partire dall'anno 2020 i governi hanno concordato di:

- mantenere l'aumento medio della temperatura mondiale al di sotto di 2°C rispetto ai livelli preindustriali come obiettivo a lungo termine
- cercare di limitare l'aumento a 1,5°C, dato che ciò ridurrebbe in misura significativa i rischi e gli impatti dei cambiamenti climatici
- fare in modo che le emissioni globali raggiungano il livello massimo al più presto possibile, pur riconoscendo che ai i paesi in via di sviluppo occorrerà più tempo per conseguire rapide riduzioni, successivamente secondo le migliori conoscenze scientifiche disponibili, in modo da raggiungere un equilibrio tra emissioni e assorbimenti nella seconda metà del secolo.

L'accordo riconosce il ruolo dei soggetti interessati che non sono parti dell'accordo nell'affrontare i cambiamenti climatici, comprese le città, altri enti a livello subnazionale, la società civile, il settore privato e altri ancora.

Essi sono invitati a:

- intensificare i loro sforzi e sostenere le iniziative volte a ridurre le emissioni
- costruire resilienza e ridurre la vulnerabilità agli effetti negativi dei cambiamenti climatici
- mantenere e promuovere la cooperazione regionale e internazionale[4]

[4] ACCORDO DI PARIGI https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_it

1.2 FENOMENI CHE GENERANO UN PERICOLO CLIMATICO

Con il progredire dello sviluppo urbano e l'aumento delle aree edificate e a seguito dell'esponenziale sviluppo economico, non sempre regolati con adeguati strumenti di pianificazione, le città sono esposte a maggiori rischi dovuti a pericoli climatici.

L'evento climatico estremo è spesso associato al concetto di disastro. L'evento climatico assume la caratteristica di hazard, quando si hanno fenomeni di elevata magnitudo associati alle condizioni di vulnerabilità e sensitività degli elementi esposti, il che può causare la perdita di beni e vite umane.

Quando l'evento fisico pericoloso è connesso ai cambiamenti climatici si parla di climate related natural hazard.

Nel documento redatto dalle United Nations il rischio viene definito come: "Risk is the expected loss (of lives, persons injured, property damaged, and economic activity disrupted) due to a particular hazard for a given area and reference period. Based on mathematical calculations, risk is the product of hazard and vulnerability"[5] (UNDHA, 1992)

Nella valutazione del rischio si rispecchia, infatti, il rischio totale (Varnes, IAEG,1984) così come assunto nel DPCM 1998 nella formula:

$R = H \times V \times E$[6]

[5] DHA, U. N. Internationally agreed glossary of basic terms related to disaster management. *UN DHA (United Nations Department of Humanitarian Affairs), Geneva*, 1992.(scaricabile https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/004DFD3E15B69A67C1256C4C006225C2-dha-glossary-1992.pdf)

[6] DPCM 1998

dove:

R= il rischio è funzione di:

H= Hazard (pericolo), ovvero la probabilità che un evento dannoso di intensità I si verifichi sull'area assegnata, nel corso di un certo periodo di tempo (n anni);

V= Vulnerability (vulnerabilità), ovvero la percentuale di perdita (da 0 a 1) legata all'entità, alla suscettibilità, alla fragilità della società e alla sua capacità di reagire agli eventi pericolosi;

E = Exposure (entità), ovvero il valore dei beni o numero di persone a rischio.

Ridurre il rischio vuol dire, perciò, considerare sia gli aspetti fisici del rischio che quelli sociali.

Importante è considerare anche la gestione del rischio che deve essere parte delle decisioni politiche e di sviluppo di piani per una maggiore capacità nel management e nella riduzione della vulnerabilità. A tal fine nasce Il progetto Derris (DisastEr Risk Reduction InSurance) che "è il primo progetto europeo che unisce pubblica amministrazione, imprese e settore assicurativo per la riduzione dei rischi causati da eventi climatici straordinari"[7] (Derris, 2014, p. 11), esso afferma che il rischio associato a ciascuno di questi fenomeni dipende strettamente dal clima e dal suo cambiamento.

Esso annovera 7 pericoli climatici legati al rischio quali:

[7]DERRIS Progetto LIFE14 CCA/IT/000650 http://www.derris.eu/
http://www.comune.torino.it/ambiente/bm~doc/derris-brochure-web-def.pdf

- Alluvioni
- Fulmini
- Pioggia
- Grandine
- Frane
- Vento
- Temperature

2. LE ONDATE DI CALORE

Fra i pericoli legati alle temperature, che coinvolgono le aree urbane, il presente lavoro si occupa di analizzare le ondate di calore. In particolare le ondate di calore che hanno interessato la città di Torino durante l'estate del 2017, responsabili di avere prodotto una riduzione del confort abitativo con conseguenti effetti negativi sulla salute e il benessere dei suoi abitanti. A partire da ciò si ipotizzerà una soluzione di rigenerazione urbana che incida sulla mitigazione delle elevate temperature

Dare una definizione univoca delle ondate di calore è piuttosto difficile data la complessità dei numerosi fattori dalle quali esse dipendono, molte associazioni e organizzazioni hanno dato, in base al loro lavoro di analisi, una loro definizione. Secondo il Ministero della Salute, "Le ondate di calore sono condizioni meteorologiche estreme che si verificano quando si registrano temperature molto elevate per più giorni consecutivi, spesso associati a tassi elevati di umidità, forte irraggiamento solare e assenza di ventilazione; tali condizioni rappresentano un rischio per la salute della popolazione. Un'ondata di calore è definita in relazione alle condizioni climatiche di una specifica città e non è quindi possibile individuare una temperatura-soglia di rischio valida a tutte le latitudini". (Ministero della Salute, 2020)[8]

[8]Ministero della Salute, Direzione generale della prevenzione sanitaria http://www.salute.gov.it/portale/caldo/dettaglioFaqCaldo.jsp?lingua=italiano&id=98#:~:text=Le%20ondate%20di%20calore%20sono,rischio%20per%20la%20salute%20della

Per la Protezione Civile le ondate di calore sono delle "condizioni metereologiche estreme che si verificano durante la stagione estiva, caratterizzate da temperature inusuali, che possono durare giorni o addirittura settimane"[9].

L'Organizzazione Mondiale della Meteorologia (WMO, World Meteorological Organization) e l'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO, World Health Organization), con la collaborazione di numerosi esperti, nel 2015 pubblicano "Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development, Linee Guida in cui indicano "le ondate di calore come un periodo anomalo di forte caldo, asciutto oppure umido con una durata di 2 o 3 giorni consecutivi che ha un importante impatto sulle attività umane. Durante questi periodi sia le temperature diurne che quelle notturne superano i livelli medi registrati in precedenza; in sintesi sono indicate come un importante pericolo naturale che si ripercuote con pesanti effetti negativi, sull'ambiente, sul sistema economico, sulle infrastrutture e sulla salute della popolazione". Le ondate di calore vengono divise secondo 2 tipologie:

Dry Heathwaves, che si verificano soprattutto nelle aree con clima continentale o mediterraneo, le quali comportano una grande escursione termica tra inverno ed estate, con estati molto calde. Si presentano con un caldo asciutto e sono spesso accompagnate da condizioni ventose che aumentano il livello di stress dovuto al calore

[9]Sito del Dipartimento della Protezione Civile- Presidenza del Consiglio dei Ministri http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/meteo-idro/fenomeni-meteo-idro/ondate-calore

L'altra tipologia le Moist Heathwaves sono, invece, caratterizzate da un caldo eccessivo ed oppressivo, da condizioni di umidità elevata sia durante il giorno che di notte, spesso accompagnate da una copertura nuvolosa notturna, evenienza che impedisce la diminuzione di calore accumulato durante il giorno attraverso il rilascio notturno (WMO, WHO, 2015) (Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development, 2015)[10]

Secondo il WMO (World Meteorological Organization) un'ondata di calore si ha quando si verificano almeno 6 giorni consecutivi in cui la temperatura massima è superiore al 90° percentile di quel determinato giorno rispetto al periodo climatologico di riferimento[11].

Inoltre, per definire le ondate di calore vengono presi in considerazione 2 aspetti, uno epidemiologico e l'altro climatologico.

L'aspetto epidemiologico si basa sugli effetti che elevate temperature hanno avuto in un certo luogo sulla salute umana. In questo caso, il termine di ondata di calore varia nei diversi paesi e quindi non può esserci una definizione comune, in quanto i climi sono diversi, così come la capacità di adattamento delle persone che vivono in particolari climi.

L'approccio climatologico è un metodo più recente rispetto a quello epidemiologico, esso viene utilizzato dal WMO, Organizzazione Mondiale della

[10]G.R. McGregor, lead editor P. Bessemoulin, K. Ebi and B. Menne " *Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development"* *(*https://www.who.int/globalchange/publications/WMO_WHO_Heat_Health_Guidance_2015.pdf?ua=1*)*

[11] GUIDELINES ON THE DEFINTION AND MONITORING OF EXTREME WEATHER AND CLIMATE EVENTS https://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/documents/GUIDELINESONTHEDEFINTIONANDMONITORINGOFEXTREMEWEATHERANDCLIMATEEVENTS_09032018.pdf

Meteorologia e dal CLIVAR, Programma di Ricerca sulla Vulnerabilità e la Prevedibilità Climatica, per cercare di definire in maniera uniforme a livello internazionale il concetto di ondata di calore, ma anche al fine di confrontarsi per capire quali siano i metodi più efficaci per combattere gli effetti delle ondate di calore[12].

2.1 ISOLE DI CALORE

L'isola di calore (Urban Heat Island-UHI) è un fenomeno presente, in forme e intensità differenti sia in piccole che in grandi città, in funzione alle varie componenti climatico-ambientali, ovvero tra irraggiamento solare e caratteristiche fisiche delle parti e dell'insieme urbano (geometrie e dimensioni dei manufatti, materiali, colori, vegetazione). (Oke, 1982)

Il primo concetto del fenomeno delle isole di calore risale al1833 quando il metereologo Luke Howard pubblica il suo studio The Climate of London.

Il metereologo effettuò giorno per giorno, dal 1806 al 1830, delle misurazioni di pressione, temperatura, umidità, precipitazioni atmosferiche all'esterno della città di Londra. Howard fu il primo ad identificare l'UHI come la differenza tra temperatura dell'aria rilevata in città e quella rilevata nelle periferie.

Tale concetto è bene acclarato dal Piano Nazionale di Prevenzione degli effetti del caldo sulla salute, in cui si afferma che" Il fenomeno dell'isola di calore è dovuto alla

[12] G. Maracchi Consorzio LaMMA c/o CNR-IBE Area della Ricerca di Firenze http://www.lamma.rete.toscana.it/news/ondate-di-calore-quale-definizione#:~:text=Cosa%20dice%20il%20WMO,1990%20o%201971%2D2000).

maggiore capacità delle aree urbane, di catturare le radiazioni solari e di conservare il calore nelle ore diurne e di rilasciarlo nelle ore notturne a causa delle superficie asfaltate e dei materiali edilizi che impediscono la naturale traspirazione. L'UHI è più evidente nelle ore notturne quando le città risultano più calde delle aree rurali circostanti. Pertanto questo fenomeno fa sì che le popolazioni urbane siano sottoposte a maggiore rischio durante le ondate di calore. Nelle città il microclima locale è determinato dalle attività antropiche legate all'urbanizzazione e si configura come risultato di sinergie di fenomeni diversi, quali ad esempio la scarsa ventilazione che non favorisce gli scambi termici" (Ministero della Salute, 2019, p.62)[13].

Nelle città la temperatura media è spesso di 2-3 gradi C° superiore a quella delle aree rurali circostanti ed in estate tale differenziale arriva ad alzarsi fino a 5-6 gradi, provocando le isole di calore, fenomeni sempre più presenti, anche in città di medie dimensioni. Infatti l'aria in città è solitamente più calda che nelle zone non urbanizzate circostanti (Oke, 2006)

[13] A. De Martino - Direzione Generale della Prevenzione Sanitaria, Ministero della Salute
M. De Sario, F. de'Donato, C. Ancona, M. Renzi e P. Michelozzi - Dipartimento di Epidemiologia del SSR Lazio, ASL Roma 1 "*Piano Nazionale di Prevenzione degli effetti del caldo sulla salute LINEE DI INDIRIZZO PER LA PREVENZIONE*"
http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_2867_allegato.pdf

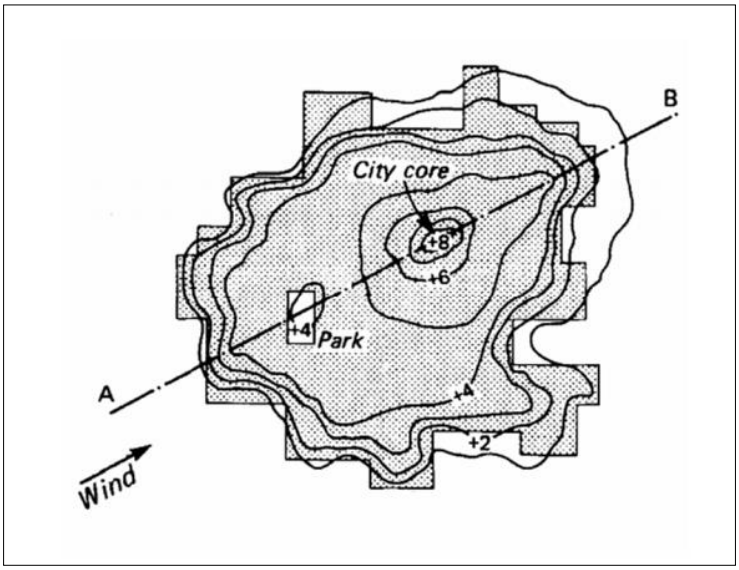


Figure 1 Mappa concettuale di un'isola di calore, Oke T. R. (1982), "The Energetic Basis of the Urban Heat Island", Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, vol. 108, pag. 1-24]

2.2 RAPPORTO TRA ISOLE DI CALORE E URBANIZZAZIONE

L'aumento dell'urbanizzazione e della densificazione comportano un intensivo utilizzo del territorio creando una difficile gestione delle condizioni ambientali. La struttura compositiva della città induce l'aumento della frequenza e dell'intensità con cui le isole di calore si manifestano in ambito urbano.

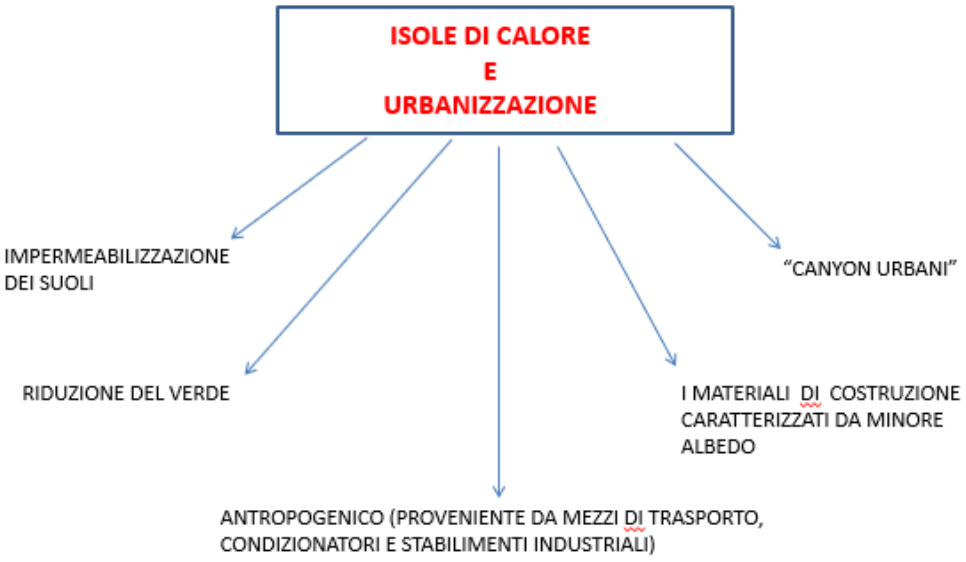


Figura 2 - fattori urbani che influenzano la formazione delle isole di calore - Elaborazione propria-

L’immagine mostra schematicamente quali sono gli elementi della morfologia e della struttura urbana che incidono nella formazione delle isole di calore.
Tra i fattori abbiamo l’impermeabilizzazione dei suoli, che nelle aree urbanizzate, impedisce alla pioggia di infiltrare all’interno delle superfici; ciò comporta che il livello di umidità sarà minore e di conseguenza minore sarà anche il raffreddamento dell’aria.
I materiali utilizzati per l’edilizia, mattoni, vetro asfalto e tegole di colore scuro, con albedo minore possono aumentare le temperature, alterando la concentrazione di calore all’interno della città in quanto contribuiscono ad immagazzinare calore. (Oke, 2006).
Nella formazione delle isole di calore rilevante è il fattore legato alla morfologia urbana caratterizzata da strade relativamente strette in rapporto con l’altezza degli edifici. Ciò crea l’effetto Canyon Urbano, determinato dall’intrappolamento dei raggi solari che riflettono più volte sulle facciate contrapposte degli edifici generando un maggiore assorbimento della quantità di calore. Inoltre il Canyon Urbano determina il perdurare di aria calda al suo interno anche durante le ore notturne
I parametri del Canyon Urbano che influenzano maggiormente le variazioni della temperatura sono:

- il rapporto tra l’altezza degli edifici H e la larghezza delle strade W
- Il fattore di vista del cielo o sky view factor (SVR)

- L'orientamento rispetto ai punti cardinali[14]

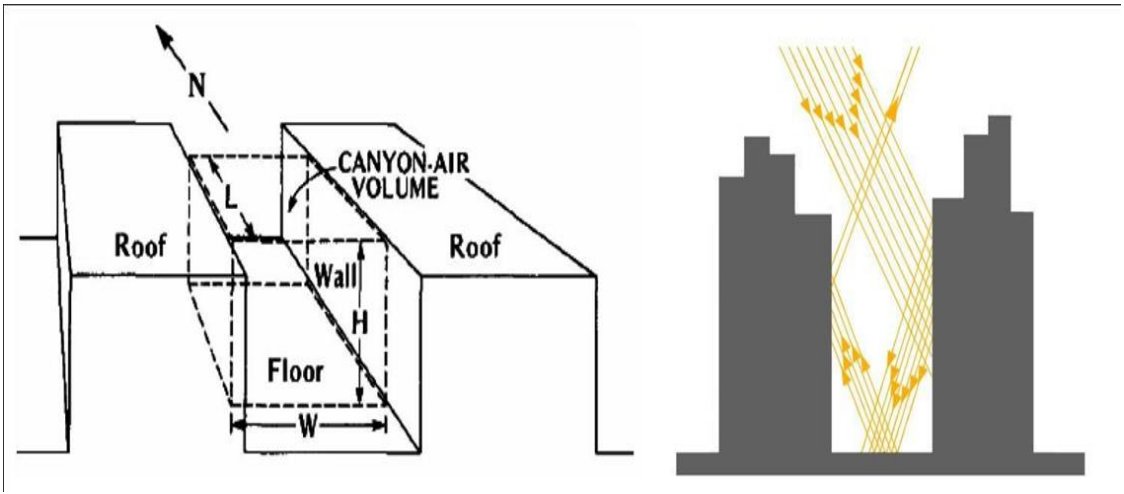


Figura 3 - Schematic representation of an urban canyons and multiple reflections and absorption that occurs within it (processing of Nunez and Oke, 1977)

L'altezza degli edifici e l'orientamento delle strade possono in oltre costituire un ostacolo alla diffusione del vento, riducendo l'effetto dispersivo della ventilazione sull'accumulo di calore nei Canyon Urbani.

Anche le attività antropiche, pur non essendo tra le principali cause di formazione delle isole di calore, apportano un contributo rilevante alla creazione delle UHI, con l'immissione nell'atmosfera di gas di scarico proveniente dal traffico, dalle attività industriali e dai processi di combustione.

Infine, l'esigua presenza di aree verdi nelle città contribuisce ad aumentare le temperature per il ridotto apporto di aree fresche ed ombreggiate, determinando un aumento dell'intensità degli effetti negativi delle isole di calore, che comporta un minor confort agli abitanti.

[14] Elenco Alcoforado M.J., Andrade H., Lopes A., Vasconcelos J. (2009)," Application of climatic guidelines to urban planning: the example of Lisbon (Portugal)", Landscape and Urban Planning, vol. 90, pp. 56–65

La mitigazione dell'intensità e della frequenza delle isole di calore si avvale di alcune azioni di adattamento all'interno delle città, che concorrano in maniera positiva ad uno sviluppo urbano sostenibile.

2.3 LE CITTA' SOSTENIBILI

Al fine di ridurre le diverse problematiche che possono interessare gli ambiti urbani, nascono teorie incentrate sul potenziare la qualità, l'efficienza e la sostenibilità delle città.

A tale proposito il 27 maggio del 1994 nasce "la Carta delle città Europee per uno sviluppo durevole e sostenibile" meglio conosciuta come la Carta di Aalborg.

"Le città riconoscono che il concetto dello sviluppo sostenibile fornisce una guida per commisurare il livello di vita alle capacità di carico della natura. Pongono fra i loro obiettivi la giustizia sociale, economie sostenibile e sostenibilità ambientale."

Le città riconoscono che il capitale di risorse naturali, atmosfera, suolo, acqua e foreste è divenuto il fattore limitante del loro sviluppo economico e che pertanto è necessario investire in questo capitale. Ciò comporta in ordine di priorità:

- investire nella conservazione del rimanente capitale naturale, ovvero acque di falda, suoli, habitat per le specie rare;
- favorire la crescita del capitale naturale riducendo l'attuale livello di sfruttamento, in particolare per quanto riguarda le energie non rinnovabili;
- investire per ridurre la pressione sul capitale di risorse naturali esistenti attraverso un'espansione di quelle destinato ad usi antropici, ad esempio gli

spazi verdi per attività ricreative all'interno delle città, in modo da ridurre la pressione sulle foreste naturali;

- migliorare l'efficienza dell'uso finale dei prodotti, ad esempio utilizzando edifici efficienti dal punto di vista energetico e modalità di trasporto urbano non nocive per l'ambiente.

“Le città europee sottoscrivendo la Carta di Aalborg e partecipando alla campagna delle città europee sostenibili, si impegnano a promuovere, nelle rispettive collettività, il consenso sull’Agenda 21.

Con la firma della Carta le città e le regioni europee si impegnano ad attuare l'Agenda 21 a livello locale e ad elaborare piani d'azione a lungo termine per uno sviluppo durevole e sostenibile delle città europee. I singoli piani locali di azione contribuiranno all’attuazione del Quinto programma d’azione a favore dell’ambiente dell’Unione Europea “Per uno sviluppo durevole e sostenibile”. (Carta di Aalborg 1994)[15]

2.4 ADATTAMENTO E MITIGAZIONE

L’adattamento e la mitigazione sono le due strategie da applicare per prevenire e contrastare i pericoli climatici determinati dai cambiamenti climatici.

L’attenzione e l’analisi dei governi delle nazioni europee sul problema legato al fenomeno delle isole di calore ha portato all’approvazione del progetto

[15]Carta di Aalborg
https://www.minambiente.it/sites/default/files/Carta_di_Aalborg_del_27_maggio_1994.pdf

“Development and application of mitigation and adaptation strategies and measures for counteracting the global Urban Heat Islands phenomenon (UHI)”.

Il progetto si è concluso con una Conferenza Finale a Vienna nel Luglio 2014

Gli obiettivi specifici del progetto UHI sono:

- migliorare la conoscenza del fenomeno UHI, dei rischi per la salute umana a esso connessi e delle sue interazioni con i cambiamenti climatici anche attraverso l’analisi delle politiche europee ai vari livelli di governo;
- applicazione di modelli sostenibili innovativi per l’analisi dell’impatto delle azioni di mitigazione;
- definizione di opportune strategie per la mitigazione del fenomeno UHI e l'adattamento agli effetti da esso generati, anche tramite l’approfondimento e lo studio di tecniche mirate a tale scopo;
- sviluppo di nuove proposte per migliorare l’amministrazione del territorio e una più efficace gestione del rischio per la salute, attraverso l’inserimento di misure preventive di allerta, riduzione e contenimento nei sistemi di protezione civile;
- definizione e sperimentazione di metodologie e politiche urbanistiche volte a ridurre gli effetti e le conseguenze del fenomeno UHI nel campo degli strumenti di pianificazione territoriale[16]. (Regione Veneto, 2007-2013)

[16] Progetto UHI: "Isole urbane di calore" “*Development and application of mitigation and adaptation strategies and measures for counteracting the global Urban Heat Islands phenomenon*”https://www.regione.veneto.it/web/ptrc/uhi

La pianificazione urbana può apportare un notevole contributo ai fini dell'adattamento e mitigazione degli effetti delle isole di calore. E' proprio sui principi esposti precedentemente che prende forma l'idea di ridurre le elevate temperature all'interno della città di Torino agendo su un maggiore apporto di verde che vada ad arricchire la città non solo a livello estetico, ma soprattutto contribuisca alla riduzione delle temperature in determinate aree della città più soggette alle ondate di calore.

2.5 LA PIANIFICAZIONE URBANA E LA CITTA'SOSTENIBILE

Nella risposta alle problematiche inerenti al miglioramento della convivenza tra uomo e città, la pianificazione può contribuire notevolmente alla riduzione dell'isola di calore, modellando le varie aree della città al fine di tutelare i suoi abitanti dagli effetti negativi che le eccessive temperature comportano.
L'azione della pianificazione deve essere rivolta verso la creazione di aree di maggiore confort all'interno degli agglomerati urbani, alla realizzazione di spazi liberi, di verde pubblico e privato, di piazze e strade ombreggiate con l'implementazione di elementi idrici; inoltre, la città deve essere rimodellata per garantire la circolazione e l'apporto di aria fresca. Una migliore vivibilità delle città e dei suoi abitanti si ottiene progettando aree verdi all'interno delle città e implementando quelle già esistenti.
Gli alberi e la vegetazione contribuiscono alla riduzione dello stress da calore durante l'effetto isola di calore, sia riducendo la temperatura attraverso

l'evapotraspirazione, sia determinando ombreggiatura e riparo dalle radiazioni solari; altro importante beneficio apportato dalla vegetazione è l'assorbimento di anidride carbonica dall'atmosfera.

All' interno delle città possiamo trovare diverse tipologie di verde, sia esso pubblico che privato.

Le tipologie di verde pubblico individuate grazie all'attività portata avanti dal Gruppo di Lavoro interistituzionale costituito da ISTAT, ISPRA ed altri soggetti (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Istituto Nazionale di Urbanistica e Legambiente) sono:

- Verde storico: ville, giardini e parchi che abbiano interesse artistico, storico paesaggistico e/o che si distinguono per la loro non comune bellezza (ai sensi del D.Lgs 42/2004 e successive modifiche);
- Grandi parchi urbani: parchi, ville e giardini urbani di grandi dimensioni (superiori agli 8.000 m^2) non vincolati ai sensi del D.Lgs 42/2004 e s.m.i;
- Verde attrezzato: piccoli parchi (di superficie inferiore agli 8.000 m^2) e giardini di quartiere con giochi per bambini, aree cani, panchine etc., destinate alla fruizione da parte dei cittadini;
- Aree di arredo urbano: aree verdi create a fini estetici e/o funzionali (aiuole, piste ciclabili, rotonde, verde spartitraffico e comunque pertinente alla viabilità ecc.);
- Forestazione urbana: aree precedentemente libere ed incolte che per estensione e ubicazione risultano adatte all'impianto di essenze arboree e al

consolidamento di boschi a sviluppo naturale in ambito urbano;

- Giardini scolastici: aree verdi e giardini di pertinenza delle scuole;
- Orti botanici, tipologia precedentemente inclusa in “Altro”;
- Orti urbani: piccoli appezzamenti di terra di proprietà comunale da adibire alla coltivazione ad uso domestico, impianto di orti e giardinaggio ricreativo, assegnati in comodato ai cittadini richiedenti, a titolo gratuito;
- Aree sportive pubbliche all’aperto: aree all’aperto a servizio ludico ricreativo adibite a campi sportivi, piscine, campi polivalenti, aule verdi etc.;
- Aree boschive: aree boscate di superficie superiore ai 5.000 m^2 non ricadenti in aree naturali protette;
- Verde incolto: aree verdi in ambito urbano non soggette a coltivazioni od altre attività agricole, per le quali la vegetazione spontanea non è soggetta a manutenzioni programmate e controllo;
- Cimiteri, tipologia precedentemente inclusa in “Altro”
- Altro: include le classi residuali di verde quali i giardini zoologici dall’Istituto Nazionale di Statistica, in base alla normativa di tutela e salvaguardia del verde e alle diverse modalità di fruizione: aree di arredo urbano, aree speciali, parchi urbani, verde storico, verde attrezzato.[17]

[17]ISPRA “*Tipologie di verde pubblico”* https://www.isprambiente.gov.it/files2017/pubblicazioni/stato-ambiente/rau-2017/3_Infrastrutture%20verdi.pdf

2.6 LEGGI NAZIONALI SUL VERDE

In Italia, la normativa sulla tematica del verde si sviluppa a partire dal 1967, quando viene modificata, attraverso la Legge Ponte (765/1967), la Legge Urbanistica Nazionale 1150 del 42. Essa si basava su 3 importanti obiettivi: tutti i comuni erano obbligati a redigere i PRG (in precedenza solo obbligatorio per le grandi città); ottenere la partecipazione dei privati alle spese di urbanizzazione; e poneva, inoltre, un freno allo sviluppo edilizio incontrollato.
In seguito nel '68 venne emanato il regolamento tecnico della legge 765/67 (N.G. Leone, 2004) tramite Decreto Ministeriale 1444/68 che stabiliva il dimensionamento delle aree per servizi.

Il decreto prevede:

a) "mq 4,50 di aree per l'istruzione: asili nido, scuole materne e scuole dell'obbligo";

b) "mq 2,00 di aree per attrezzature di interesse comune: religiose, culturali, sociali, assistenziali, sanitarie, amministrative, per pubblici servizi (uffici P.T., protezione civile, ecc.) ed altre";

c) "mq 9,00 di aree per spazi pubblici attrezzati a parco e per il gioco e lo sport, effettivamente utilizzabili per tali impianti con esclusione di fasce verdi lungo le strade";

d) “mq 2,50 di aree per parcheggi (in aggiunta alle superfici a parcheggio previste dall'art. 18 della legge n. 765. 17 della legge n. 765): tali aree - in casi speciali - potranno essere distribuite su diversi livelli”. (G.U, D.M, 1444/68, art.3)

La Legge Regionale Piemontese di Astengo (L.R.56/77) aumentava la quantità di verde prevista dal D.M da 9,00 mq a 12,5 mq per abitante. (L.r. n. 56 del 5 dicembre 1977)

Nel 2013 viene approvata la Legge 10/2013[18] “Norme per lo sviluppo degli spazi verdi urbani”.

Gli strumenti di settore, complementari e di supporto uno dell’altro, che ogni comune può adottare per la gestione del verde, sia urbano che periurbano sono:

- il Censimento del verde
- il Regolamento del verde
- il Piano del verde

Il Censimento Del Verde

“si pone come strumento conoscitivo irrinunciabile per la programmazione del servizio di manutenzione del verde, la corretta pianificazione di nuove aree verdi, la progettazione degli interventi di riqualificazione del patrimonio esistente, nonché per la stima degli investimenti economici.”

[18]Legge 10/2013. Linee guida per il governo sostenibile del verde urbano. Comitato per lo sviluppo del verde pubblico. MATTM, 2017

Il Regolamento Del Verde Pubblico E Privato

Finalità del Regolamento del Verde è garantire, in un'ottica di sostenibilità e di miglioramento dei servizi ecosistemici, efficacia funzionale alle singole piante e alle aree verdi pubbliche e private, sia nelle aree costruite sia in quelle rurali, riconoscendone il rilievo ambientale, paesaggistico, storico, culturale, sanitario e ricreativo

Il Piano Comunale Del Verde

Il Piano Comunale del Verde (PCdV) è lo strumento sovraordinato che, oltre a disegnare una visione strategica dell'assetto agro-selvi- colturale, urbano e peri-urbano della città, definisce i principi e fissa i criteri di indirizzo per la realizzazione di aree verdi pubbliche nell'arco della futura pianificazione urbanistica generale (art. 6, comma 1 lettera e della Legge 10/2013). Esso è una sorta di piano regolatore del verde, deputato a definire l'assetto futuro dell'infrastruttura verde e blu della città, al fine di rispondere alla domanda sociale e ambientale dei territori antropizzati, è redatto da un gruppo di progettazione costituito da professionisti abilitati, e viene approvato con apposita delibera del consiglio dall'amministrazione comunale.

2.7 PROGETTAZIONE DEL VERDE

Il Progetto del Verde è uno strumento operativo, si basa sulla riqualifica e sull'incremento di aree verdi, può interessare una sola parte del verde urbano comunale. La realizzazione dell'opera deve essere comunque realizzata in

conformità alla normativa e ai vincoli previsti all'interno del territorio, deve inoltre analizzare tutte le risorse presenti, che siano essi fisici, biologici e immateriali.
Deve perseguire un percorso di qualità che miri all' integrazione degli aspetti vegetazionali, paesaggistici, ecologici, ambientali, agronomici, economici e sociali, che garantiscano il raggiungimento delle finalità relative all'area di intervento.
Il progetto deve infine seguire criteri che assicurino coerenza progettuale, sostenibilità ambientale ed efficacia funzionale e deve contenere sia la relazione tecnica ed i relativi elaborati.

2.7.1 CRITERI PER LA REALIZZAZIONE DELLE AREE VERDI

- semplificazione della composizione delle aree: disposizione vialetti, disposizione delle superfici con arbusti, collocazione e tipologia degli arredi che ne faciliti la manutenzione e la pulizia, riduzione del numero degli ostacoli all'interno dell'area e attenzione della distanza tra gli stessi, valutazione delle pendenze delle scarpate, ecc.;
- progettazione orientata ad una bassa esigenza gestionale (naturalizzazione nel trattamento di cura;
- attenzione allo sviluppo a maturità del soggetto in funzione del luogo d'impianto per contenere interventi di potatura;
- durabilità dell'opera nel tempo;
- riduzione impiego energetico per la costruzione ed in fase di esercizio;
- uso di materiali ecocompatibili e materiali riciclati;
- filiera corta dei materiali con predilezione verso quelli di provenienza locale;

- progetto orientato al risparmio dell'acqua, sia nella scelta della composizione specifica che individuando opzioni di ricarico delle falde con l'acqua meteorica;
- riduzione della produzione dei rifiuti in fase realizzativa e gestionale;
- reinserimento di pratiche agronomiche abbandonate;
- orientamento alla connettività ecologica ed alla biodiversità, ad esempio agevolando composizioni vegetali miste rispetto a quelle in purezza, utilizzando specie che permettano l'alimentazione e il rifugio per insetti, uccelli e piccoli mammiferi e dell'avifauna.

2.8 PIANO NAZIONALE PER LA PREVENZIONE DEGLI EFFETTI DEL CALDO SULLA SALUTE

Il Piano Nazionale per la Prevenzione degli Effetti del Caldo sulla Salute nasce nel 2005 con la collaborazione del Centro Nazionale per la prevenzione e il controllo delle malattie (Ccm), ed è coordinato dal Centro di competenza nazionale Dipartimento di Epidemiologia SSR Regione Lazio (DEP Lazio) ad opera del Ministero della Salute. Esso ha come obiettivo di creare una rete interistituzionale e fornire linee operative per l'attivazione di un sistema centralizzato di previsione e prevenzione degli effetti del caldo sulla salute.

Il Piano Nazionale per la Prevenzione degli Effetti del Caldo sulla Salute è composto dalle seguenti parti:

Heat Health Watch Warning Systems (HHWWS), sistemi di allarme che, utilizzando le previsioni meteorologiche, riescono a prevedere con un anticipo fino a 72 ore, il verificarsi di condizioni climatiche avverse che mettono a rischio la salute della popolazione. I risultati vengono trasmessi attraverso un bollettino che contiene le previsioni meteorologiche con un sistema di allarme graduato (livello 0, 1, 2, 3) per consentire adeguati interventi sulla base del livello di rischio atteso.

Ogni giorno per la durante del periodo estivo, vengono prodotti i bollettini per 27 città (Ancona, Bari, Bologna, Bolzano, Brescia, Cagliari, Campobasso, Catania, Civitavecchia, Firenze, Frosinone, Genova, Latina, Messina, Milano, Napoli, Palermo, Perugia, Pescara, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Torino, Trieste, Venezia, Verona, Viterbo).

I bollettini sulle ondate di calore sono pubblicati sul Portale del Ministero della salute e vengono inviati per ad un centro di riferimento quale: Comune, Asl, centro locale della Protezione civile che si occupa della divulgazione del bollettino ai servizi inclusi nel piano di prevenzione.

Il Sistema di sorveglianza della mortalità giornaliera (SiSMG) il quale monitora, in tempo reale, i decessi giornalieri durante le 72 ore, della popolazione con età superiore ai 65 anni. I dati acquisiti, grazie alla collaborazione dell'ufficio Anagrafe dei Comuni, andranno a costituire un database con dati relativi ad ogni singolo anno.

Il Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale del Lazio in base al database della mortalità giornaliera ha il compito di monitorare, in tempo reale, l'impatto sulla salute della popolazione.

In alcune grandi città è attivo un Sistema di Sorveglianza di tutti gli accessi al Pronto Soccorso, che siano essi decessi e non, per registrare la tempestività di risposta dei servizi ospedalieri durante le ondate di calore. In base ai dati raccolti vengono prodotti rapporti stagionali e mensili sull'impatto che le ondate di calore hanno sulla salute.

Piani di prevenzione a livello locale: attraverso i piani di prevenzione locali il Ministero della Salute raccoglie le iniziative locali che le 34 città attueranno. Per fare ciò il Ministero, durante il periodo estivo, elabora un questionario che viene sottoposto ai referenti locali delle Regioni, delle ASL e dei Comuni

Lo scopo del questionario è quello di favorire lo scambio di conoscenze ed esperienze tra istituzioni e operatori sanitari, utile per la programmazione e la progettazione che abbiano come obiettivo quello di ridurre gli impatti negativi delle ondate di calore sugli abitanti.

Le linee guida per la prevenzione degli effetti del caldo sulla salute: sono periodicamente aggiornate e contengono:

- una sintesi delle evidenze disponibili sui fattori di rischio associati al caldo e alle ondate di calore e sugli interventi di prevenzione;
- modelli e strumenti, basati sulle prove scientifiche disponibili, per l'implementazione di piani locali di prevenzione per gli effetti del caldo in

ambito sanitario differenziati per livello di rischio e del livello di suscettibilità della popolazione.

Raccomandazioni specifiche sono state definite per diversi sottogruppi di popolazione più a rischio.

Identificazione dei sottogruppi di popolazione a rischio per gli effetti del caldo ("suscettibili"). Alcuni studi effettuati da epidemiologici hanno individuato la presenza di alcuni sottogruppi di popolazione più soggette agli effetti negativi delle ondate di calore. Grazie ai servizi sanitari delle Asl e quelli socioassistenziali del comune viene resa disponibile una anagrafe delle persone più esposte, identificate con le categorie di soggetti affetti da diversi disturbi come ad esempio patologie invalidanti, persone a cui è fornita assistenza domiciliare e ambulatoriale o aventi patologie pregresse, affinché le risorse disponibili e le misure di prevenzione siano rivolte a questa fascia più debole della popolazione.[19]

[19] Ministero della Salute, "*Piano nazionale per la prevenzione degli effetti del caldo sulla salute*" http://www.salute.gov.it/portale/caldo/dettaglioContenutiCaldo.jsp?lingua=italiano&id=408&area=emergenzaCaldo&menu=vuoto

3 LE ONDATE DI CALORE IN TORINO ESTATE 2017

La scelta dell'argomento sviluppato nella tesi nasce dal lavoro svolto durante il tirocinio curriculare presso gli Uffici della Regione Piemonte, durante il quale oggetto di studio sono state le ondate di calore che hanno colpito la città di Torino negli ultimi decenni. Sono stati analizzati i Rapporti prodotti annualmente dall'Arpa Piemonte, questi rientrano nella normativa del Piano Nazionale per la prevenzione degli effetti del caldo sulla salute, l'analisi dei bollettini ha permesso di individuare l'estate del 2017 come la più calda degli ultimi 30 anni. Tutto il periodo estivo del 2017 si è caratterizzato sin dal suo inizio per le elevate temperature che hanno influito sulla salute dei cittadini torinesi, soprattutto dei soggetti più fragili.

3.2 IL BOLLETTINO

Lo strumento fondamentale per l'individuazione dei giorni più critici in cui si sono manifestate anomalie termiche e quindi delle ondate di calore, è il bollettino emesso dall'Arpa Piemonte quotidianamente durante i mesi estivi.
Esso riporta nella parte superiore un grafico che evidenzia la temperatura massima e la temperatura minima registrata negli ultimi dieci giorni e quella prevista per i seguenti tre giorni.
Nella parte sottostante vi è una finestra relativa al meteo che elenca il tipo di caldo (secco, afoso, torrido, asfissiante, opprimente e da colpo di calore), la temperatura

massima, l'umidità media giornaliera, temperatura percepita massima e minima, il massimo ozono orario, il livello di ozono giornaliero e i giorni consecutivi di caldo. Questi valori pervenuti sono utilizzati per definite l'indice sintetico da stress da calore (Heat Stress Index) costituito da valori numerici che sono classificati come: basso da 0 a 6.9; medio da 7 a 8.9; alto da 9 a 9.5 ed estremo, maggiore di 9.5. Abbiamo inoltre l'indicatore del disagio bioclimatico estivo, classificato in: fresco, caldo, molto caldo o estremo caldo.

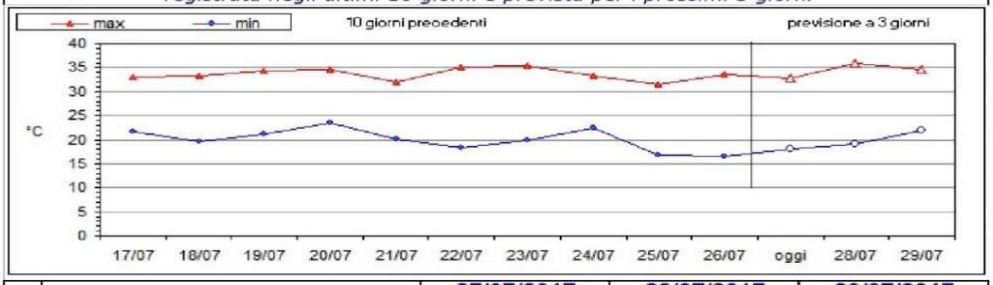
Nell'ultima parte, infine, vengono riportati i livelli di rischio con la seguente valutazione: 0 nessun allarme, non sono previste condizioni critiche; con il valore 1 vengono indicate le condizioni metereologiche sfavorevoli; il livello 2 fa riferimento a condizioni metereologiche estreme; mentre con il livello 3 il rischio allarme si protrae per due giorni consecutivi. (Fig.4)

Città di Torino
Previsione Ondate di Calore

REGIONE PIEMONTE
Direzione Sanità

Emissione: ore 13 del 27/07/2017

Temperatura percepita massima (Δ) e minima (◊) registrata negli ultimi 10 giorni e prevista per i prossimi 3 giorni



METEO	27/07/2017	28/07/2017	29/07/2017
Tipo di caldo	-	-	torrido
Temperatura massima (°C)	33	35	34
Umidità media giornaliera (%)	37	50	59
Temperatura percepita massima (°C)	33	36	35
Temperatura percepita minima (°C)	18	19	22
Massimo ozono orario (µg/m³)	n.d.	n.d.	n.d.
Livello Ozono giornaliero *(da 0 a 3)*	1	1	1
Giorni consecutivi di caldo	0	1	2
Indice sintetico stress da calore Heat Stress Index (0-10)	2.2	6.2	8.4
Disagio bioclimatico estivo	FRESCO	FRESCO	CALDO

SALUTE	27/07/2017	28/07/2017	29/07/2017
Eccesso di eventi sanitari	BASSO	BASSO	MEDIO

LIVELLI RISCHIO	27/07/2017	28/07/2017	29/07/2017
	Nessun Allarme	Attenzione	Attenzione
	0	1	1

LEGENDA					
Tipi di caldo possibili	Secco, afoso, torrido, asfissiante, opprimente, da colpo di calore				
Giorni consecutivi di caldo	Numero di giorni consecutivi con temperatura percepita massima > valore climatologico di una deviazione standard				
Heat Stress Index (0-10)	Indice sintetico per la misura dello stress da calore relativo al clima di Torino del periodo	0 - 6.9 basso	7 - 8.9 medio	9 - 9.5 alto	> 9.5 estremo

LIVELLI DI RISCHIO	
Nessun allarme	Non sono previste condizioni critiche
Attenzione	Condizioni meteorologiche sfavorevoli, e/o eventi sanitari in eccesso (+30% rispetto agli attesi)
Allarme	Condizioni meteorologiche estreme, e/o eventi sanitari in eccesso (+100% rispetto agli attesi)
Emergenza	Livello di rischio "ALLARME" per più di 2 giorni consecutivi
Tipi di rischio	previste condizioni di caldo, molto caldo o estremo caldo — previsto eccesso di eventi sanitari

Livelli Ozono: *(www.arpa.piemonte.it/bollettini/bollettino_ozono.pdf)*

0	concentrazione <110 µg/m³ per otto ore e <180 µg/m³ nell'ora; non sono necessarie particolari raccomandazioni.
1	concentrazione >110 µg/m³ per otto ore oppure >180 µg/m³ nell'ora. Soggetti sensibili o a rischio devono evitare attività fisica anche moderata all'aperto, in particolare nelle ore più calde e di massima insolazione.
2	concentrazione >140 µg/m³ per otto ore oppure >240 µg/m³ nell'ora. Soggetti sensibili o a rischio devono evitare qualsiasi attività fisica all'aperto. Soggetti mediamente sensibili devono evitare attività fisica intensa. Per i soggetti sani, è consigliabile evitare attività fisica.
3	concentrazione >220 µg/m³ per otto ore oppure >360 µg/m³ nell'ora. Soggetti sensibili o a rischio devono evitare di uscire di casa e di svolgere qualsiasi attività fisica all'aperto. Stop all'attività fisica moderata per soggetti mediamente sensibili. Per tutti è consigliabile evitare attività fisica.

Il Bollettino è valido anche per i comuni di: BEINASCO, BORGARO TORINESE, COLLEGNO, GRUGLIASCO, MONCALIERI, NICHELINO, ORBASSANO, RIVALTA DI TORINO, RIVOLI, SAN MAURO TORINESE, SETTIMO TORINESE e VENARIA REALE.

TORINO METROPOLI

Figura 4- Bollettino ondata di calore Arpa Piemonte Luglio 2017 (http://www.arpa.piemonte.it/bollettini/elenco-bollettini-1/bollettino_calore_comune_torino.pdf/at_download/file)

3.2.1 RAPPORTO ARPA

Dalle informazioni contenute nel Rapporto Arpa Piemonte 2017[20]. possiamo conoscere l'andamento delle condizioni metereologiche, le temperature e i casi di decessi nei mesi di giugno, luglio e agosto. Nello specifico il Rapporto ci dice che in Piemonte la temperatura del mese di Giugno 2017 è stata superiore di 3.7°C rispetto alla media delle temperature degli anni 1971-2000, risultando il secondo mese più caldo nella distribuzione storica delle ultime 60 stagioni estive. A Torino sono stati registrati 3.7°C in più della media 1991-2015. Il mese di Luglio 2017 è stato il 13° mese di Luglio più caldo degli ultimi 60 anni, con un'anomalia termica positiva di 1.4°C , facendo registrare a Torino una anomalia positiva di 2.0°C in confronto alla norma del periodo 1991-2015.Anche il mese di Agosto ha riportato, misurazioni delle temperature più elevate rispetto ai massimi storici, risultando il secondo mese di Agosto più caldo dopo quello del 2003.Analizzando la registrazione dei decessi, nel periodo estivo preso in esame, in tutto il territorio Piemontese vengono annotati 4015 decessi, solo in Torino i dati parlano di 2724 casi che corrisponde al 67% del totale regionale

L'89% dei casi di decesso interessano gli ultrasessantacinquenni, di cui gli over 75 sono il 77%;

[20]Rapporto ARPA Piemonte 2017 http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/ambiente-e-salute/prevenzione-e-previsione-dei-rischi-sanitari/monitoraggio-ondate-di-calore/CaldoRelazionefinale2017regione.pdf

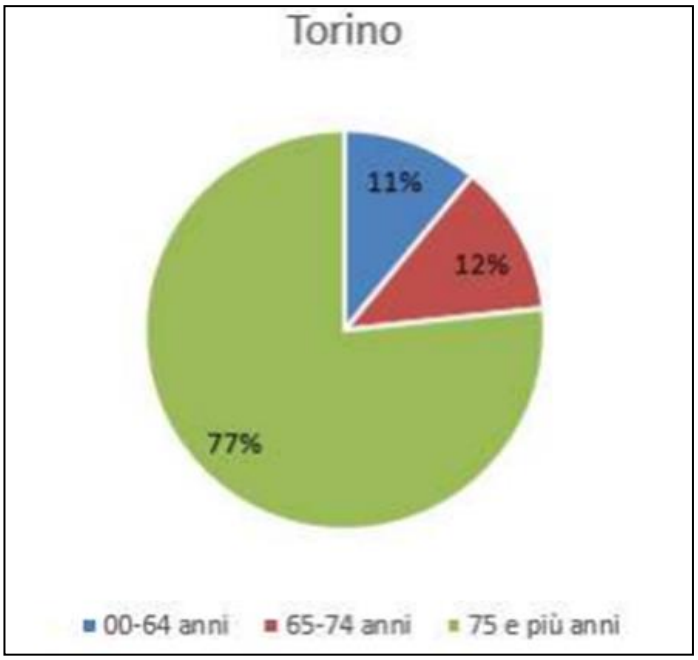


Figura 5 Mortalità in Torino durante l'estate 2017 (http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/ambiente-e-salute/prevenzione-e-previsione-dei-rischi-sanitari/monitoraggio-ondate-di-calore/CaldoRelazionefinale2017regione.pdf)

Il maggior numeri di decessi si è registrato il 06 agosto, cioè in coincidenza con la quarta ondata di calore, evidenziando una stretta correlazione tra l'andamento della mortalità e le variazioni degli indici termici, infatti i dati mostrano che la presenza delle ondate di calore, ha fatto registrare 71 decessi in più tra la popolazione della città di Torino, rispetto ai periodi dove le ondate di calore erano inesistenti, mettendo in stretta correlazione mortalità e ondate di calore

In definitiva possiamo dire che per tutta la stagione estiva del 2017 le temperature sono rimaste al di sopra dei valori climatologici di riferimento, e che il numero di giorni tropicali e di notti tropicali**,** è sempre stato al di sopra della media del periodo di riferimento**.** Per giorno tropicale si intende il giorno in cui la temperatura massima dell'aria è maggiore di 30°C; mentre la notte tropicale indica il giorno in cui la temperatura minima dell'aria è maggiore di 20°C.

	Giorni tropicali		Notti tropicali	
	1991_2015	2017	1991_2015	2017
NO	29,0	80	3,4	15
TO	41,7	77	17,0	24
VB	34,2	60	16,9	30
VC	44,3	66	7,7	10

Figura 6 - Totaledelle notti e giorni tropicale dell'estate 2017 in rapporto con le estati del trand 1991-2015 (http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/ambiente-e-salute/prevenzione-e-previsione-dei-rischi-sanitari/monitoraggio-ondate-di-calore/CaldoRelazionefinale2017regione.pdf)

Dopo aver riportato la percentuale di mortalità e il numero di giorni e notti tropicali, decisamente maggiore rispetto al trend del periodo di riferimento 1991-2015, il Rapporto Arpa ha individuato, ciò che caratterizza maggiormente l'estate del 2017del capoluogo Piemontese,centrale nello sviluppo del lavoro di tesi, cioè la presenza di ben 4 ondate di calore,registrate dalla prima metà di giugno sino alla prima settimana di agosto, come sotto elencate:

I- prima ondata: dal 13 al 18 giugno

II- seconda ondata: dal 21 al 27 giugno

III- terza ondata: dal 06 al 10 luglio

IV- quarta ondata: dal 31 luglio al 07 agosto

4 APPROFONDIMENTO ANALISI SATELLITARE E TELERILEVAMENTO

Una delle primissime analisi, per quanto riguarda il fenomeno delle ondate di calore che hanno interessato Torino nel lasso di tempo che va dal 31 luglio al 7 agosto, per la precisione si è preso in esame il giorno 4 agosto, riguarda la Land Surface Temperature (LST)[21], che è un indice che misura l'effettiva temperatura del territorio di Torino. Le temperature sono differenti da un'area all'altra all'interno dello stesso territorio comunale, in quanto le caratteristiche termiche della superficie risultano eterogenee per tutto il territorio poiché sono legate: al calore rilasciato dalle attività antropiche, alla variazione dell'uso del suolo e all'evapotraspirazione.

Proprio a causa di questa eterogeneità delle aree non è facile stimare una temperatura univoca per tutta l'area presa in considerazione, utilizzeremo così i satelliti del telerilevamento, i quali riescono ad osservare dall'atmosfera tutto il suolo, determinandone il calore prodotto sulla superficie terrestre.

Vi sono molti satelliti e sensori utilizzati per calcolare la LST, tra cui i LANDSAT, di cui parleremo in seguito.

Il telerilevamento è uno strumento in grado di ottenere informazioni su oggetti e superfici posti a distanza, grazie alla raccolta e all'analisi di dati ottenuti attraverso un sensore che interagisce con gli oggetti osservati. Le piattaforme utilizzate

[21] ESA "Land Surface Temperature (LST)" https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-3-slstr/overview/geophysical-measurements/land-surface-temperature

possono essere satelliti, sonde spaziali, aerei, droni, che forniscono foto e dati numerici.

Le informazioni ottenute dal telerilevamento vengono utilizzate per il monitoraggio dell'ambiente.[22]

L'utilizzo ufficiale dei sensori nello spazio ebbe, inizio durante la Seconda Guerra Mondiale, con la dotazione di una macchina fotografica automatica a bordo dei missili tedeschi V-2 lanciati dalle White Sands, NM. Successivamente con il lancio dello Sputnik, primo satellite artificiale mandato in orbita intorno alla Terra nel 1957, fu possibile il montaggio di macchine da ripresa su navicelle in orbita. I primi cosmonauti e astronauti documentavano attraverso le riprese dallo spazio la circumnavigazione della Terra. Negli anni sessanta, sensori furono istallati su satelliti metereologici. In seguito il telerilevamento raggiunge un maggiore perfezionamento con sistemi operativi per l'acquisizione di immagini sulla Terra con una certa periodicità, con strumenti a bordo dello Skylab (e più tardi dello Space Shuttle) e su Landsat, il primo satellite dedicato al monitoraggio di terre e oceani allo scopo di mappare risorse culturali e naturali.[23]

[22] Telerilevamento https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_IT/SEMD6RZRA0G_0.html

[23] Storia del telerilevamento (https://www.planetek.it/formazione/manuali_on_line/corso_di_telerilevamento_on_line/2_breve_storia_del_telerilevamento) licenza CC BY-ND 4.0 IT

4.1 LANDSAT 8

Landsat sono una serie di satelliti utilizzati dal 1972per il telerilevamento, raccolgono immagini e dati dalla superficie terrestre. I dati da loro acquisiti nel corso degli anni, sono stati usati per studiare l'ambiente, le risorse, e i cambiamenti naturali e artificiali avvenuti sulla superficie della Terra.
Il primo satellite denominato LANDSAT 1, è stato lanciato nel 1972 ad un'altezza di 910 km, a bordo del satellite vi era il sensore MSS (Multi Spectral Scanner) con una risoluzione spaziale di 79 metri, che registrava lo spettro della luce in 4 bande spettrali. Nel 1982, venne lanciato il LANDSAT 4 ad un'altezza di 705 km, mantenendo però sempre un'orbita polare, il sensore qui utilizzato è il TM (Thematic Mapper), con una risoluzione spaziale tra i 30 e i 120 metri, nel LANDSAT 4 le bande spettrali da 4, passano a 7. Dopo l'insuccesso del LANDSAT 6, perso al lancio nel 1993, viene lanciato in orbita nel 1999 il satellite LANDSAT 7 ad un'altezza di 705 km, è dotato del sensore ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus), capace di una risoluzione spaziale variabile tra i 15/ 30 e 60 metri, che utilizza 8 bande spettrali, 7 per raccogliere energia riflessa e una 1 per l'energia emessa.
Infine l'ultimo lanciato, il quale utilizzerò per acquisire le immagini satellitari dell'area di Torino, è il LANDSAT 8, lanciato in orbita l'11 febbraio 2013, ad un'altitudine di 705km, con un'orbita polare. Il satellite percorre un'orbita in circa 99 minuti, completa oltre 14 orbite al giorno con intervalli di acquisizione regolari di 16 giorni.

Nel LANDSAT 8 sono presenti i sensori OLI, in grado di acquisire una ulteriore banda prima del blu (per lo studio degli ambienti lacustri e costieri) ed una banda 9 per lo studio della nuvolosità, e TIR con due bande nell'infrarosso termico, arrivando ad avere ben 11 bande.

Per banda si intende l'intervallo di lunghezza d'onda (λ) della riflessione/emissione di radiazioni, sia in luce visibile che nell'infrarosso, misurate dai sistemi multi spettrali del Landsat.

Maggiore è il numero di bande, maggiore è la possibilità di riconoscere differenze nella riflettanza e quindi distinguere aree diverse e riconoscere il tipo di superficie[24].

[24]U.S.G.S.Landsat Bande https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites?qt-news_science_products=0#qt-news_science_product)

Landsat 8-9 Operational Land Imager (OLI) e sensore a infrarossi termici (TIRS)

bande	lunghezza d'onda (micrometri)	Risoluzione (metri)
Banda 1 - Aerosol costiero	0,43-0,45	30
Banda 2 - Blu	0,45-0,51	30
Banda 3 - Verde	0,53-0,59	30
Banda 4 - Rossa	0,64-0,67	30
Banda 5 - Near Infrared (NIR)	0,85-0,88	30
Banda 6 - SWIR 1	1,57-1,65	30
Banda 7 - SWIR 2	2,11-2,29	30
Band 8 - Panchromatic	0,50-0,68	15
Banda 9 - Cirrus	1,36-1,38	30
Banda 10 - Infrarosso termico (TIRS) 1	10,6-11,19	100
Banda 11 - Infrarosso termico (TIRS) 2	11,50-12,51	100

Figura 7 - Elenco bande del Landsat 8 (https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products)

Come detto precedentemente le bande presenti nel LANDSAT8 sono 11.

La banda 1 ricopre nello spettro la zona del blu e del violetto, tale banda viene chiamata anche banda costiera/aerosol. Questa banda si basa sulla trasmissione di immagini che rilevano l'acqua limpida ed è dunque adatta allo studio della trasparenza dell'acqua e all'identificazione di particelle fini come polvere o fumo. Questa banda è anche utilizzata per osservare il comportamento di alcuni dei pigmenti fotosintetici. La banda 2, è denominata normal blu, dove il dettaglio rispetto alla costiera/aerosol è maggiore.

Il rapporto tra le bande 1 e 2 fornisce importanti informazioni sulle acque; ad esempio dà indicazioni sui materiali organici disciolti e sulla presenza di plancton in un corpo idrico. La banda 3, ricopre nello spettro la zona del verde e permette di risalire al vigore della vegetazione.

La banda 4 con intervallo tra 0,63 - 0,69 µm, ricopre nello spettro la zona del rosso, è la banda con la diffusione atmosferica più bassa, per questo è un importante riferimento per controlli geometrici. In questo intervallo di lunghezze d'onda è possibile separare in maniera molto precisa le zone vegetate dai suoli scoperti.

La banda 5, Near Infrared o NIR. Questa parte dello spettro è particolarmente importante per l'ecologia. Messo in relazione con altre bande, ricaviamo alcuni indici fondamentali come ad esempio NDVI, (Normalized Difference Vegetation Index) che è un indice di vegetazione normalizzato il quale fornisce la presenza di vegetazione sulla superficie terrestre, di esso parleremo più approfonditamente nelle pagine successive.

Le bande 6 e 7 coprono diverse sezioni dell'infrarosso ad onde corte o SWIR, precisamente SWIR 1 per la banda 6 e SWIR 2 per la banda 7, molto utili in campo geologico. Lo SWIR permette di distinguere con diversi colori, terreni e rocce che in altre barre vengono indicate, spesso, con un unico colore.

La banda 8, Panchromatic o Pan, questo sensore riesce a vedere più luci contemporaneamente, l'immagine acquisita risulta essere quella con nitidezza maggiore, rispetto alle immagini delle altre bande, con una risoluzione che arriva sino ai 15 metri

La banda 9, Cirrus , copre una fetta molto sottile di lunghezza d'onda, il terreno è appena visibile in questa banda, tutto ciò che appare chiaramente al suo interno deve riflettere molto brillantemente e / o essere al di sopra della maggior parte

dell'atmosfera, è progettato appositamente per l'individuazione dei cirri, In meteorologia, il cirro è un tipo di nube presente nell'alta troposfera.
Le bande 10 e 11 sono nell'infrarosso termico, sono composti dai nuovi sensori OLI (Operational Land Imager) e TIRS (Thermal Infrared Sensor), che garantiranno prestazioni e qualità di ripresa superiori. Invece di misurare la temperatura dell'aria, come fanno le stazioni meteorologiche, riportano la temperatura del terreno con una risoluzione di 100 m. (https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/landsat-8-bands/)
Esse sono le bande con cui lavoreremo per riuscire a stabilire le temperature della città di Torino durante l'ondata di calore del 4 agosto del 2017

4.2 REPERIMENTO DELLE IMMAGINI

Una delle caratteristiche del Landsat è che i dati raccolti sono disponibili gratuitamente online. Uno dei siti con cui si accede ai dati acquisiti dai satelliti Landsat è il sito https://glovis.usgs.gov/ relativo all'USGS (United States Geological Survey), che è un'agenzia scientifica statunitense, fondata da Clarence King nel marzo del 1879, che si occupa di studiare il territorio, le sue risorse naturali e i rischi naturali che lo minacciano. L'organismo si suddivide in dipartimenti che si occupano di quattro importanti discipline scientifiche quali biologia, geografia, geologia e idrologia; è un'agenzia operativa che esegue ricerche sui fatti oggettivi che riguardano l'ambiente.[25]

[25]Landsat Data Access https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-data-access?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con

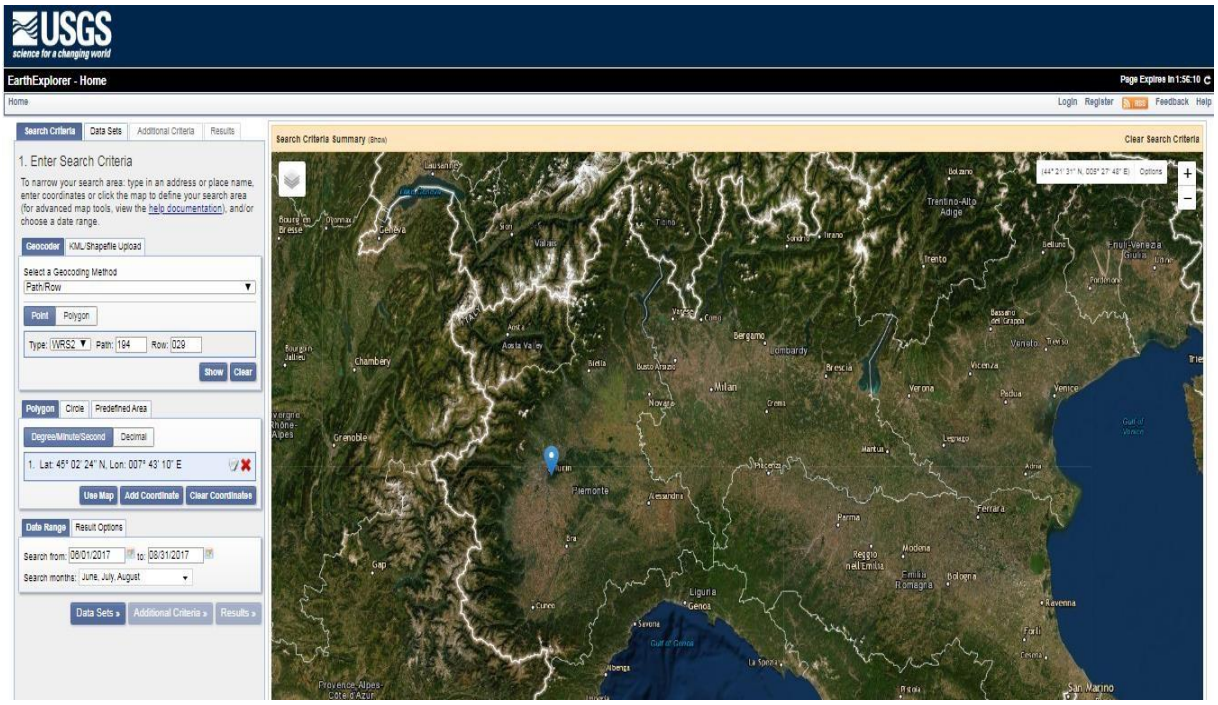


Figura 8 - Sito USGS (EarthExplorer) per il reperimento delle immagini (https://earthexplorer.usgs.gov/)

Aprendo il sito dell'agenzia appare l'immagine sopra riportata. (Fig.7)

Nella finestra a destra, vengono inseriti i dati relativi all'area torinese.

Nel primo riquadro viene selezionato il metodo di selezione; nella casella Path inseriremo il numero 194, mentre in Row 029, la ricerca individuerà un punto, il punto indicato cadrà all'interno del capoluogo Piemontese che sarà automaticamente contraddistinto dalle relative coordinate della Latitudine e Longitudine. Nell'ultima casella della finestra verrà indicato il periodo utile ai fini dell'analisi, come detto in precedenza, le ondate di calore che investono Torino durante l'estate del 2017 sono ben 4, e si manifestano tra il mese di giugno e quello di agosto; quindi il nostro Date Range per la ricerca delle immagini, andrà dal 1/06/2017 al 31/08/2017. Il processore fornirà un set di immagini, tra le quali si scaricherà quella che più apparirà nitida, cioè priva di nebulosità. Tra le varie immagini ottenute si sceglierà secondo il criterio sopracitato, quella del 4 agosto

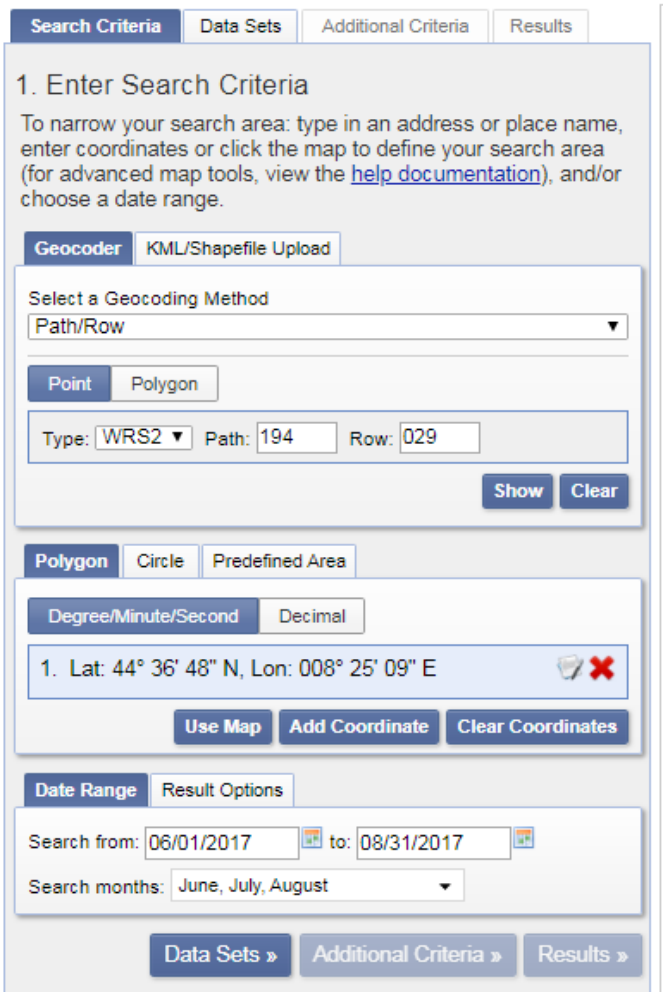


Figura 9 - Zoom criterio di ricerca immagine (https://earthexplorer.usgs.gov/)

del 2017. Che verrà utilizzata per le varie elaborazioni tramite il software Quantum Gis.

Figura 10 Restituzione immagine satellitare Landsat 8 (https://earthexplorer.usgs.gov/)

4.3 MAPPATURA TERMICA

Lo step successivo è la creazione della mappa del termico, questa sarà creata tramite l'inserimento dell'immagine ottenuta dal satellite all'interno del software QGis, dove attraverso il pannello dei layers, si lavorerà sulla barra 10, che come detto in precedenza nella descrizione delle bande del Landsat 8, è quella utilizzata per il termico.

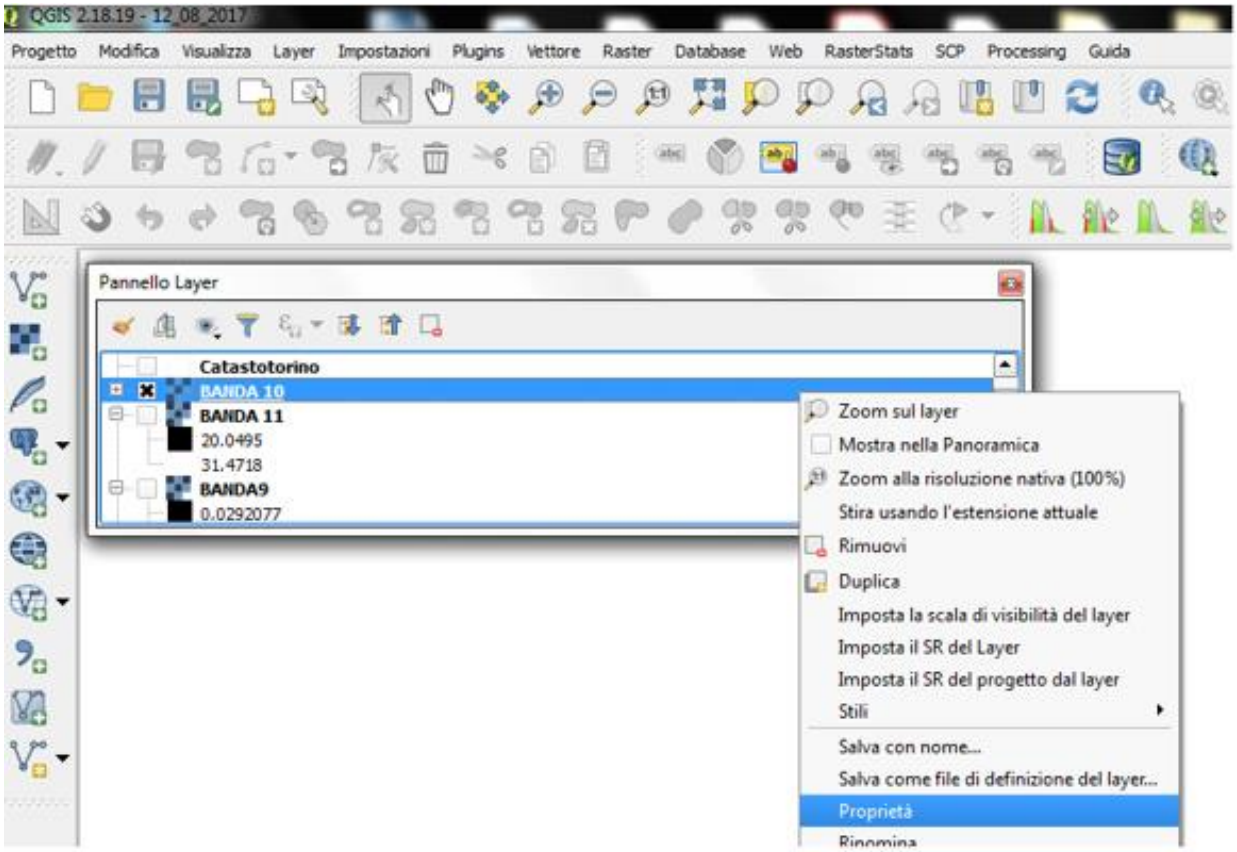


Figura 11 - inserimento ed elaborazione delle immagini satellitari tramite il software QGis

Con il tasto destro del mouse si aprirà un menù a tendina che riporta la voce proprietà, cliccando su proprietà si aprirà una nuova finestra, selezionando l'opzione stili è possibile suddividere in intervalli uguali il range di temperature variabili da una minima di 21,9 C° ad una massima di 34,4 C°, suddivise in 10 classi, dove il colore blu indicherà le aree con una temperatura più fresca e il rosso le aree con temperature più elevate. (Fig.12)

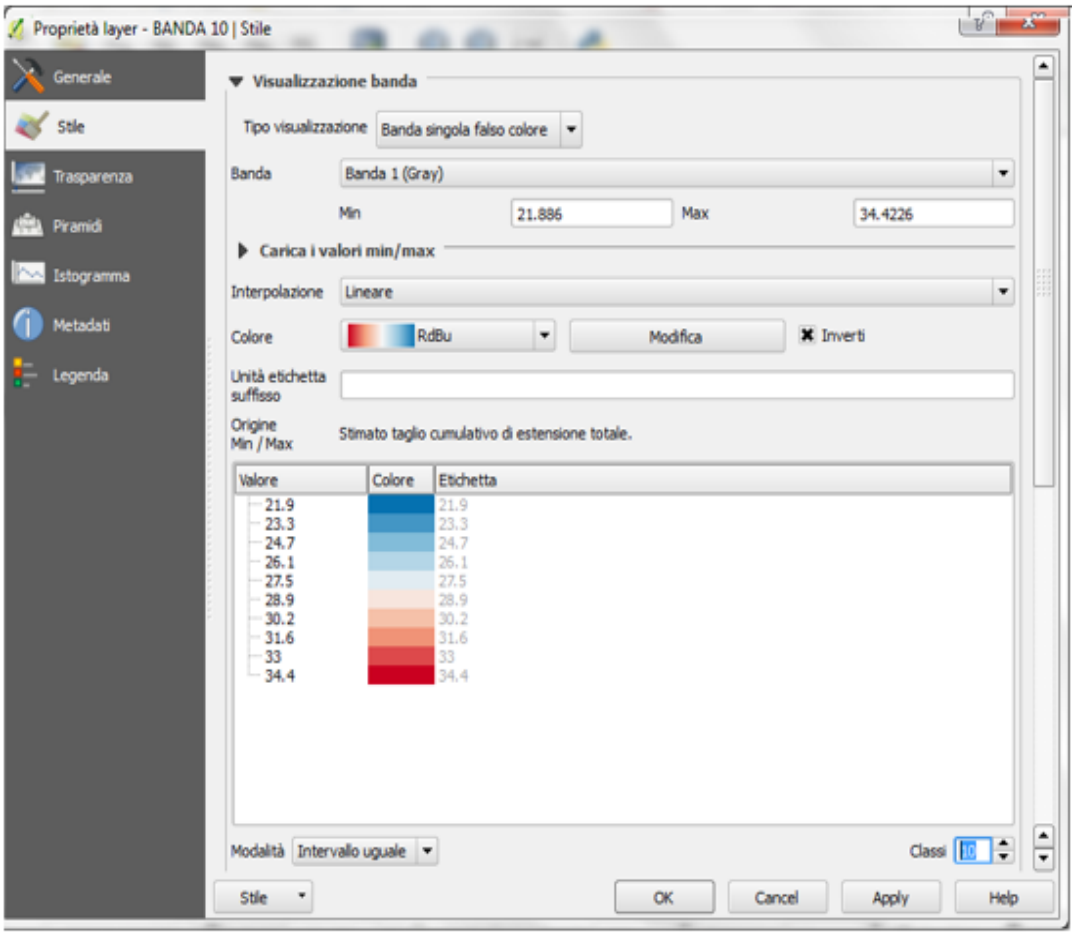


Figura 12 - Metodo di colorazione graduale della mappa del TERMICO in base alle temperature registrate in Torino il giorno 4/09/2917 tramite QGIS – Elaborazione Propria

Infine verrà elaborata l'immagine relativa alle temperature della superficie del comune di Torino. (Fig.13)

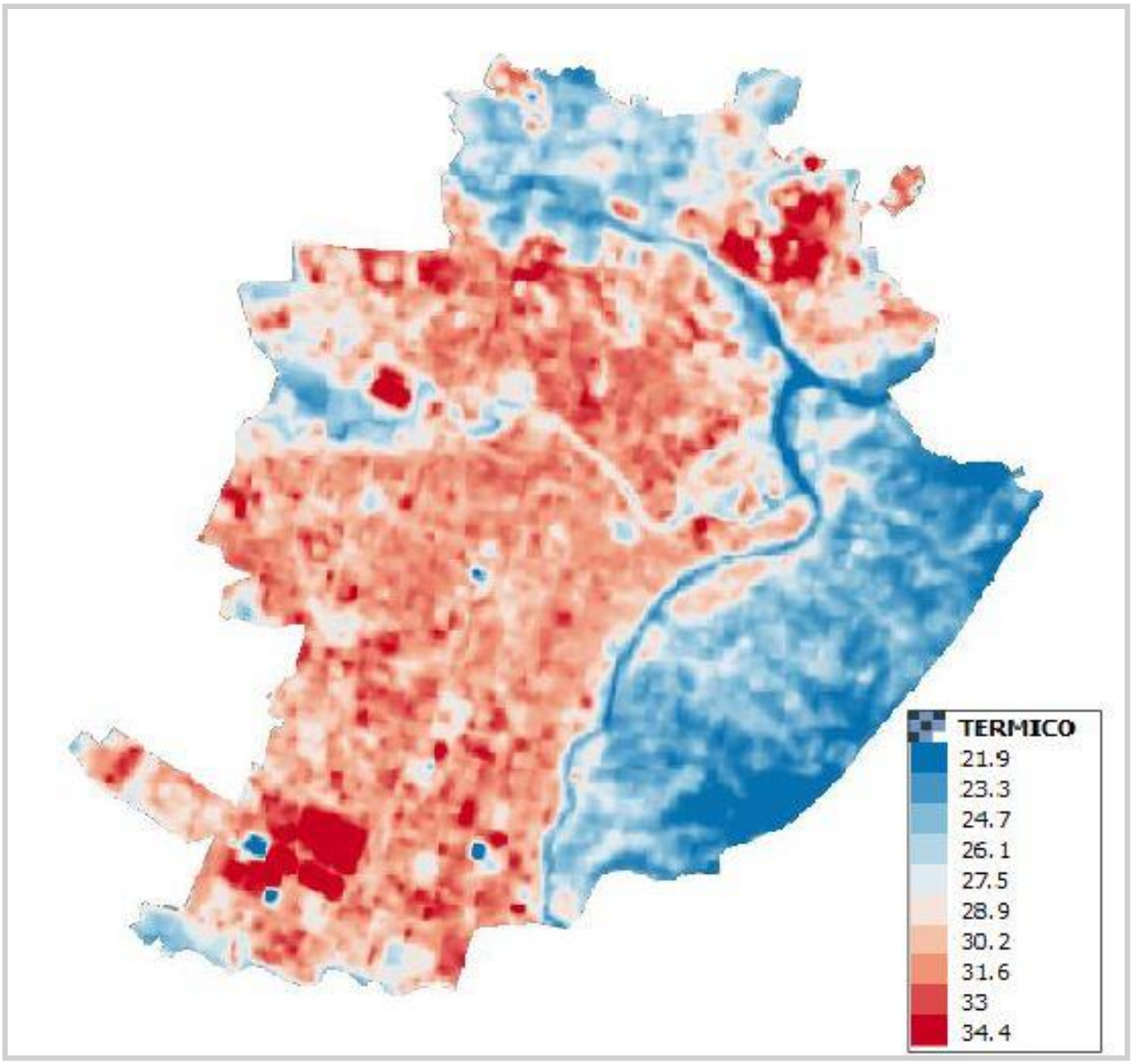


Figura 13- Mappa Termico Qgis - Elaborazione propria

Per comprendere meglio il motivo della disomogeneità di colore presenti nell'immagine, si è sovrapposto alla mappa termica (Fig.13), precedentemente creata tramite QGis, lo shape file fornito dalla Regione Piemonte, che mette in risalto gli elementi del PRG, creando la mappa rappresentata a destra nell'immagine sottostante(Fig.14).Dal confronto si evidenzia che le aree in varie tonalità di blu occupate dai parchi pubblici come il Parco della Pellerina, il Parco del Valentino, la Riserva Naturale del Masino o lungo il fiume Po hanno delle temperature inferiori, rispetto alle aree occupate dal costruito, siano esse strade o

edifici, in cui le chiazze hanno un colore rosso più intenso. Tra le aree di colore rosso intenso notiamo, l'area del quartiere Mirafiori sud dove vi è la fabbrica automobilistica della FIAT Crysler, l'area della stazione Porta Nuova, e l'area del Politecnico dove risiede la centrale Iren, ma come si può osservare tutta la città di Torino è immersa in una chiazza rossa che coincide con l'urbanizzato.

Tale confronto conferma come le aree con maggiore temperatura coincidono con le aree urbanizzate della città, mentre le aree in blu corrispondono alle aree verdi dei parchi pubblici. Come si può rilevare dalla mappa a sinistra (Fig.14) le aree campite con varie intensità di rosso, indicano quelle parti di suolo che hanno temperature elevate, che vanno da un minimo di 28.9 °C sino ad un massimo di 34.4°C; mentre le aree campite dalle varie intensità di blu indicano quelle aree del suolo più fresche, con temperature che variano dal 27.5°C al 21.9 °C. La differenza di temperatura è determinata dalla tipologia delle superfici, le aree rosse infatti si riferiscono a suoli maggiormente urbanizzati come le superfici asfaltate oppure siamo in presenza di suoli cementati che assorbono e trattengono maggior calore, quindi si presentano con un colore rosso scuro.

Le aree in blu rappresentano le zone di suolo che permettono l'adeguata traspirazione ed evaporazione del suolo come ad esempio: le aree rurali, le zone con alta vegetazione e anche le zone umide, che tendono ad abbassare le temperature urbane.

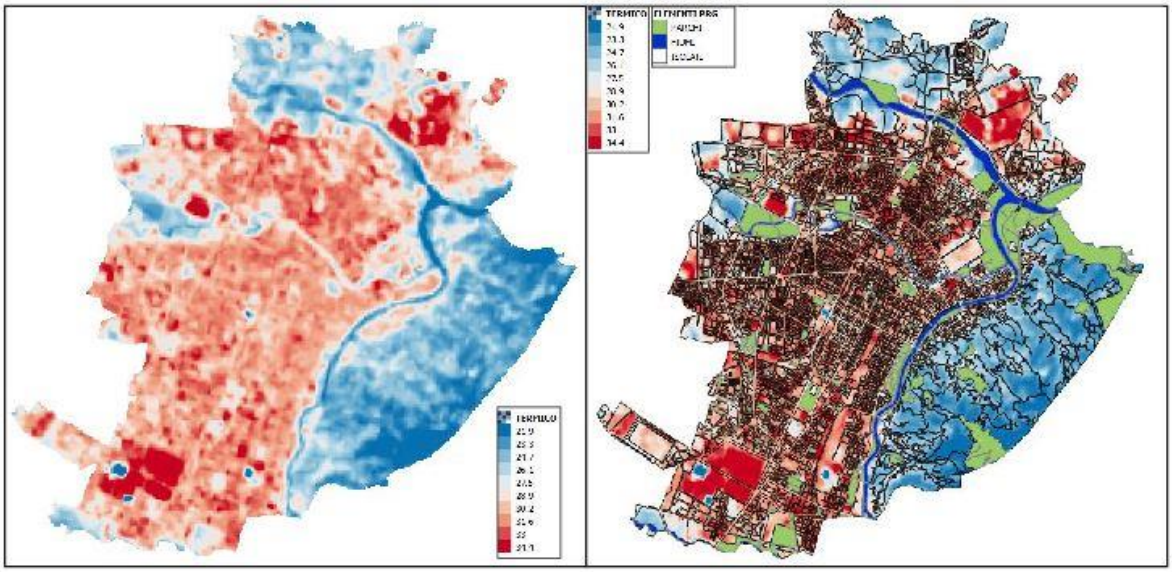


Figura 14 - Confronto Mappa Termico e Mappa termico con sovrapposizione elementi PRG - Elaborazione propria

Dalla elaborazione di queste due mappe, si evince che le aree con una connotazione verde e le aree umide riescono, all'interno della città di Torino, anche se durante l'estate e in piena ondata di calore, ad abbassare le temperature sino a 10 gradi.

4.4. MAPPATURA NDVI

Dopo avere analizzato la Land Surface Temperature (LST) attraverso la creazione della mappa del termico, si è passato al calcolo e all'elaborazione della mappa dell'NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

L'indice di vegetazione di differenza normalizzato è il principale indicatore da satellite della presenza della vegetazione sulla superficie terrestre, in cui c'è assorbimento da parte della clorofilla e quello del vicino infrarosso in cui le foglie riflettono la luce per evitare il surriscaldamento, valutandone quindi l'attività fotosintetica. I valori dell'indice sono specificatamente compresi tra -1 e +1.

$$NDVI = \frac{\rho_{nir} - \rho_{red}}{\rho_{nir} + \rho_{red}}$$

ρ_{red} = BANDA 4(Red) del LANDSAT – 8

ρ_{nir} = BANDA 5(Nir) del LANDSAT – 8[26]

Sempre dall'immagine satellitare caricata su QGis viene calcolato l'indice NDVI tramite il comando Raster Calculator, che si trova sotto la voce Raster della Barra Menù

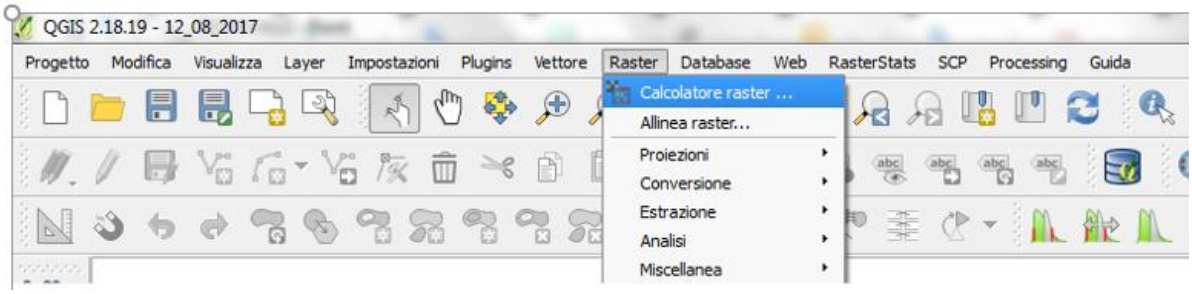


Figura 15 - Elaborazione propria tramite QGis

Cliccando sull'opzione Calcolatore Raster si aprirà una finestra dove è possibili inserire la formula, precedentemente espressa del NDVI, lavorando dunque sulla banda 4 e sulla banda 5 dell'immagine satellitare

[26] S.Kaspersen, R.Fensholt e M. Drews "*Using Landsat Vegetation Indices to Estimate Impervious Surface Fractions for European Cities" in "Remote sensing" ISSN 2072 – 4292, 2015*, p.8224 - 8246 (www.mdpi.com/journal/remotesensing)

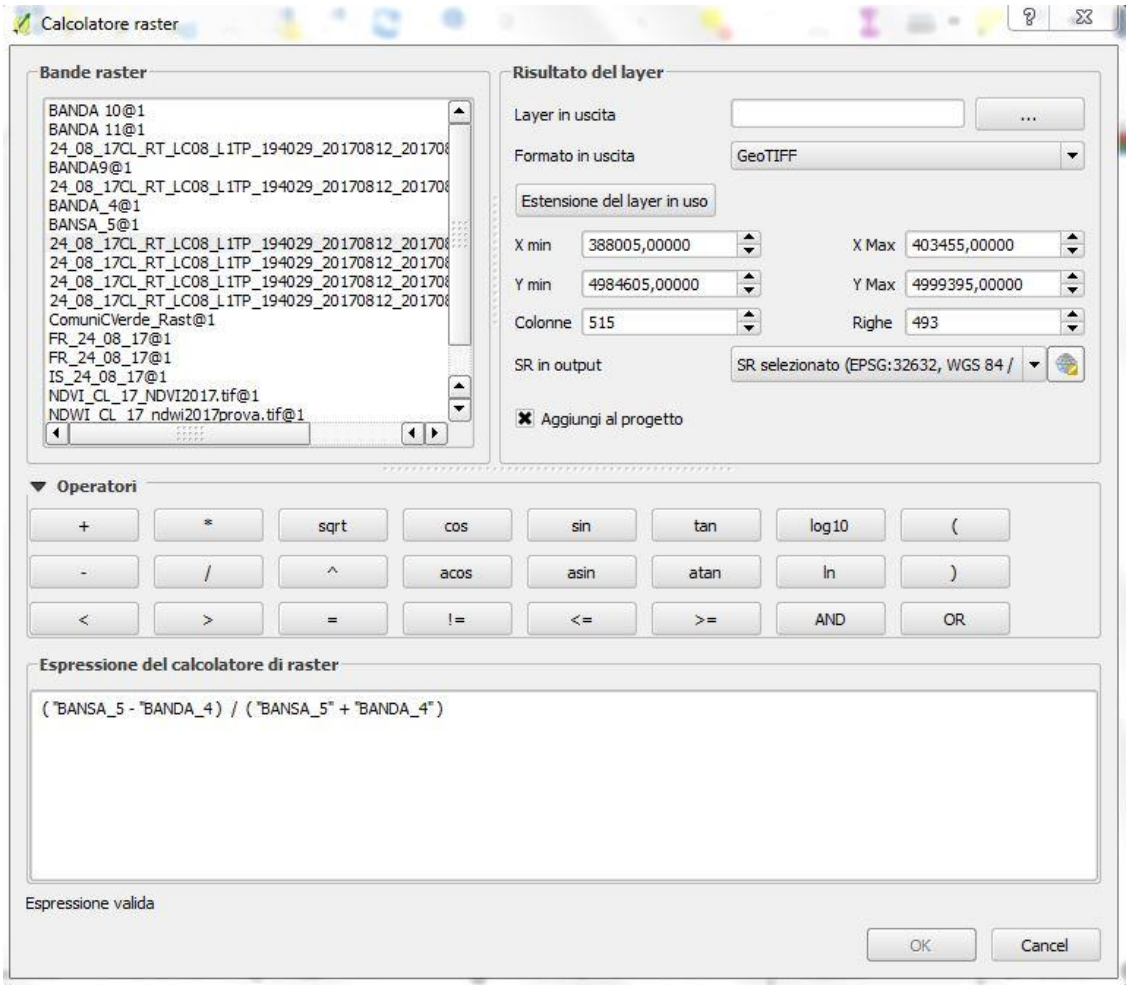


Figura 16 - Calcolo NDVI tramite QGis - Elaborazione propria

Il passaggio successivo è la campitura della mappa. Cliccando col tasto destro del mouse su nuovo layer del NDVI si aprirà una finestra, l'opzione scelta, per procedere alla campitura della mappa sarà l'opzione "proprietà".

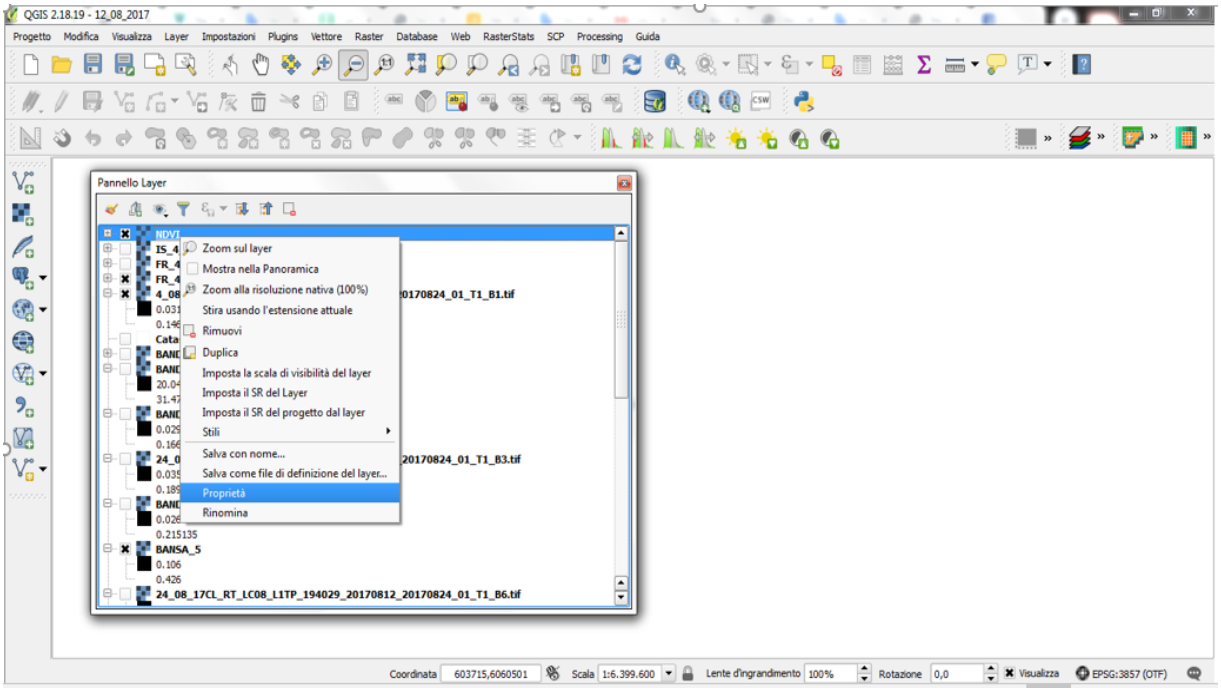


Figura 17 - Operazioni tramite il software QGis - Elaborazione propria

Cliccando su proprietà si aprirà un ulteriore schermata, dove, sotto la voce “stile”

verrà impostato il colore utilizzato per la mappa

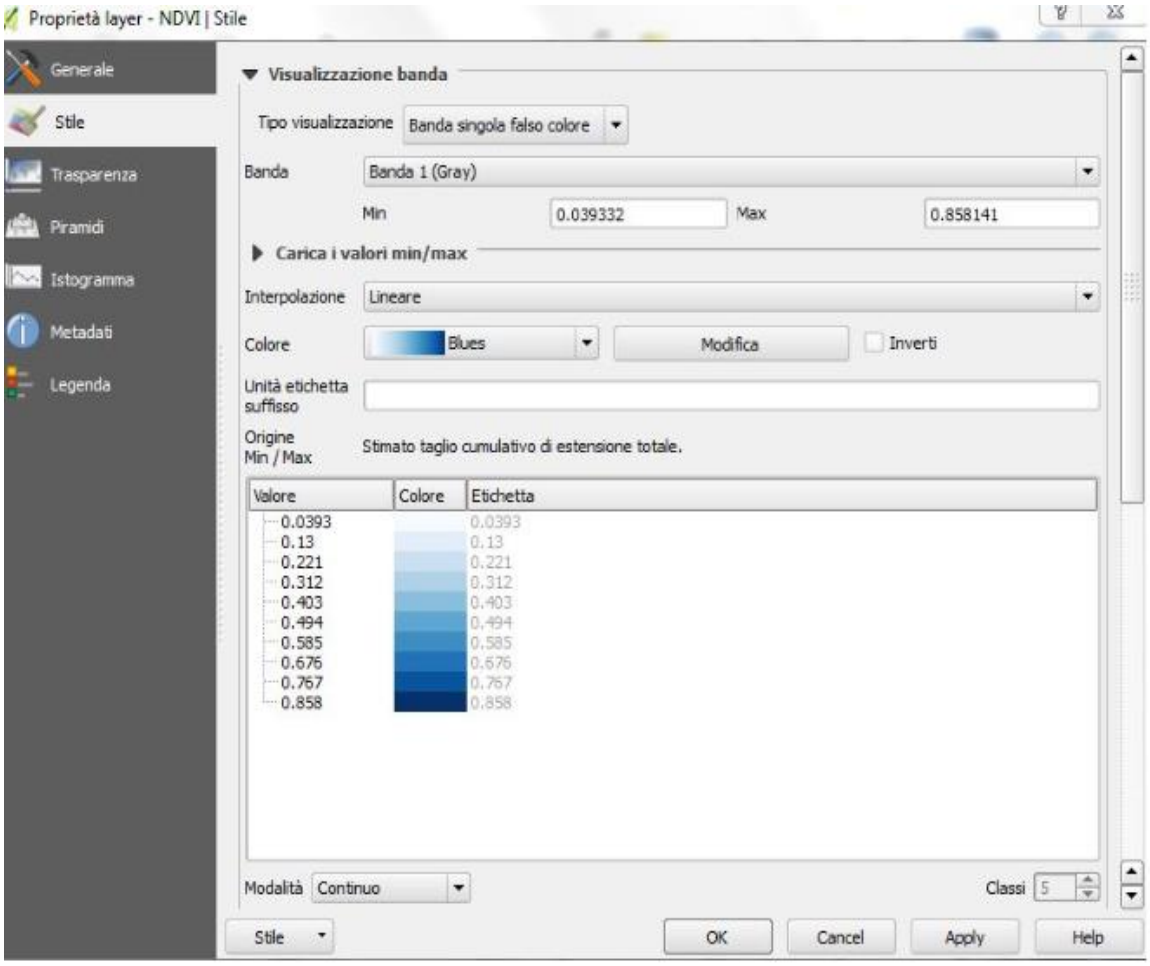


Figura 18 - Metodo di colorazione graduale della mappa dell'NDVIe in base alle temperature registrate in Torino il giorno 4/08/2017 tramite QGIS – Elaborazione propria

Il colore utilizzato è la scala cromatica di blu, suddivisa in 10 classi di uguale intervallo che indicherà con delle sfumature di celeste chiaro le aree di Torino con indice NDVI basso, mentre con un blu più scuro le aree con indice maggiore (il range va da un minimo di 0.0393 ad un massimo di 0.858).

Da tale operazione verrà prodotta la mappa sottostante. (Fig.19)

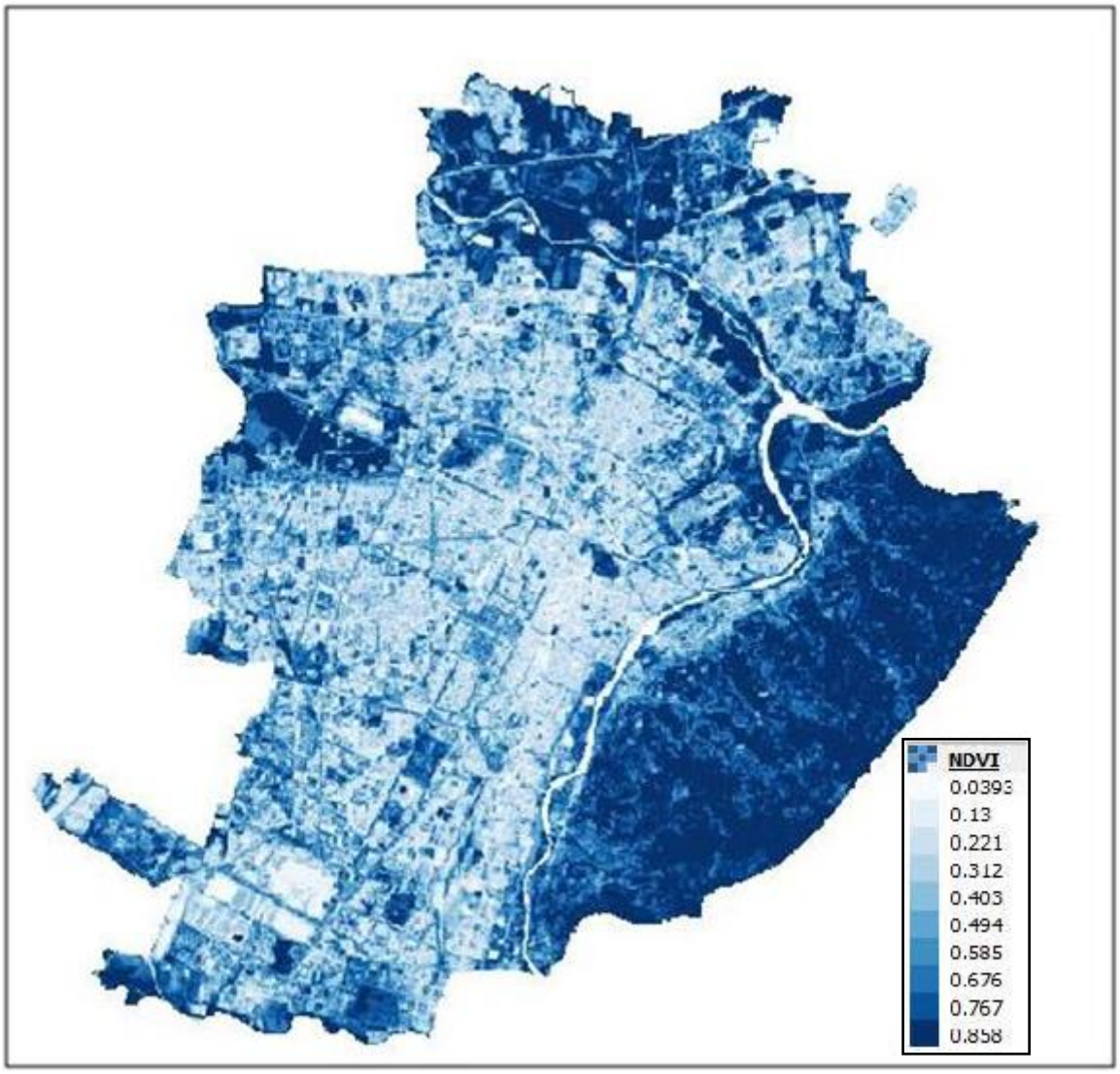


Figura 19 - Mappa NDVI - Elaborazione propria

Ottenuta la mappa del NDVI relativi al territorio comunale di Torino, osserviamo che i valori variano da 0.0393 ad un massimo di 0.858, come esplicato in legenda.

I valori dell'indice NDVI possono variare come riportato nella seguente tabella:

NDVI	INTERPRETAZIONE
<0.1	Suolo nudo o nuvole
0.1 – 0.2	Copertura vegetale quasi assente
0.2 – 0.3	Copertura vegetale molto bassa
0.3 – 0.4	Copertura vegetale bassa con vigoria bassa o copertura vegetale molto bassa con vigoria alta
0.4 – 0.5	Copertura vegetale medio-bassa con vigoria bassa o copertura vegetale molto bassa con vigoria alta
0.5 – 0.6	Copertura vegetale media con vigoria bassa o copertura vegetale medio-bassa con vigoria alta
0.6 – 0.7	Copertura vegetale medio-alta con vigoria bassa o copertura vegetale media con vigoria alta
0.7 – 0.8	Copertura vegetale alta con vigoria alta
0.8 – 0.9	Copertura vegetale molto alta con vigoria molto alta
0.9 – 1	Copertura vegetale totale con vigoria molto alta

Figura 20 - Interpretazione indice NDVI - (https://www.agricolus.com/indici-vegetazione-ndvi-ndmi-istruzioni-luso/)

Ponendo a confronto la mappa del termico con la mappa del NDVI,

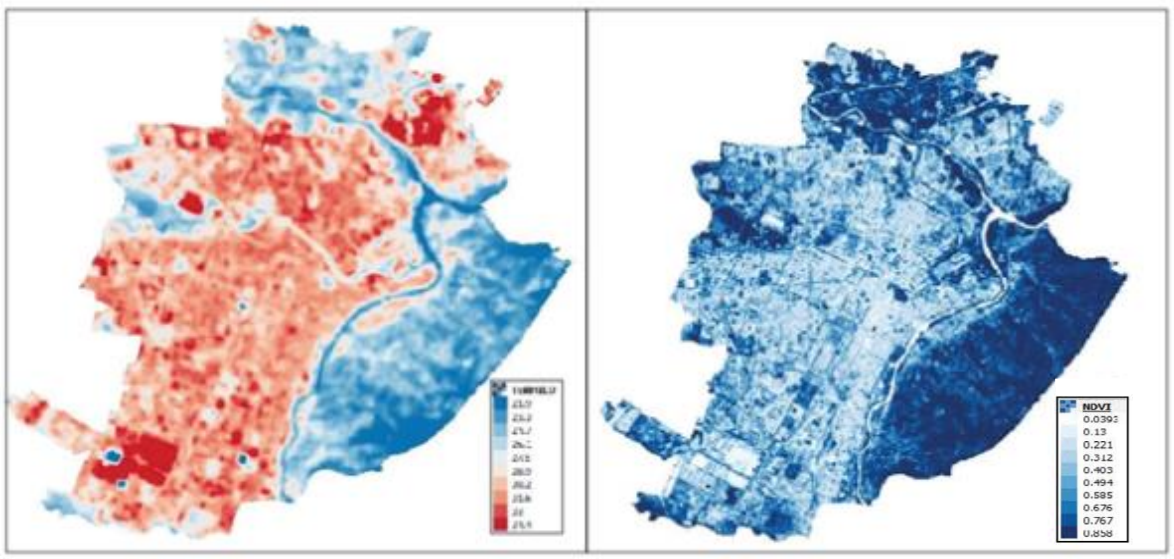


Figura 21 - Confronto Mappa Termico e NDVI - Elaborazione propria

osserviamo nell'immagine a destra che le zone caratterizzate da un azzurro chiarissimo, indicano le zone con una copertura vegetale quasi assente o molto bassa, e che le corrispettive aree nella mappa del termico (a sinistra) indicano le zone più calde, corrispondenti alle aree di colore rosso. Le zone campite da un blu più intenso nella mappa a destra indicano una copertura vegetale medio-alta con

un basso, o addirittura, assente stress idrico; tali aree comparandole con la mappa a sinistra indicano le zone con temperature più fresche che, come detto precedentemente, corrispondono alle aree in cui vi sono parchi, aree rurali e zone umide.

4.5 MAPPATURA IMPERVIOUS SURFACE

Infine, è stato calcolato, sempre con l'utilizzo dei dati forniti dal satellite Landsat8, l'IMPERVIOUS SURFACE (IS). Per superfici impermeabili, si intendono quelle superfici come: strade asfaltate, edifici, marciapiedi, parcheggi e infrastrutture di trasporto, le quali non consentono all'acqua di penetrare nel terreno.
Questo indicatore viene utilizzato sia per analizzare il processo di urbanizzazione dei suoli, ma anche come strumento per poter monitorare i vari problemi ambientali che possono interessare la città, tra questi il deflusso superficiale. I suoli cementificati creano una sorta di copertura sulla superficie del terreno che non permette all'acqua di infiltrarsi nel terreno stesso, ciò comporta che l'acqua scorre sulla superficie senza mai penetrare nel suolo, creando spesso frane e allagamenti. L'analisi dell'indice IS fornisce in oltre informazioni utili che riguardano la qualità di vivibilità nelle aree urbane, determinando, di conseguenza, una visione completa per la gestione e la pianificazione urbana e ambientale[27]

[27]Un utile sintesi descrittiva del fenomeno dell'Impervious Surface si trova in: https://dnr.maryland.gov/streams/Pages/streamhealth/How-Impervious-Surface-Impacts-Stream-Health.aspx?fbclid=IwAR2FMQeVf12AdQyVac_FQ79BIE6Q1OMclgVPFzy9S8CwM0NcaQYsoWdq6NY

L' Impervious Surface, secondo Yuan e Bauer, mette in relazione la percentuale di superficie impermeabile e le temperature della superficie terrestre e l'effetto isola di calore urbano; le superfici impermeabili raccolgono il calore solare, creando le isole di calore urbano, l'indice può essere utile per la misurazione e la comprensione degli effetti delle UHI[28].

L'IS viene calcolato attraverso l'applicazione degli indici di vegetazione NDVI forniti dal satellite Landsat 8.

La formula che permette l'elaborazione delle superfici impermeabili è la seguente:

$$IS = 1 - \left(\frac{NDVI - NDVI_0}{NDVI_S - NDVI_0} \right)^2$$

Dove al numeratore vi è la differenza tra l'NDVI ottenuto e l'$NDVI_0$ che corrisponde al valore più basso ottenuto che corrisponde a 0.0393; mentre al denominatore abbiamo la differenza tra $NDVI_S$ che corrisponde al valore maggiore registrato dal calcolo dell'NDVI pari a 0.858[29].

Tale formula verrà inserita all'interno della tool Calcolatore Raster del programma Quantum Gis,

[28] F. Yuan, M.E. Bauer, "*Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery2* https://rs.umn.edu/sites/rs.umn.edu/files/Urban_heat_island--Impervious__RSE_paper.pdf

[29] S.Kaspersen, R.Fensholt e M. Drews "*Using Landsat Vegetation Indices to Estimate Impervious Surface Fractions for European Cities" in "Remote sensing" ISSN 2072 – 4292, 2015*, p.8224 - 8246 (www.mdpi.com/journal/remotesensing)

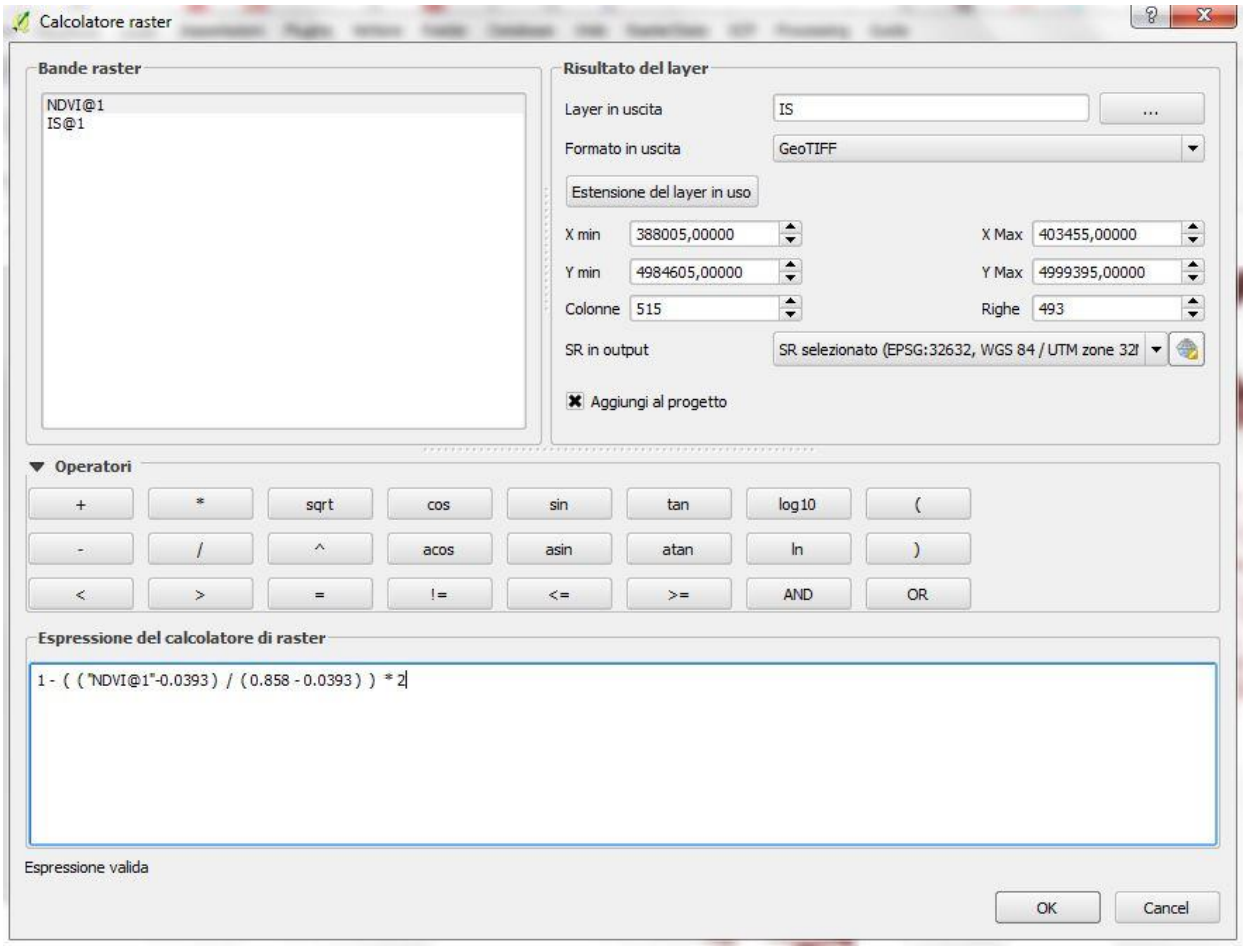


Figura 22 - Calcolo indice Impervious Surface tramite QGis - Elaborazione propria

Dal calcolo si otterrà l'immagine del comune di Torino che andremo a campire, effettuando lo stesso procedimento delle mappe precedenti.

Cliccando con il tasto destro del mouse sul Layer appena ottenuto dell'IS si aprirà un menù a tendina dove si sceglierà l'opzione "Proprietà"

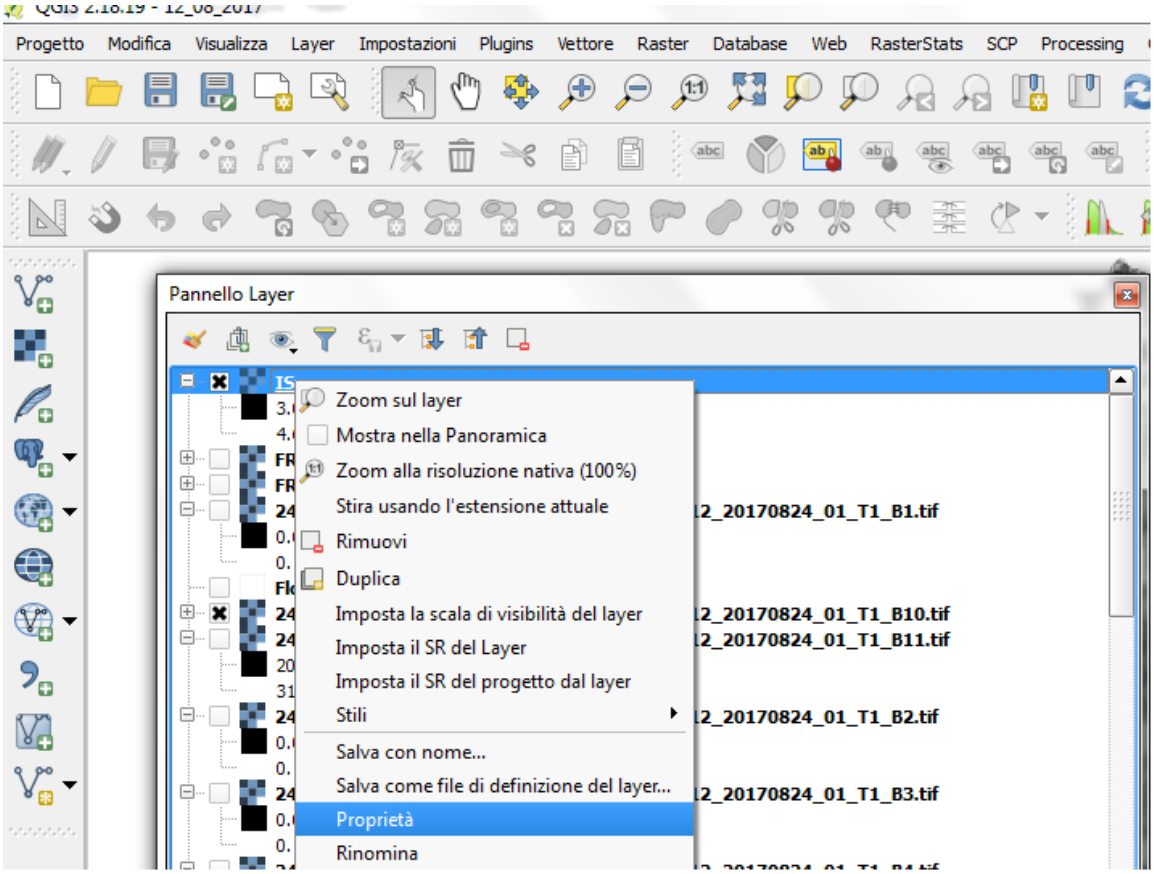


Figura 23- Operazione tramite QGis - Elaborazione propia

Cliccando su “Proprietà” si aprirà una finestra dove tramite l’opzione “Stile” verrà scelto il colore da utilizzare per campire la mappa; la tipologia di colore sarà suddivisa in 10 classi ad intervallo uguale del rosso nelle sue varie gradazioni.

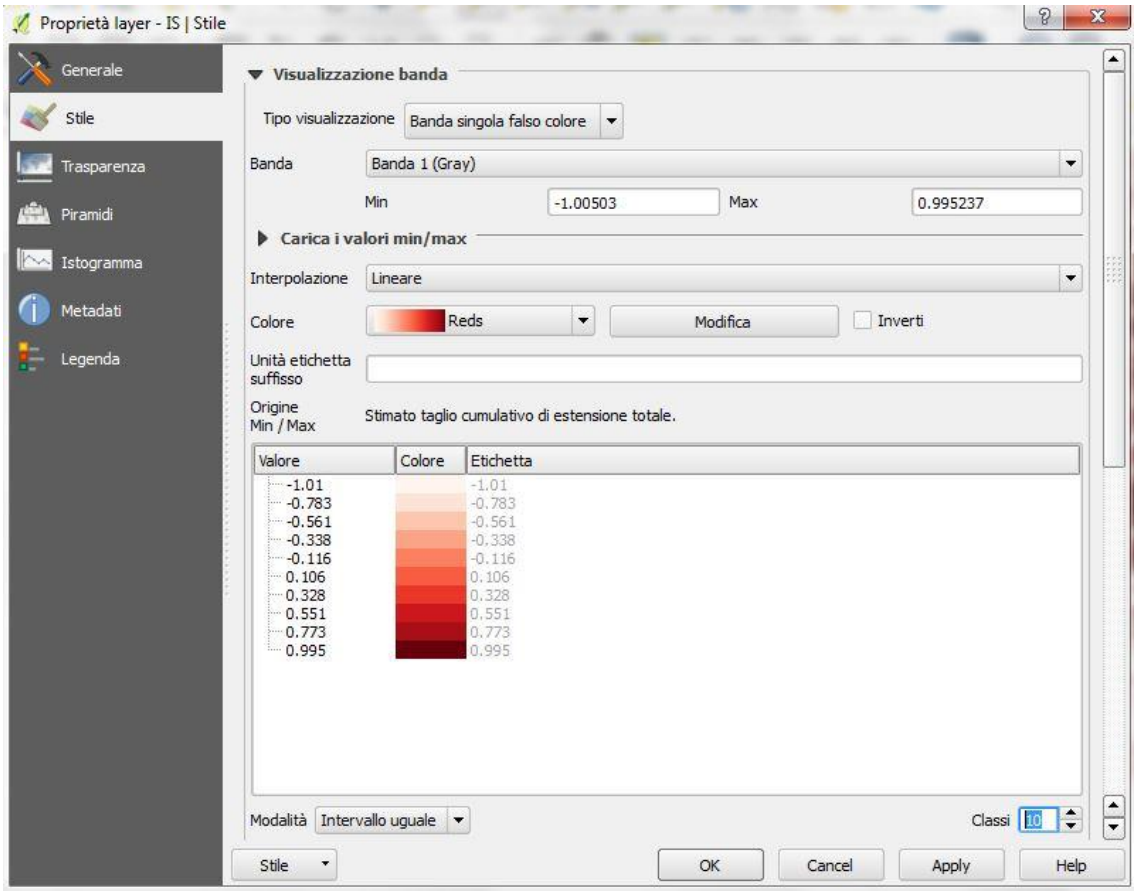


Figura 22 - Metodo di colorazione graduale della mappa dell'NDVIe in base alle temperature registrate in Torino il giorno 4/08/2017 tramite QGIS – Elaborazione propria

Con le sfumature più chiare del rosso verranno indicate le aree dove la presenza di superfici impermeabili sarà minore; mentre con le tonalità di rosso più intenso le aree maggiormente edificate.

L’elaborazione produrrà la mappa sottostante. (Fig.25)

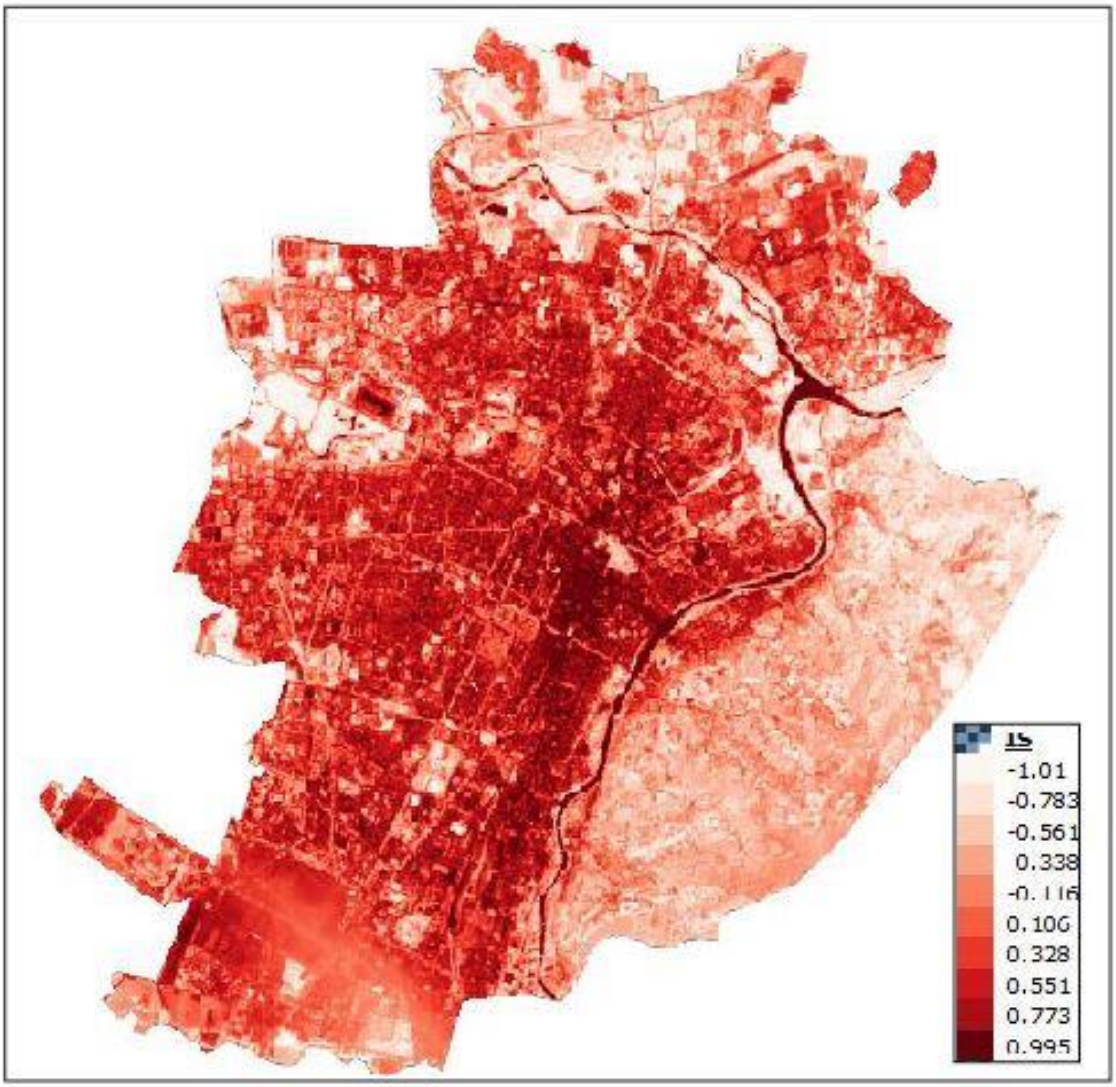


Figura 23 - Mappa IS - Elaborazione propria

IS assume dei valori che variano da un minimo di -1.01 ad un massimo di 0.995; come riporta la mappa della città di Torino, le aree campite in rosso chiaro corrispondono ad aree rurali o ad aree verdi urbane corrispondenti ad aree con alta percentuale di infiltrazione ed evapotraspirazione e con una minima percentuale di runoff; mentre le aree con dei valori maggiori contrassegnati dalle varie tonalità di rosso intenso, corrispondono alle aree parzialmente o totalmente urbanizzate dove le percentuali di infiltrazione delle acque piovane tendono ad

annullarsi, di conseguenza si riduce anche la percentuale di evapotraspirazione e invece aumenta la percentuale di runoff

4.6 CONFRONTO TRA LE MAPPE ELABORATE

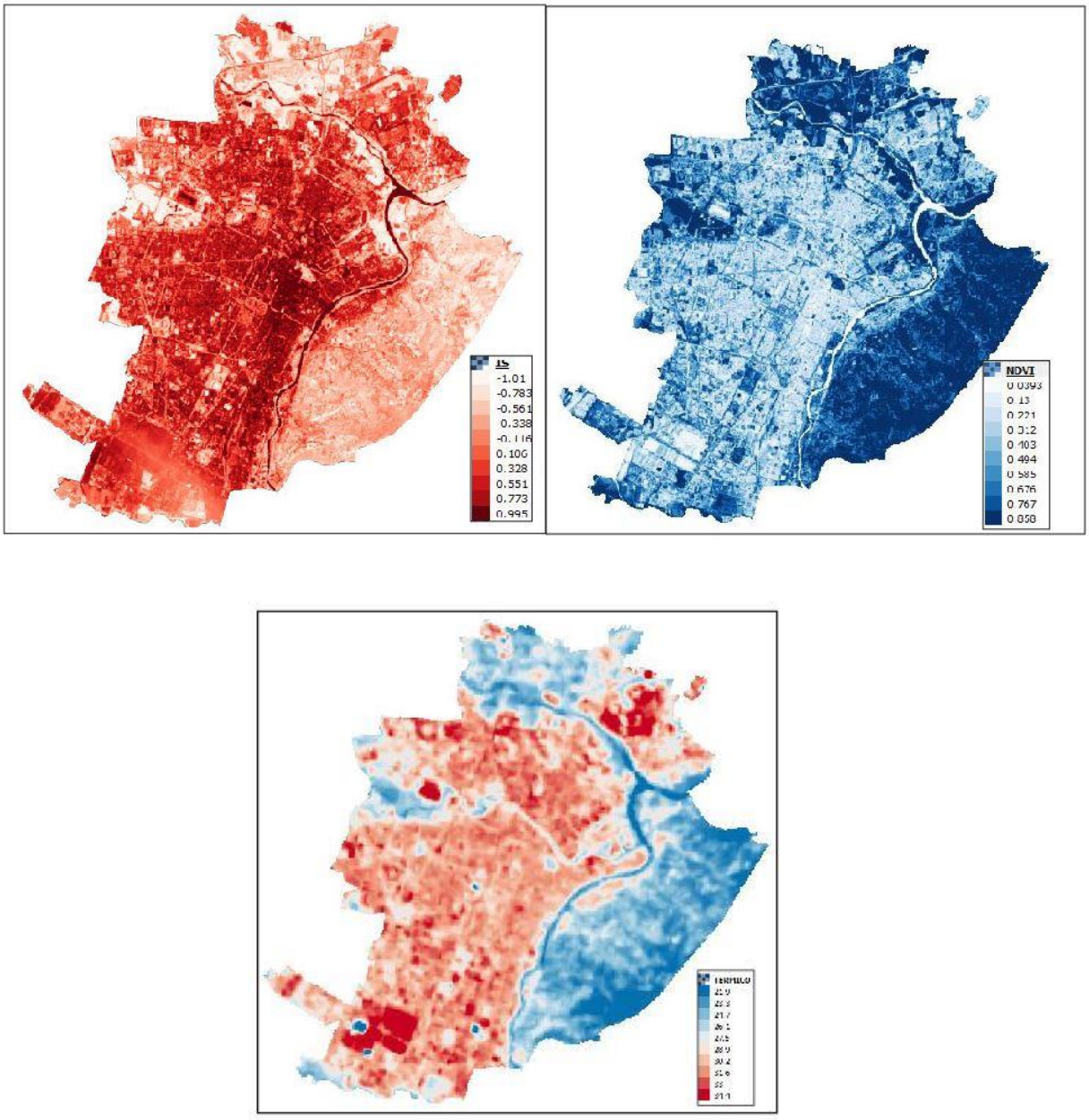


Figura 26 - Confronto Mappa NDVI - Mappa IS - Mappa TERMICO - Elaborazione propria

Dal confronto delle tre mappe si evince che le maggiori temperature, registrate tramite la mappa del termico nel giorno 4 agosto 2017, corrispondente alla quarta ondata di calore sviluppatasi a Torino, corrispondono alle aree dove l'indice NDVI è minore (aree con scarsa vegetazione), mentre coincidono con quelle aree dove il valore delle superfici impermeabili è maggiore (notevole concentrazione di aree costruite), pertanto in queste aree vi è una maggiore concentrazione di calore e ciò comporta la formazione di isole di calore.

5. STRATEGIE DI MITIGAZIONE

Dalla comparazione delle mappe viene individuata l'area, oggetto delle ipotetiche soluzioni che abbiano come obiettivo quello di ridurre gli effetti delle isole di calore attraverso il recupero dell'uso del canale irriguo della Pellerina.

L'idea delle ipotesi progettuali prende spunto dalle azioni green proposte dagli "Elementi per una Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici"[30] i quali prevedono, per gli insediamenti urbani, essendo essi uno dei nodi maggiormente critici dell'adattamento climatico, una serie di azioni di adattamento distinte in soft, green e grey.

- Per soft si intendono tutte quelle azioni che non necessitano interventi strutturali e materiali. Le azioni soft contribuiscono ad una maggiore capacità adattativa e di sviluppo di un contesto organizzativo, istituzionale e legislativo. Si individuano 3 campi d'azione riguardanti: il campo dell'informazione, lo sviluppo di processi organizzativi e partecipativi e nel campo della governance.

- Le azioni grey sono relative al miglioramento e adeguamento al cambiamento climatico riguardo gli impianti e le infrastrutture, che possono a loro volta essere suddivise in azioni su impianti, materiali e tecnologie, o su infrastrutture o reti.

[30]Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici PNACC 2017 https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/adattamenti_climatici/documento_pnacc_luglio_2017.pdf

- Le azioni green si articolano in vari punti:

  - Attivare strategie di utilizzo delle piante per ombreggiare gli edifici (tetti verdi, copertura vegetale delle pareti con piante a foglie caduche)

  - Realizzare interventi sperimentali di adattamento climatico che possono adottare la logica delle green e blue infrastructures, ovvero della continuità e la funzionalità del verde pubblico, degli spazi naturali e di quelli semi-naturali come elementi di riduzione delle vulnerabilità climatiche.

  - Potenziamento delle alberature in viali e strade trafficate per ridurre le ondate di calore

5.1 INTRODUZIONE ALLE IPOTESI PROGETTUALI

Le tre ipotesi di progetto si basano, come detto precedentemente, sull'intento di incrementare la dotazione di verde e la naturalizzazione nell'area urbana di un tratto di Corso Stati Uniti, con la finalità di intervenire sulle anomalie termiche. In particolare ridurre le temperature durante le ondate di calore, che creano un forte stress termico in termini di confort sia agli abitanti che all'ambiente urbano.
In queste proposte il ruolo del verde oltre alla sua funzione estetico-ornamentale, acquisisce soprattutto una valenza strategico funzionale.
Le idee progettuali sono state frutto di ricerca ed analisi di strutture verdi utilizzate nel panorama Europeo e Mondiale.

Le ipotesi progettuali che verranno proposte rientrano nella tipologia delle Best Management Practice, che vanno sotto l'acronimo di BMP; conosciute come "Buone Pratiche di Gestione" che includono i Rain Garden, i Tree Box Filters, la pavimentazione permeabile, i bacini di ritenzione e detenzione.

La loro funzione principale è quella di rallentare il corso dell'acqua piovana e far sì che quest'ultima venga assorbita dal terreno con lo scopo di ridurre gli allagamenti nelle aree circostanti

Negli anni 90 alcuni paesi tra i quali gli Stati Uniti, il Regno Unito e l'Australia hanno cercato delle soluzioni sostenibili e naturali che contenessero il fenomeno degli allagamenti all'interno delle città, nascono così con l'acronimo SUDS i Sustainable Urban Drainage Systems.

Tra i SUDS troviamo i Rain Garden, utilizzati sia in ambito pubblico che privato. Letteralmente Rain Garden viene tradotto come giardino della pioggia o giardino pluviale, esso viene utilizzato per 3 finalità, quali:

- Ridurre l'effetto "runoff", intercettando e trattenendo l'acqua piovana di ruscellamento e deflusso urbano.
- Ridurre gli agenti inquinanti raccolti dalle acque meteoriche che percorrono i suoli urbani, attraverso il filtraggio e la depurazione naturale dell'acqua raccolta, essa verrà immessa nel sistema fognario meno inquinata, meno velocemente e di conseguenza con un flusso più costante.
- Riqualificare e migliorare le aree di installazione creando biodiversità e apportando verde urbano.

I Rain Garden, si presentano come una piccola depressione del suolo, la cui superficie viene ricoperta da una bassa vegetazione ed hanno, come detto in precedenza, il compito di gestire le acque piovane provenienti principalmente dalle superfici impermeabilizzate, quali i manti stradali, ma soprattutto dai tetti degli edifici.

Il Rain Garden è generalmente composto da:

- Una copertura vegetale che serve a far rallentare il flusso dell'acqua piovana proveniente dalle superfici impermeabilizzate

- La copertura vegetale deve essere composta da vegetazione capace di resistere a forti periodi di siccità e ad eccessive quantità d'acqua, utili nell'assorbire e filtrare il deflusso delle acque piovane. Il ruolo delle piante è anche quello di creare aree verdi e biodiversità in ambito urbano

- Strato di pacciamatura che ha il compito di rimuove le sostanze organiche grossolane e le particelle sospese contenute nell'acqua piovana; la pacciamatura ha un altro ruolo importante che è quello di mantenere umido il terriccio in estate, in modo tale da dare sostentamento alle piante.

- Area di ristagno costituita da una depressione del terreno che varia dai 10 ai 20 cm che facilita la raccolta e l'infiltrazione dell'acqua nel suolo

- Lo strato drenante, costituito per il 50% da una miscela di sabbia, il 25% da compost organico e il restante 25% da terriccio, serve ad assorbire gli agenti

inquinanti presenti nelle acque meteoriche e fornire nutrimento alle piante

- Infine dreno di raccolta dell'acqua costituito da ghiaia e tubi drenanti che hanno il compito di convogliare l'acqua o all'interno dell'impianto fognario o verso delle cisterne di raccolta per poi essere riutilizzata[31]

Per quanto riguarda l'ipotesi dell'installazione dei Rain Garden si sono analizzati i casi realizzati in Oregon (USA), Londra (UK), Melbourne (Australia), utilizzati per il trattamento del deflusso delle acque piovane

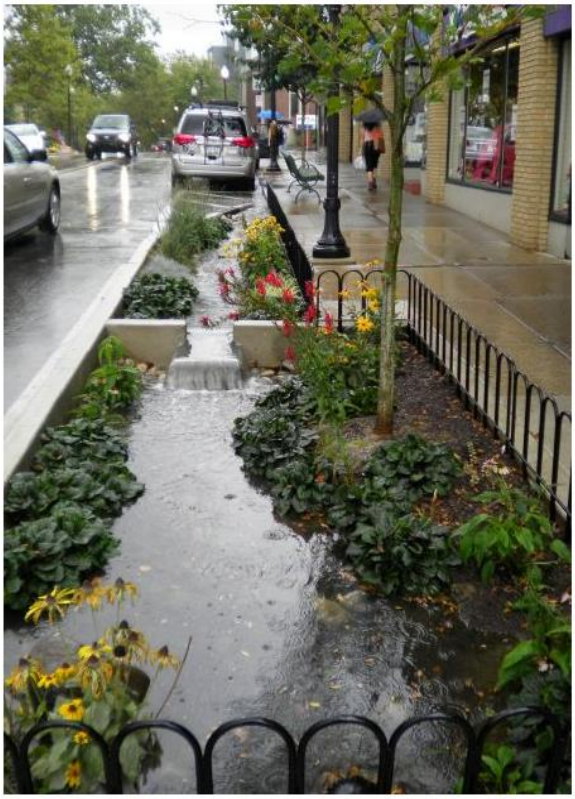


Figura 27 OREGON http://www.statecollegepa.us/2502/Allen-Street-Rain-Gardens

Figura 28 LONDRA https://raingardens.info/wp-content/uploads/2012/07/UKRainGarden-Guide.pdf

[31] Rain Garden www.planetasrl.net/guide/idee-giardino/rain-garden-cose-e-come-progettare-un-giardino-della-pioggia/

Figura 29 MELBOURNE https://www.melbournewater.com.au/planning-and-building/stormwater-management/options-treating-stormwater/raingardens

Altra soluzione analizzata è stata quella dei Tree Box Filter, anch'essa fa parte delle BPM, è costituita da una scatola in cemento interrata, posta generalmente lungo i marciapiedi. Al suo interno verranno piantumati uno o due alberi.

La scatola presenta una fessura posta lungo il bordo del marciapiede attraverso la quale l'acqua piovana si infiltrerà e oltrepassando il primo strato di pacciamatura, penetrerà in uno strato spesso di terriccio, questo avrà il compito di trattenere gli elementi inquinanti che le acque piovane recano con loro in seguito allo scorrere sulle superfici impermeabilizzate.

Questo fenomeno viene aumentato grazie anche alla presenza delle radici degli alberi che contribuiscono a trattenere tali agenti inquinanti.[32]

[32] K. Onorevole Photography Friday: All Tree Boxes Lead to the Ocean 2014 https://underthecblog.org/2014/07/18/photography-friday-all-tree-boxes-lead-to-the-ocean/

Figura 30 – REGNO UNITO – http://www.filterra.com/

Figura 4 -RENO (NV) https://www.werf.org/liveablecommunities/toolbox/treebox.htm

5.2. PROPOSTA DI INTERVENTI DI MITIGAZIONE

La proposta di interventi di mitigazione degli effetti negativi delle ondate di calore riguarda la riqualificazione urbana di un tratto del Corso Stati Uniti di lunghezza di circa 300 metri, nella città di Torino.

Al fine di ridurre le temperature e di migliorare, per quanto possibile, il "microclima" del tratto del corso Stati Uniti oggetto di studio, vengono proposte tre ipotetiche soluzioni.

5.2.1 SCELTA DELL'AREA DI INTERVENTO

La scelta del tratto di Corso Stati Uniti, compresa tra Corso Re Umberto e Via Sacchi, avviene per 3 fattori:

Primo fattore, l'area ricade, come si evince dall'analisi satellitare, in piena zona rossa della mappa del Termico, con la presenza di un alto indice di Impervious Surface e un basso valore dell'indice NDVI. Il che comporta un suolo molto impermeabilizzato e quindi un'area molto calda e con una scarsa o per meglio dire assenza di vegetazione.

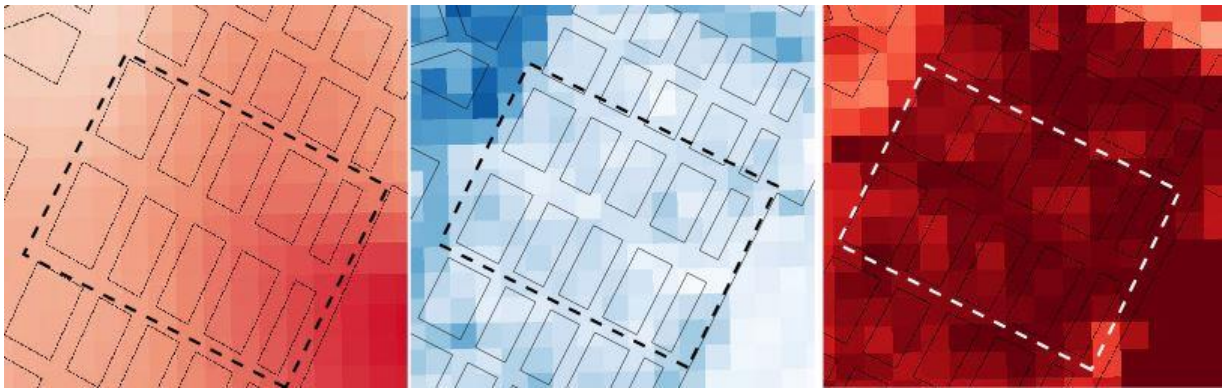


Figura 32 - Confronto dell'area di Corso Stati Uniti attraverso gli indici del Termico, NDVI e IS - Elaborazione propria

Il secondo fattore è la presenza di un canale irriguo sotterraneo, denominato canale della Pellerina, l'unico fra quelli presenti nel territorio, ad avere un piccolo apporto d'acqua pari a 2,5 m/s, così come accertato dal Sibi (Sistema Informativo Bonifica e Irrigazione).

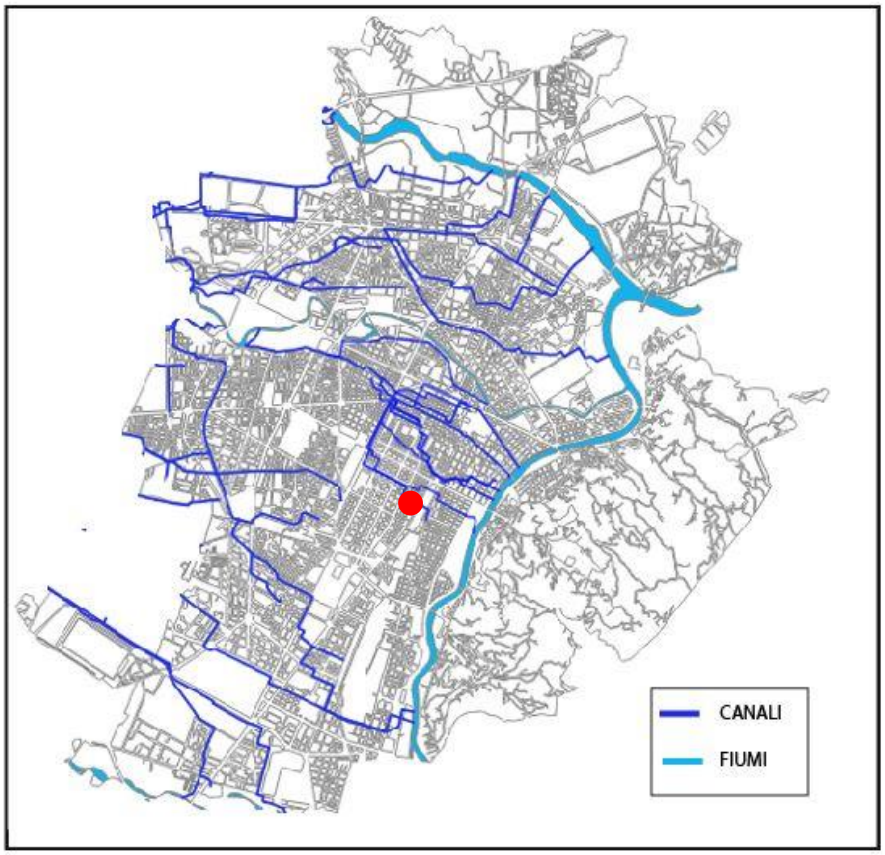


Figura 33 - Fiumi e canali in Torino - Elaborazione propria

Infine il terzo fattore è la discontinuità dell'area, in quanto la parte precedente all'area di studio si presenta con un significativo viale alberato, mentre il tratto esaminato è privo di qualsiasi tipo di vegetazione, come riporta la carta del Geoportale del Comune di Torino.

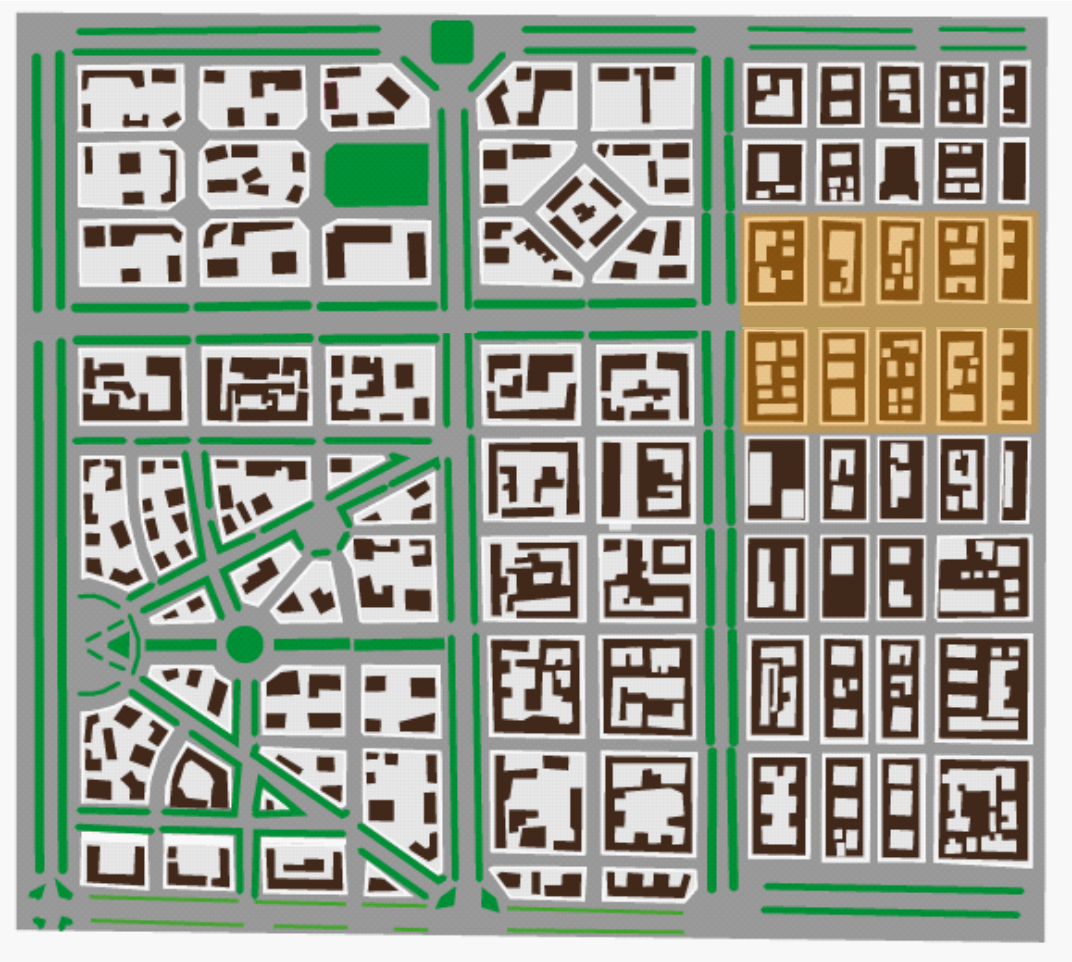


Figura 34- Stralcio carta del verde (http://geoportale.comune.torino.it/)

5.2.2 INQUADRAMENTO E CENNI STORICI

Come detto nel paragrafo precedente l'area di studio è ubicata nel tratto di Corso Stati Uniti compreso tra Corso Re Umberto e Via Sacchi (alle spalle della Stazione ferroviaria Porta Nuova).

L'area si trova all'interno del quartiere Crocetta che fa parte, secondo il Regolamento del Decentramento alla 1° Circoscrizione. n. 374, esecutivo dal 1° gennaio 2016, per il rinnovo della consiliatura 2016 – 2021, della Circoscrizione 1 (http://www.comune.torino.it/regolamenti/374/374.htm)

Figura 35-Circoscrizioni Torino - ((http://www.comune.torino.it/decentr/)

La Crocetta[33] è un quartiere storico residenziale, nato intorno all'omonima chiesa della Crocetta a partire dal XVII secolo. È ubicato poco più a sud rispetto al centro; delimitato a nord da Corso Vittorio Emanuele II, a est da Corso Turati e da Via Sacchi, a ovest da Corso Mediterraneo e a sud da Corso De Nicola. Il quartiere si presenta, eclettico e neogotico, con una forte caratteristica aristocratica dovuta anche alla presenza di edifici di pregio in stile liberty, progettati tra l'800 e il 900; arricchito da viali alberati che ne valorizzano ancora di più l'area.

Il tratto di strada di Corso Stati Uniti è ubicato nella parte orientale del Quartiere Crocetta compresa tra Corso Umberto e Via Sacchi, meglio conosciuta come Borgo San Secondo, edificato dal 1850 dopo lo spostamento della Piazza d'Armi ad ovest di Corso Re Umberto; il Borgo prende il nome dall'omonima chiesa costruita per volere di San Giovanni Bosco. Mentre la parte sud occidentale della Crocetta è

[33]Quartiere Crocetta https://www.touringclub.it/destinazione/localita/urbanistica/217463/quartiere-crocetta-torino

denominata Zona Santa Teresina compresa tra Corso Luigi Einaudi e Corso Duca degli Abruzzi[34]

Corso Stati Uniti venne aperto nel 1847, nel 1858 venne intitolato stradale Duca di Genova, dedicato a Ferdinando di Savoia duca di Genova, fratello del Re Vittorio Emanuele II. Il Corso sorgeva sul lato sud dell'antica ubicazione di piazza d'Armi, in questo periodo nota come Piazza d'Armi di San Secondo o della Crocetta, per la vicinanza del Borgo e del Quartiere omonimi (la piazza nasceva dall'esigenza di avere uno spazio in Torino dove le milizie potevano svolgere esercitazioni e parate). Documentazioni storiche ci informano che intorno ai primi anni dell'800 piazza d'Armi, tra le sue varie ubicazioni, si stanziò sino al 1850 in Corso Matteotti, corso re Umberto, corso Vinzaglio e lo stradale del Duca di Genova[35]

[34] Crocetta: la città dei 'ricchi a metà' tra storia, ferrovia e servizi http://suburbiataurinorum.blogspot.com/2013/09/crocetta-la-citta-dei-ricchi-meta-tra.html

[35] Atlante Torino(http://www.atlanteditorino.it/vie/S.html)

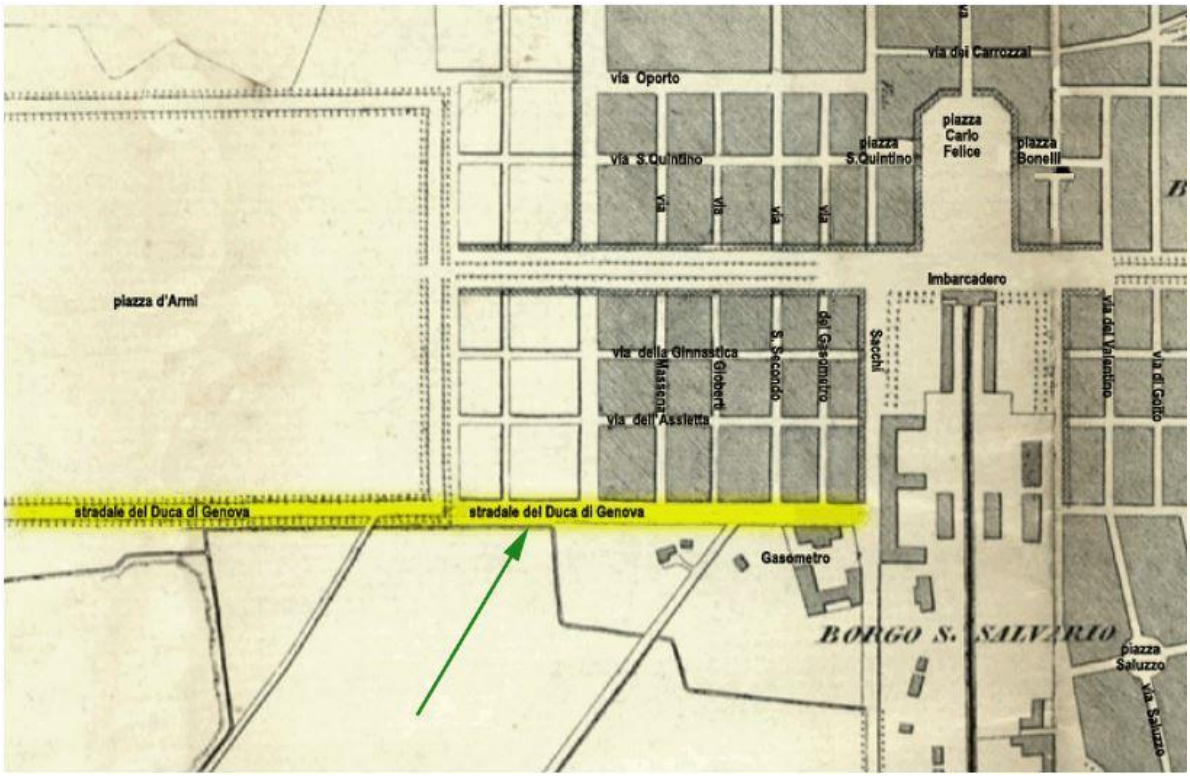


Figura 36- Stradale Corso Duca di Genova cartografia del 1859 (http://www.atlanteditorino.it/vie/S.html)

Sul corso, lungo circa novecento metri e largo più di cinquanta, si svolgevano le riviste militari ed altre cerimonie, ma era famoso soprattutto per la sfilata delle carrozze padronali, dei «break» dei vari corpi militari e dei cavalieri che nei giorni festivi rientravano dalle corse dei cavalli. «Il giro», al quale interveniva anche la Corte, proseguiva dopo il corso Duca di Genova anche lungo i corsi Re Umberto e Vittorio Emanuele II. Fiancheggiavano e commentavano la sfilata fitte schiere di spettatori che accorrevano specie nelle giornate di primavera.

Corso Duca di Genova viene rinominato Corso Stati Uniti quando, finita la Seconda Guerra Mondiale, Torino decide di rendere omaggio ai paesi vincitori del conflitto. (tra le altre vie ricordiamo Corso Unione Sovietica, Corso Francia e Corso Inghilterra)[36].

[36]A. Rossi I torinesi difendono corso Unione: L'ipotesi di cambiare nome, in "La Stampa" 2013

Oggi Corso Stati Uniti ha una lunghezza di circa 1,20 km, compreso tra Corso Castelfidardo e Via Sacchi.

Il tratto compreso tra Corso Castelfidardo sino a Corso Re Umberto si presenta con un'ampia strada a 4 corsie, a doppio senso di marcia, compresa di controviale e un lungo viale alberato; mentre il tratto di Corso Stati Uniti, che ricade all'interno del Borgo San Secondo, compreso tra Corso Re Umberto e Via Sacchi, lungo circa 300 m e largo 15 m, cambia caratteristiche, subendo un restringimento, si presenta, infatti, come una strada a 2 corsie con doppio senso di marcia, con parcheggi laterali, dove viene meno il viale alberato e il controviale.

Quest'ultimo tratto è quello che sarà oggetto dello sviluppo delle 3 ipotesi progettuali. Come già precedentemente accennato proprio sotto questo tratto di Corso Stati Uniti, è presente il canale irriguo della Pellerina, che scorre lungo il lato sud della carreggiata, in prossimità, del marciapiede, al di sotto del manto stradale.

5.2.3. IL CANALE DELLA PELLERINA

Il Comune torinese è un territorio particolarmente ricco d'acqua, oltre ai 4 fiumi che attraversano la città quali: il Po, la Dora Riparia, il Sangone e la Stura di Lanzo, vi erano dei canali, chiamate in gergo "bealere" che venivano utilizzati, prima di essere tombati dallo sviluppo dell'urbanistica durante il XX secolo, per l'irrigazione dei campi e per provvedere al funzionamento dei mulini.

https://www.lastampa.it/torino/2013/08/17/news/i-torinesi-difendono-corso-unione-1.36063648

I canali, ormai in disuso, erano i seguenti: il canale del Martinetto, il canale Meana, il canale dei Molassi, il canale del Regio Parco, il canale della Fucina, il canale di Torino, il canale de Valentino, Doragrossa e le "doire", il canale del Giardino Reale, il canale dell'Arsenale, il canale di Vanchiglia.

Il canale della Pellerina e la sua presa hanno origini trecentesche, attraverso una traversa, collocata nell'ansa del fiume Dora Riparia, nei pressi di Corso Appio Claudio, permetteva al canale di portare l'acqua della Dora a Torino, a valle vi era una balconata a tre luci, ognuna di 1,38 m che attraverso delle saracinesche mobili, regolava l'acqua da immettere nel canale.

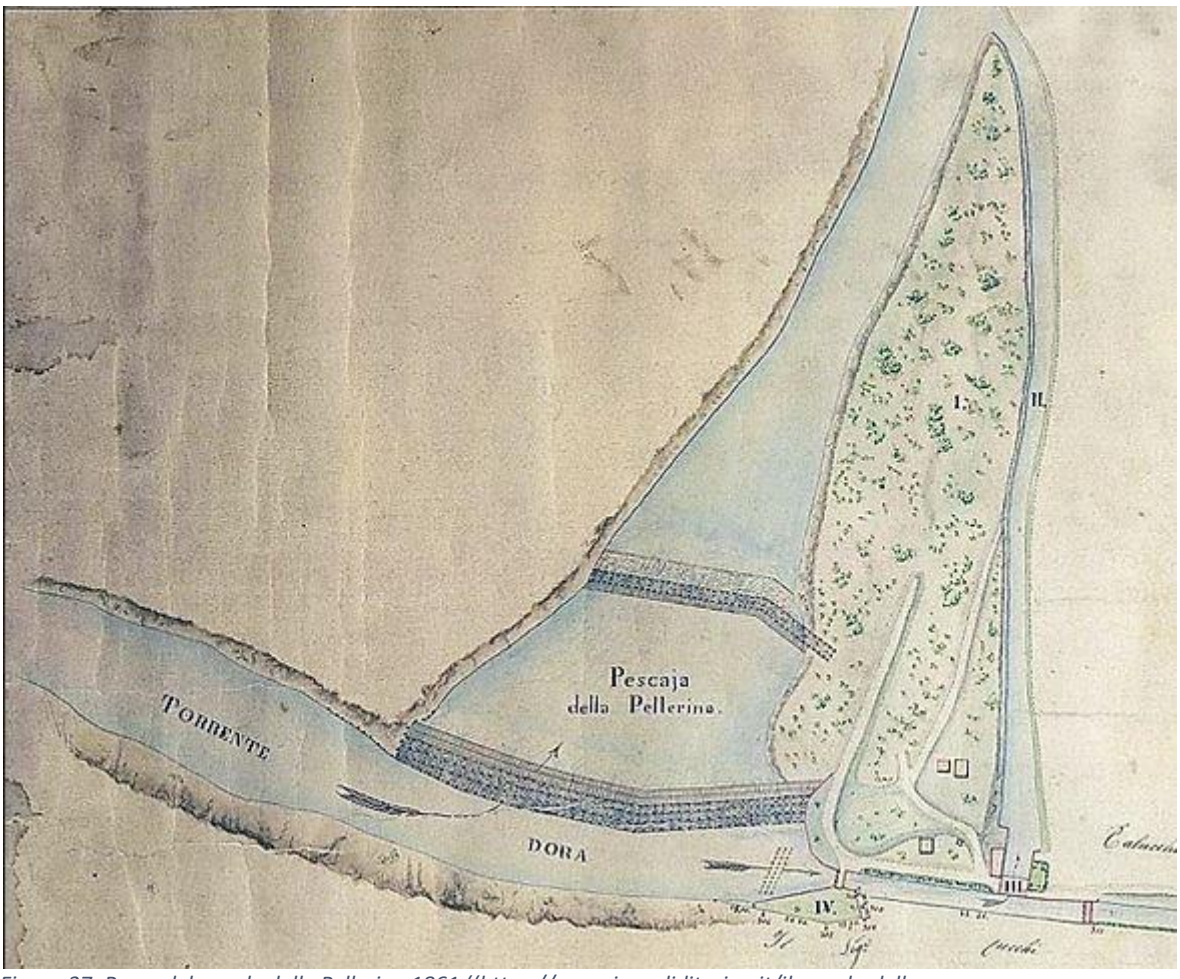


Figura 37- Presa del canale della Pellerina 1861 ((https://www.icanaliditorino.it/il-canale-della-pellerina?lightbox=dataItem-jb2bkw3b)

La traversa, durante i primi anni del 900, venne dotata di un condotto dissabbiatore e sghiaiatore, limitando così il deposito di detriti a monte della diga e impediva l'insabbiamento della bocca all'interno del canale della Pellerina, in condizioni favorevoli, riusciva a superare anche i 5.000-6.000 l/s.

Il percorso del canale della Pellerina ha origine nei pressi di Corso Appio Claudio, lo percorre attraversando il Parco della Pellerina, per poi attraversare per una parte il quartiere San Donato e percorrere Corso Principe Oddone, sino a Corso Vittorio Emanuele dove si inserisce per Via Francesco Morodini per percorrere, per intero Corso Stati Uniti, attraversando l'area studio cerchiata in rosso

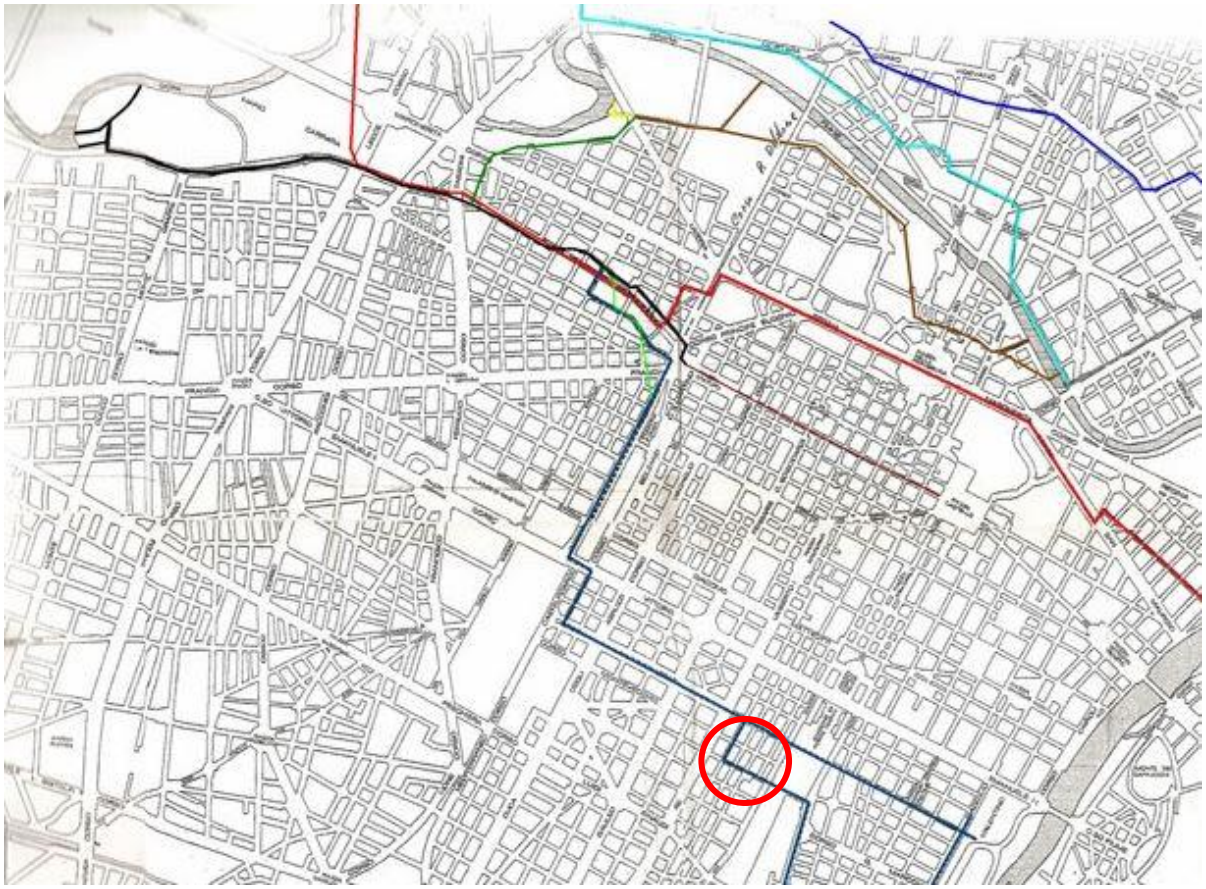


Figura 58 - Immagine dell'antico percorso della Pellerina passante in Corso Stati Uniti (https://archiviomautorino.files.wordpress.com/2015/11/canali.jpg)

La funzione che ricopriva il canale il canale della Pellerina era prettamente l'irrigazione dei campi, inoltre attraverso delle rogge(che sono dei piccoli canali

artificiali che derivano da un corso d'acqua maggiore, utilizzate soprattutto nell'area padana) fornivano l'acqua ai mulini, alle piccole centrali idroelettriche e alle cascine presenti (http://www.treccani.it/vocabolario/roggia/).

Intorno agli anni 30 cominciarono i progetti, ritenuti necessari dal PRG, riguardo la costruzioni di nuove strade e nuovi corsi che avrebbero interessato il canale, si rendeva quindi necessaria la copertura di quest'ultimo, anche per fini igienici e ambientali[37].(https://www.icanaliditorino.it/il-canale-della-pellerina).

Nonostante il canale sia stato coperto, il Sibi ci informa che lungo il tratto di Corso Stati Uniti, dove appunto il canale scorre, viene registrata la portata di 2,5 l/s d'acqua, l'acquisizione di questo dato ci porta a ipotizzare delle soluzioni di mitigazione che coinvolga il riutilizzo dell'acqua del canale della Pellerina nell'implementare la vegetazione lungo il tratto di Corso Stati Uniti privo di verde

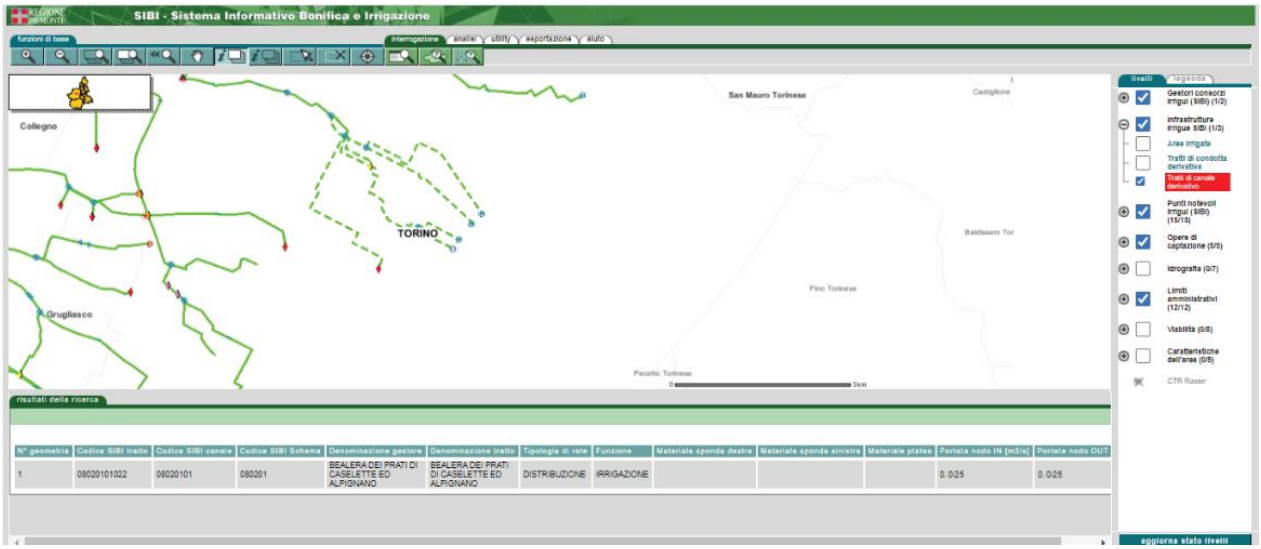


Figura 39 - Canale della Pellerina Sistema Informativo Bonifica e Irrigazione (SIBI) - http://www.webgis.csi.it/sibiwebj1/gedeone.do (dato aggiornato all'anno 2018)

.

[37] M.Lavazza www.icanaliditorino.it 2018-20

5.5.4. STATO DI FATTO

L'area in analisi del tratto di Corso Stati Uniti, compresa tra Corso Re Umberto e Via Sacchi, che ricade nella 1 Circoscrizione della Crocetta, con precisione nel Borgo San Secondo, si presenta allo stato di fatto come una strada di lunghezza di circa 300m e larghezza 15 m.

L'attuale conformazione della strada è provvista di marciapiedi, di larghezza di circa 6.5m, per ogni singola carreggiata. Si mostra come una strada a doppio senso di marcia con posteggi in parallelo su ambedue i lati delle carreggiate, al centro della strada sono presenti i binari del tram, ed è attraversata dalle linee 11, 12. 58/ e 58, GTT; in oltre sono presenti per ogni senso di marcia due fermate: la 254 San Secondo e la 255 Massena.

A differenza del tratto precedente non è presente nessun tipo di vegetazione, l'edilizia è basata su palazzine plurifamiliari, con i piani terra utilizzati per attività esclusivamente commerciali e per la ristorazione. Al di sotto della carreggiata scorre il canale della Pellerina.

INQUADRAMENTO (ALLEGATO 1-2)

ZOOM STATO DI FATTO (ALLEGATO 3)

SEZIONE STATO DI FATTO (ALLEGATO 4)

5.3 IPOTESI DI PROGETTO SOLUZIONE 1

La prima ipotesi nasce dall'idea di apportare elementi verdi all'area in esame, si incentra sull'eventuale impianto di Rain Garden, in italiano traducibile come

giardini della pioggia. Questi si presentano come strutture molto simili a delle aiuole ricoperti da arbusti e piante basse. Il loro compito principale è quello di gestire e controllare grandi quantità d'acqua piovana proveniente dai tetti degli edifici, dalle strade e dalle superfici pavimentate di cui è composta la città; inoltre riescono a trattenere l'acqua dei Runoff, depurano l'acqua e rallentano l'afflusso d'acqua per scorrimento.

Sono costituiti da una miscela di sabbia per il 50%, compost organico al 25% e terriccio precostruito per un altro 25%.

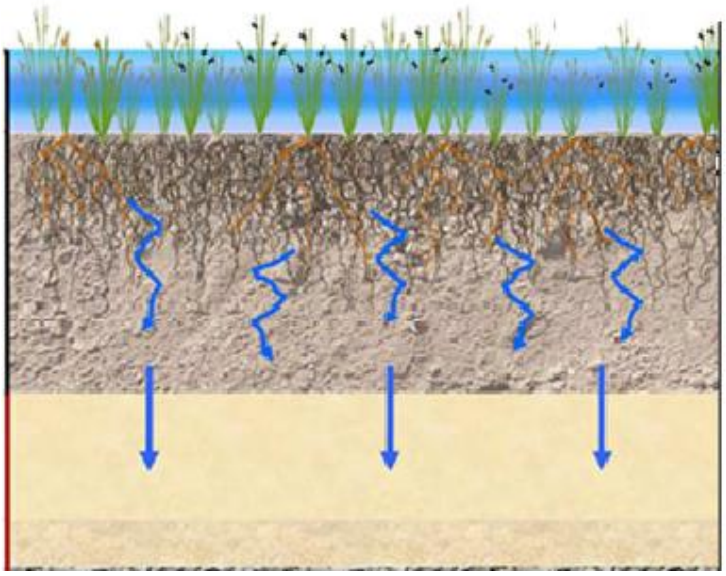


Figura 40 - Composizione strati Rain Garden - (https://www.melbournewater.com.au/planning-and-building/stormwater-management/options-treating-stormwater/raingardens)

Anche se il loro ruolo è prevalentemente utilizzato nelle città per la gestione della pioggia, si ipotizza di utilizzare queste strutture a Torino per ridurre la temperatura, in quanto l'impianto dei Rain Garden determina un apporto di verde e la riduzione delle superfici impermeabilizzate; sfruttandoli così per una duplice funzione.

L’ipotetico progetto prevede la riapertura, lungo il lato sud di Corso Stati Uniti, del canale della Pellerina, lo stesso rimarrà coperto nei tratti degli incroci stradali di Corso Stati Uniti. Il canale assumerà una forma a sezione trapezoidale la cui base maggiore, corrispondente all’apertura in superficie sarà di 1metro, la base minore, che corrisponde al fondo del canale dove scorre l’acqua, sarà di 50 cm, la quota dell’acqua si trova ad 1 metro di profondità dal livello della strada.

L’acqua verrà portata in superficie tramite una pompa sommersa che la solleverà fornendo, attraverso l’utilizzo di un tubo forato, circa 30l d’acqua per ogni Rain Garden, durante il periodo estivo, irrigando i Rain Garden disposti ai lati del canale della Pellerina.

La dimensione dei singoli Rain Garden sarà di 2m di larghezza e di 5 m di lunghezza, posti a distanza di 5 metri uno dall’altro, ciascuno delimitato da un bordo di contenimento di 10 cm di altezza e 5 cm di spessore.

Dal lato del canale della Pellerina, i Rain Garden saranno disposti a cavallo del canale, su due file sfalsate, la prima sarà posta nel marciapiede, lasciando circa 4m per il passaggio pedonale; la seconda fila occuperà parte della carreggiata determinando un restringimento di quest’ultima di circa 2,5m, con rimozione dell’area deputata al parcheggio, fra le due file di Rain Garden scorrerà il canale.

La superficie compresa fra i Rain Garden sarà costituita da pavimento permeabile.

Il pavimento permeabile è costituito da singoli moduli di cemento o di plastica rinforzata, con apertura a nido d’ape, sono presenti spazi che vengono riempiti con sabbia o ghiaia. La conformazione a griglia permette il riempimento degli spazi

vuoti con terreno organico ed il loro inerbimento contribuisce ad aumentare la quota di verde dell'area[38].

Durante il periodo estivo secco e quindi compresi i giorni interessati dalle ondate di calore, i Rain Garden potranno essere irrigati utilizzando l'acqua del canale, mentre nelle stagioni o nelle giornate piovose i timer che attivano l'erogazione dell'acqua (sono dei timer con sensore di pioggia) interromperanno la loro distribuzione. I Rain Garden lungo il marciapiede nord, di Corso Stati Uniti, verranno disposti su una sola fila a distanza di 5m uno dall'altro.

La loro irrigazione verrà effettuata durante i mesi estivi dal Servizio Verde Pubblico di Torino.

In totale viene ipotizzata la realizzazione complessiva di 90 Rain Garden.

ZOOM E SEZIONE AREA IPOTESI PROGETTUALE 1 (ALLEGATO 5 – 6)

5.4 POTESI DI PROGETTO SOLUZIONE 2

L'idea della seconda ipotesi nasce dall'esigenza di aumentare l'apporto d'ombreggiatura nel tratto considerato di Corso Stati Uniti.

L'ipotesi prevede l'apertura del canale e la piantumazione di alberi ai due lati del canale della Pellerina, disposti in maniera sfalsata. Un'altra fila singola di alberi sarà disposta lungo il marciapiede nord.

[38] PAVIMENTAZIONE PERMEABILE Comune di Bologna - Linee guida sull'adozione di tecniche di drenaggio urbano sostenibile per una città più resiliente ai cambiamenti climatici http://www.blueap.eu/site/wp-content/uploads/2018/07/Linee-Guida-SUDS-Bologna_EIB_rev1.pdf

L’apertura del canale sarà a sezione trapezia, con base minore 20 cm e profonda 1 m, le cui sponde sono realizzate con elementi prefabbricati, mentre il fondo permeabile è costituito da ghiaia, ciò permette alle radici dell’albero di captare direttamente dal canale l’acqua necessaria per la loro crescita.

L’aiuola si ipotizza avere una sezione a forma di trapezio rettangolo, con base minore rivolta verso la superficie, l’altezza sarà di 1 m, il lato maggiore misura 1,40m, mentre il lato obliquo, rivolto verso il canale, è di 70 cm.

Le aiuole saranno poste nel marciapiede, riducendone nel complesso la larghezza di circa 1m dei circa 6,5m totale. L’apertura del canale della Pellerina e l’inserimento delle aiuole nella carreggiata, ne determinerà un restringimento di 2 m, con rimozione dell’area destinata a parcheggio.

La distanza tra le aiuole è di 5 metri, la superficie compresa fra un’aiuola e l’altra sarà costituita da pavimentazione permeabile.

Nel tratto lungo il marciapiede nord del Corso si ipotizza l’inserimento, lungo i marciapiedi, di Tree Box Filter aventi la dimensione complessiva di $1m^3$; posti anch’essi, a distanza di 5m l’uno dall’altro. Le superfici comprese tra i Box potrebbero essere sostituite da pavimentazione permeabile. All’irrigazione degli alberi piantumati lungo il marciapiede nord provvederà il Servizio del Verde Pubblico di Torino.

ZOOM E SEZIONE AREA IPOTESI PROGETTUALE 2 (ALLEGATO 7 – 8)

5.5. IPOTESI DI PROGETTO SOLUZIONE 3

La terza ipotesi progettuale nasce dal confronto delle prime due ipotesi, l'impianto dei Rain Garden per quanto utili nell'implementare le aree verdi, non sarebbero utili a formare zone ombreggiate, che invece sono prodotte dalla presenza degli alberi, in oltre nel tempo questi potranno raggiungere una autonoma capacità di crescita con una bassa manutenzione. Quindi ipotizzando di volere utilizzare gli alberi, questi nella fase iniziale della piantumazione avranno la necessità di essere irrigati fino al consolidamento dell'apparato radicale, si è quindi ipotizzato di portare l'acqua a scorrere in superficie tramite un piccolo canale che avrà la funzione di irrigare gli alberi.

Si verrebbero a creare due rivoli che scorrono senza soluzione di continuità lungo i corrispettivi marciapiedi dell'area studio di Corso Stati Uniti. A livello degli incroci stradali tra il Corso e le vie secondari l'acqua dei rivoli verrà accolta da una conduttura posta al di sotto del manto stradale. Ai due bordi del canalino sarebbero disposti una fila di Tree Box Filter, delle dimensioni di 1mx1m, disposti in modo sfalsato rispetto al controlaterale.

La distanza fra i singoli Tree Box Filter sarà di 5m. Il Tree Box Filter è composto da un box prefabbricato, da un mix di strati con diverse granulometrie e da un albero. La parte superiore del box può avere una griglia che protegge l'albero da elementi inquinanti, dalla griglia al primo strato di pacciamatura vi sarà uno strato vuoto di circa 12 cm. All'interno il box, a fondo chiuso, accoglierà il terreno composto da uno strato di pacciamatura che ha un ruolo importante nel mantenere umido il

terreno nei mesi caldi al fine di garantire le giuste condizioni di vita per l'albero. La pacciamatura è anche utilizzata per trattenere il materiale organico grossolano e le particelle sospese contenute nell'acqua piovana. A seguire viene posto il terriccio di posa drenante, costituito principalmente da una miscela di sabbia (50-60%), compost organico (20-30%) e terriccio precostituito (20-30%), che fornisce sostegno e nutrienti per l'albero.

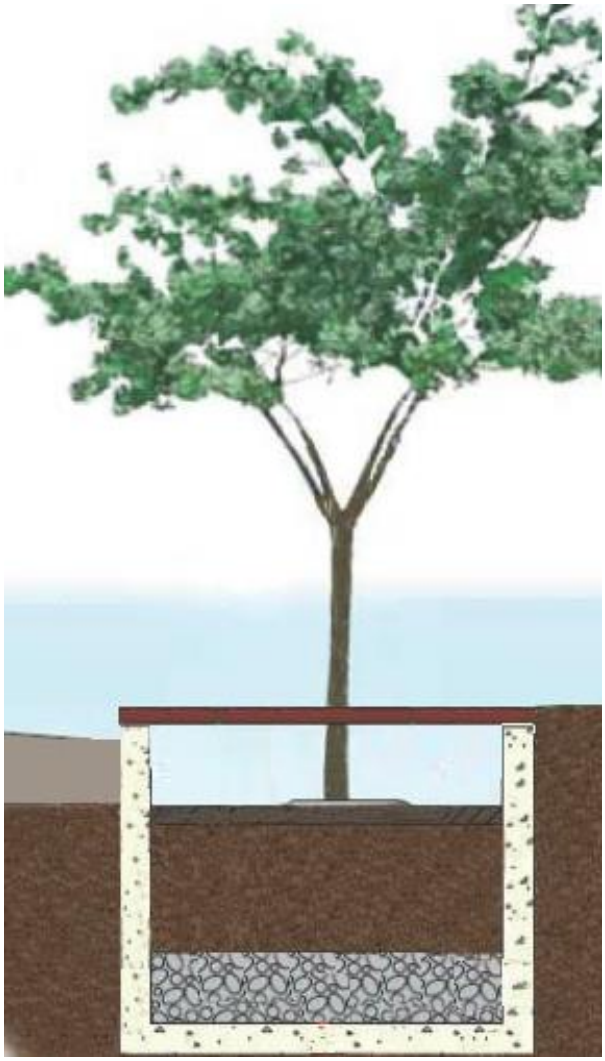


Figura 41 - Composizione Tree Box Filter - Elaborazione propria

Le superfici comprese tra un box e l'altro, verranno ricoperti da pavimentazione permeabile.

Il pavimento permeabile è costituito da singoli moduli di cemento o di plastica rinforzata, con apertura a nido d'ape, fra un elemento e l'altro sono presenti spazi che vengono riempiti con sabbia o ghiaia. La conformazione a griglia permette il riempimento degli spazi vuoti con terreno organico ed il loro inerbimento, la percentuale a verde è stimata per circa il 90

L'ipotesi di progetto prevede la creazione, fra la doppia fila dei Tree Box Filter, di un piccolo solco di cemento ben levigato, nel contesto del pavimento permeabile, di ampiezza 10 cm e profondità 5 cm. L'impermeabilizzazione del canalino verrà ottenuta con un rivestimento di EPDM di 1,02mm di spessore.

EDPM dall'inglese (Ethylene-Propylene Diene Monom) sono gomme ottenuti dalla copolimerizzazione di etilene, propilene e da un terzo monomero rappresentato da un diene, con legami chimici incrociati, che vanno a formare un prodotto elastico, chimicamente stabile, con innumerevoli proprietà. In particolare è una tipologia di gomma atossica; resistente all'allungamento fino al 300%, può essere tesa in tutte le direzioni allo stesso tempo e non è soggetto a rottura, il materiale può essere deformato fino ai limiti estremi e ritorna sempre alla sua dimensione e forma originarie; resiste alle alte temperature fino a +120° e alle basse temperature sino a 40°, all'ozono e ai raggi UV[39].

Le impermeabilizzazioni in EPDM sono chimicamente stabili, non contengono additivi inquinanti e metalli pesanti, non rilasciano sostanze nocive, e inoltre l'EPDM è indicato da Greenpeace come alternativa alla plastica in PVC poiché

[39] Betelli S.r.l http://www.betelli.it/materiali-cosa-sapere-sulle-guarnizioni-in-epdm-espanso/

completamente riciclabili, rispettano quindi le esigenze dell'ambiente e sono munite della "dichiarazione ambientale prodotto EPD", Dichiarazione Ambientale di Prodotto (Environmental Product Declaration).[40]

Quindi, formato il piccolo canale naturaliforme, vi verrà fatta scorrere l'acqua che capteremo dal canale della Pellerina, che in questo caso resterà coperto; verrà aperta solo una porzione di strada dove verrà posizionata la pompa sommersa che provvederà a portare l'acqua del canale in superficie creando i rivoli.

il numero totale dei Box e dei corrispettivi alberi è di 220, 110 per ogni marciapiede.

ZOOM E SEZIONE AREA IPOTESI PROGETTUALE 3 (ALLEGATO 9 – 10)

[40] IMPERMEAtecnologia ambientale http://www.impermea.it/epdm.php

CONCLUSIONI

Il lavoro di tesi nasce dallo svolgimento del tirocinio curriculare presso gli uffici della Regione Piemonte. Nella prima fase di sviluppo della tesi si analizzano quelli che sono definiti pericoli climatici spesso correlati ai cambiamenti climatici in particolare le ondate di calore. Le heatwaves sono responsabili, all'interno dell'area urbanizzata di Torino, del fenomeno dell'isola di calore, che determina a causa della geomorfologia urbana una maggiore concentrazione di aria calda all'interno dei suoli urbanizzati mentre va ad attenuarsi man mano si raggiugono le zone più periferiche e rurali. A seguire si valutano le politiche e le azioni che ne prevengono e ne mitigano gli impatti.

Si effettua anche un'analisi degli strumenti che individuano l'estate 2017 tra le più calde degli ultimi 30 anni con una temperatura superiore alla media nazionale di circa 3,7°C, tra cui i bollettini emessi dalla Regione Piemonte e il Rapporto Arpa del 2017.

La fase successiva è stata un'analisi più approfondita, attraverso l'utilizzo del satellite Landsat 8, che ha consentito la creazione della mappa del termico che ci ha permesso l'individuazione delle aree con maggiori temperature durante la IV ondata di calore che si è registrata a Torino. Per maggiore autenticità del dato termico si sono create altre 2 mappe: la IS e la NDVI. Dal confronto delle tre mappe si osserva come le elevate temperature si concentrano nelle aree maggiormente urbanizzzate (Mappa dell'Impervious Surface), mentre le aree con temperature più

miti sono dove è maggiore la concentrazione di verde e di umidità (Mappa Normalized Difference Vegetation Index).

L'individuazione dell'area dell'intervento ricade all'interno di Corso Stati Uniti in quanto dal confronto delle 3 mappe si evidenzia essere una zona con elevate temperature, alto indice di suolo impermeabilizzato e assenza di verde. Un altro fattore che ha influenzato tale scelta è la presenza di un elemento idrico, che è il canale irriguo sotterraneo della Pellerina con il suo apporto di acqua di 2,5l/s, coperto in passato per favorire l'espansione urbanistica della città.

Infine nell'ultima parte della tesi vengono proposte delle ipotetiche soluzioni che abbiano lo scopo di ridurre gli effetti negativi delle elevate temperature e migliorare il disconfort e la vivibilità della popolazione residente all'interno dell'area oggetto di studio.

Le ipotesi progettuali proposte rientrano nelle soluzioni green and blue previste fra le azioni di mitigazione della SNACC (Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici) e ipotizzano il riadattamento dell'uso dei Rain Garden e dei Tree Box Filter, che rientrano nelle BMP (Best Management Practice).Tali strutture, ideate per risolvere i problemi del deflusso delle acque piovane in ambito urbano, in questo caso avranno come funzione la creazione di aree verdi in grado di ridurre le alte temperature grazie all' apporto di vegetazione in un area che ne è priva. La loro implementazione andrà a determinare un aumento dall'evapotraspirazione, aumento dell'ombreggiatura, riduzione delle superfici impermeabilizzate. La soluzione proposta prevede in oltre l'apertura del canale della Pellerina e l'utilizzo

dell'acqua in esso contenuta per l'irrigazione del verde proposto per l'area di Corso Stati Uniti, elementi utili nei processi di mitigazione degli effetti legati alle ondate di calore.

La prima soluzione ipotizza l'adozione dei "Rain Garden" come elementi funzionali alla riduzione della temperatura e l'apertura del canale. Tale soluzione è ricca di aspetti positivi quali: l'azione di ritenzione idrica, l'evapotraspirazione della vegetazione presente in essi, un buon inserimento in ambiente urbano, la riduzione delle superfici impermeabilizzate e l'apporto estetico.

La soluzione presenta però degli elementi negativi legati alla presenza della bassa vegetazione. La bassa vegetazione comporta scarso apporto di ombreggiatura. La poca ombreggiatura non favorisce la riduzione della temperatura e soprattutto la creazione di spazi confortevoli per le persone. In oltre l'utilizzo delle pompe per irrigare le piante contribuisce al consumo di energia e alla produzione di calore.

Nella seconda ipotesi, si prevede l'utilizzo di un doppio filare di alberi a cavallo del canale. Questo sarà aperto alla superficie viaria e si creeranno passaggi permeabili in ghiaia verso le sedi di impianto degli alberi

Gli alberi recano una serie di benefici quali: maggiore ombreggiatura all'area, un considerevole contribuito nel processo di assorbimento e di riduzione della $CO_{2,}$ e una maggiore evapotraspirazione; tutti fattori che incidono sulla riduzione della temperatura durante le ondate di calore.

In oltre, gli alberi, a differenza delle piante erbacee, necessitano di una minor manutenzione e un apporto idrico relativo ai primi anni della piantumazione, fino al raggiungimento di autonoma capacità di crescita.

Per gli alberi disposti sul lato nord in cui manca l'apporto idrico dell'acqua della Pellerina l'irrigazione sarà a carico del Servizio Verde Pubblico di Torino per i primi 2-3 anni, fino al raggiungimento del consolidamento dell'apparato radicale.

La terza ipotesi prevede l'utilizzo di "Tree Box Filter", la non apertura del canale e la creazione di due rivoli sulla superficie di ciascun marciapiede. Ai bordi dei rivoli verranno impiantati una doppia fila di alberi. Questa soluzione nasce dal confronto delle prime due ipotetiche soluzioni. Partendo dal presupposto dell'esclusione dei Rain Garden, che utilizzano una bassa vegetazione, si accentra ancor di più il ruolo funzionale degli alberi previsto nella seconda ipotesi. Basandoci sulla necessità che la piantumazione degli alberi richieda nei primi anni un apporto idrico, si è pensato di ricreare in superficie il ruolo dell'acqua lenta della Pellerina. Quindi si ipotizza di portare l'acqua a scorrere in superficie tramite un piccolo canale che avrà la funzione di irrigare gli alberi.

Per questa soluzione non è prevista l'apertura del canale. Ciò comporta che l'acqua della Pellerina venga portata in superficie attraverso l'utilizzo di pompe. Questo prevede quindi un impianto idrico sotterraneo che porti l'acqua, tramite tubatura passante sotto il manto stradale, da un marciapiede all'altro di Corso Stati Uniti. Questa operazione risulta complessa e inadatta in quanto la presenza della struttura delle rotaie del tram, passante per il Corso, la presenza dell'impianto

fognario della città, e di altre infrastrutture eventualmente presenti potrebbero creare un ostacolo di non facile superamento al fine della realizzazione dell'impianto idrico e quindi della terza soluzione.

La proposta che sembrerebbe essere la più idonea a livello strutturale e funzionale è la seconda. La possibile progettazione di tale soluzione implica, la riduzione della carreggiata sud che comporta la perdita dell'attuale parcheggio previsto lungo il tratto di Corso Stati Uniti. Occorrerebbe valutare quindi se tale modifica comporti disagi sul sistema del transito veicolare.

In questa soluzione la struttura dei Tree Box Filter resa più adatta all'utilizzo diretto dell'acqua del canale, eliminerebbe il sovraccarico sia economico che energetico relativo al sistema delle tubazioni e delle pompe con la loro conseguente produzione di calore.

La soluzione porterebbe alla creazione di un viale alberato che contribuirebbe sia a mitigare le problematicità dovute al microclima urbano sia a migliorare le qualità estetiche del tratto di Corso Stati Uniti.

BIBLIOGRAFIA

Alcoforado M.J., Andrade H., Lopes A., Vasconcelos J. (2009), "*Applicationof climatic guidelines to urban planning: the example of Lisbon (Portugal)",* Landscape and Urban Planning, vol. 90, pp. 56–65

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. (scaricabile del sito (https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/)

Leone N.G. (2004): "*Elementi della città e dell'urbanistica*" Palumbo

Nunez M. and Oke T.R. (1977), "The Energy Balance of an Urban Canyon", Journal of Applied Meteorology, vol. 16,

Oke T. R. (1982), "*The energetic basis of the urban heat island*", Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 108, n. 455, 1 24.

Oke T.R. (2006),” Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites”, Instruments and observing methods, World Meteorological Organization, Report no. 81

S.Kaspersen, R.Fensholt e M. Drews “*Using Landsat Vegetation Indices to Estimate Impervious Surface Fractions for European Cities” in “Remote sensing” ISSN 2072 – 4292, 2015*, p.8224 - 8246 (www.mdpi.com/journal/remotesensing

Varnes D.J. (1978): “*Slope movement types and processes*”. In: SCHUSTER R.L. & KRIZECK R.J. (Eds.) “Landslides, analysis and control”. Washington Transportation Research Board, Spec. Rep., n° 176, pp. 11-33.

SITOGRAFIA

Accordo di Parigi

https://ec.europa.eu/clima/policies/international/negotiations/paris_it

Atlante Torino - http://www.atlanteditorino.it/vie/S.html

Canali sotterranei Torino - M.Lavazza “I canali di Torino. Il sito dei canali e delle bealere torinesi” -www.icanaliditorino.it 2018-20

Canale della Pellerina-https://www.icanaliditorino.it/il-canale-della-pellerina

Carta del Verde http://geoportale.comune.torino.it/

Carta di Aalborg

https://www.minambiente.it/sites/default/files/Carta_di_Aalborg_del_27_maggio_1994.pdf

Corso Stati Uniti
A. Rossi I torinesi difendono corso Unione: L’ipotesi di cambiare nome, in “La Stampa” 2013

https://www.lastampa.it/torino/2013/08/17/news/i-torinesi-difendono-corso-unione-1.36063648

Decreto Ministeriale 1444/68 (art.3)

Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana (GU Serie Generale n.97 del 16-04-1968)https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/1968/04/16/1288Q004/sg

Descrizione del fenomeno dell’Impervious Surface

-https://dnr.maryland.gov/streams/Pages/streamhealth/How-Impervious-Surface-Impacts-Stream-Health.aspx?fbclid=IwAR2FMQeVf12AdQyVac_FQ79BIE6Q1OMcIgVPFzy9S8CwM0NcaQYsoWdq6NY

Development and application of mitigation and adaptation strategies and measures for counteracting the global Urban Heat Islands phenomenon https://www.regione.veneto.it/web/ptrc/uhi

EPDM

-http://www.betelli.it/materiali-cosa-sapere-sulle-guarnizioni-in-epdm-espanso/

-http://www.impermea.it/epdm.php

Guidelines on the defintion and monitoring of extreme weather and climate events

https://www.wmo.int/pages/prog/wcp/ccl/documents/GUIDELINESONTHEDEFINTIONANDMONITORINGOFEXTREMEWEATHERANDCLIMATEEVENTS_09032018.pdf

IPCC Edited by J.T.Houghton, G.J.Jenkins and J.J.Ephraums "*CLIMATE CHANGE The IPCC Scientific Assessment*"

https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ipcc_far_wg_I_full_report.pdf

Land Surface Temperature (LST)"

https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-3-slstr/overview/geophysical-measurements/land-surface-temperature

Landsat 8- (https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/landsat-8-bands/

Landsat Data Access

https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-data-access?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con

Legge 10/2013

(Linee guida per il governo sostenibile del verde urbano. Comitato per lo sviluppo del verde pubblico. MATTM, 2017)
https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/comitato%20verde%20pubblico/lineeguida_finale_25_maggio_17.pdf

Legge Regionale Piemonte Astengo (56/77**)** - L:.r. n. 56 del 5 dicembre 1977

Ondate di calore

http://www.salute.gov.it/portale/caldo/dettaglioFaqCaldo.jsp?lingua=italiano&id=98#:~:text=Le%20ondate%20di%20calore%20sono,rischio%20per%20la%20salute%20della

http://www.protezionecivile.gov.it/attivita-rischi/meteo-idro/fenomeni-meteo-idro/ondate-calore

https://www.who.int/globalchange/publications/WMO_WHO_Heat_Health_Guidance_2015.pdf?ua=1

http://www.lamma.rete.toscana.it/news/ondate-di-calore-quale-definizione#:~:text=Cosa%20dice%20il%20WMO,1990%20o%201971%2D2000).

Pavimentazione permeabile

http://www.blueap.eu/site/wp-content/uploads/2018/07/Linee-Guida-SUDS-Bologna_EIB_rev1.pdf

Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici PNACC 2017

https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/adattamenti_climatici/documento_pnacc_luglio_2017.pdf

Piano Nazionale di Prevenzione degli effetti del caldo sulla salute

http://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_2867_allegato.pdf

Piano nazionale per la prevenzione degli effetti del caldo sulla salute
http://www.salute.gov.it/portale/caldo/dettaglioContenutiCaldo.jsp?lingua=italiano&id=408&area=emergenzaCaldo&menu=vuoto

Progetto Derris - http://www.derris.eu/

Quartiere Crocetta

-https://www.touringclub.it/destinazione/localita/urbanistica/217463/quartiere-crocetta-torino

-http://suburbiataurinorum.blogspot.com/2013/09/crocetta-la-citta-dei-ricchi-meta-tra.html

Rain Garden

www.planetasrl.net/guide/idee-giardino/rain-garden-cose-e-come-progettare-un-giardino-della-pioggia/

Rapporto ARPA Piemonte 2017

http://www.arpa.piemonte.it/approfondimenti/temi-ambientali/ambiente-e-salute/prevenzione-e-previsione-dei-rischi-sanitari/monitoraggio-ondate-di-calore/CaldoRelazionefinale2017regione.pdf

Regolamento del decentramento città di Torino

(http://www.comune.torino.it/regolamenti/374/374.htm

Revision of World Urbanization Prospects

https://www.un.org/development/desa/publications/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html

Rischio

DHA, U. N. Internationally agreed glossary of basic terms related to disaster management. *UN DHA (United Nations Department of Humanitarian Affairs), Geneva*, 1992.(scaricabile https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/004DFD3E15B69A67C1256C4C006225C2-dha-glossary-1992.pdf)

Telerilevamento

https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_IT/SEMD6RZRA0G_0.html

https://www.planetek.it/formazione/manuali_on_line/corso_di_telerilevamento_on_line/2_breve_storia_del_telerilevamento) licenza CC BY-ND 4.0 IT

Tipologie di verde pubblico

https://www.isprambiente.gov.it/files2017/pubblicazioni/stato-ambiente/rau-2017/3_Infrastrutture%20verdi.pdf

Tree Box Filter

(K. Onorevole Photography Friday: All Tree Boxes Lead to the Ocean 2014) https://underthecblog.org/2014/07/18/photography-friday-all-tree-boxes-lead-to-the-ocean/

U.S.G.S.Landsat Bande

https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites?qt-news_science_products=0#qt-news_science_product

USGS (United States Geological Survey),- https://glovis.usgs.gov/

ALLEGATO 1

VISTE AREA DI STUDIO

Vista Aerea Area di Studio

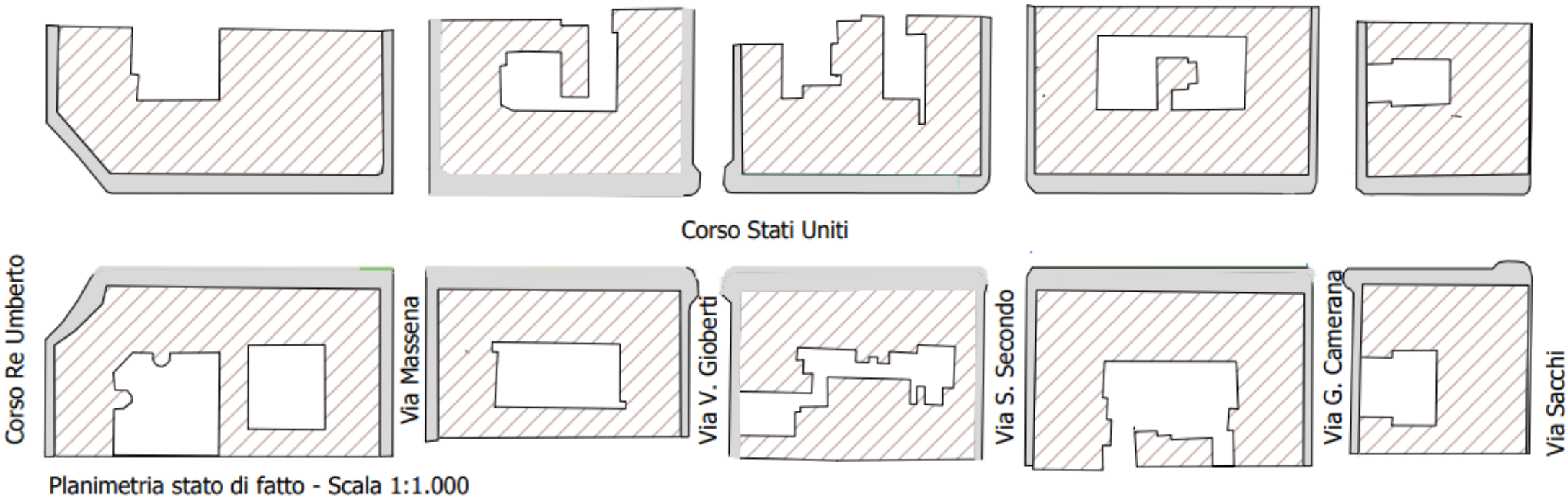
Vista Area Studio OVEST - EST

(da Corso Re Umberto a Via Sacchi)

Vista Area Studio EST – OVEST

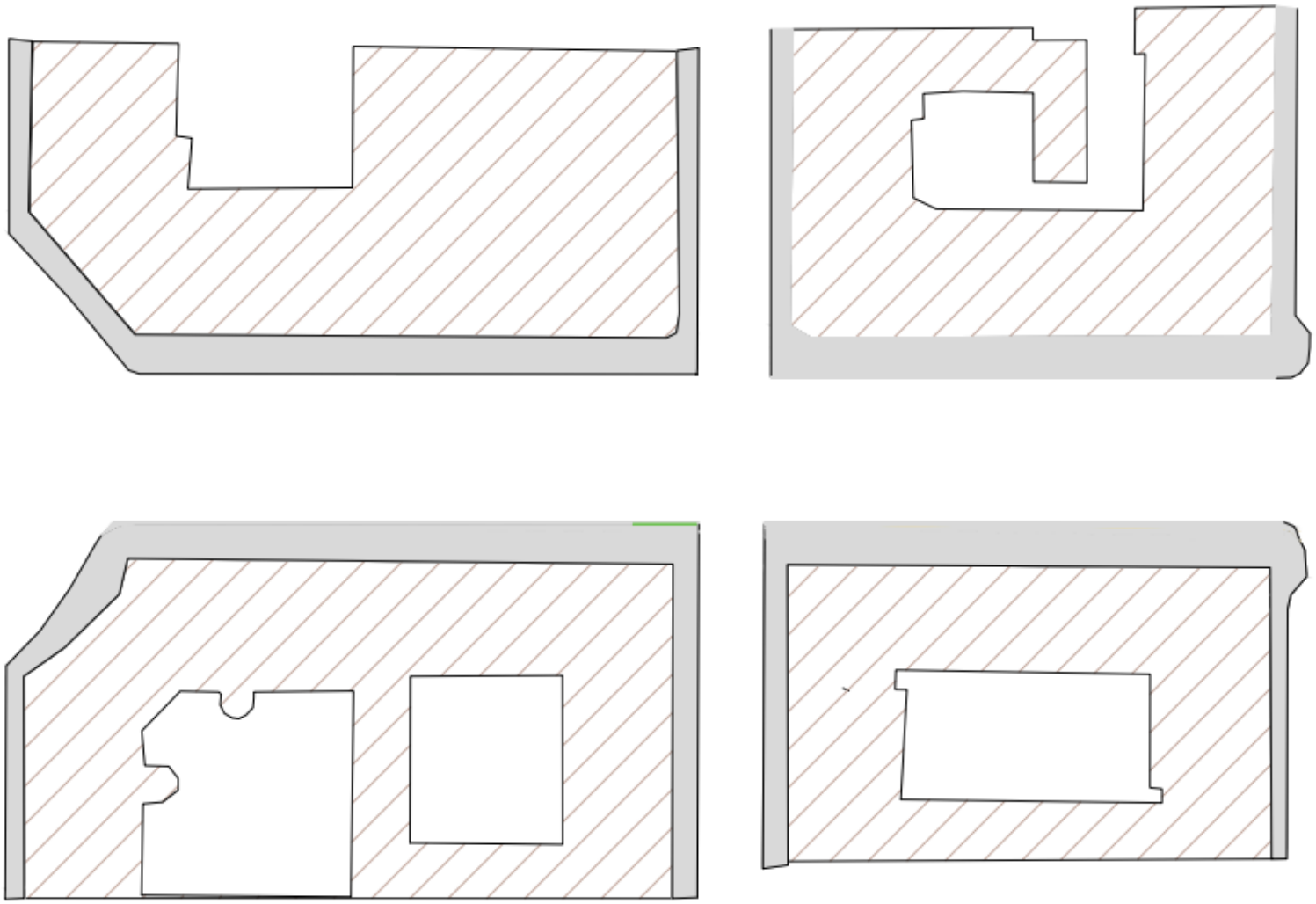
(da Via Sacchi a Corso Re Umberto

ALLEGATO 2



Planimetria stato di fatto - Scala 1:1.000

ALLEGATO 3

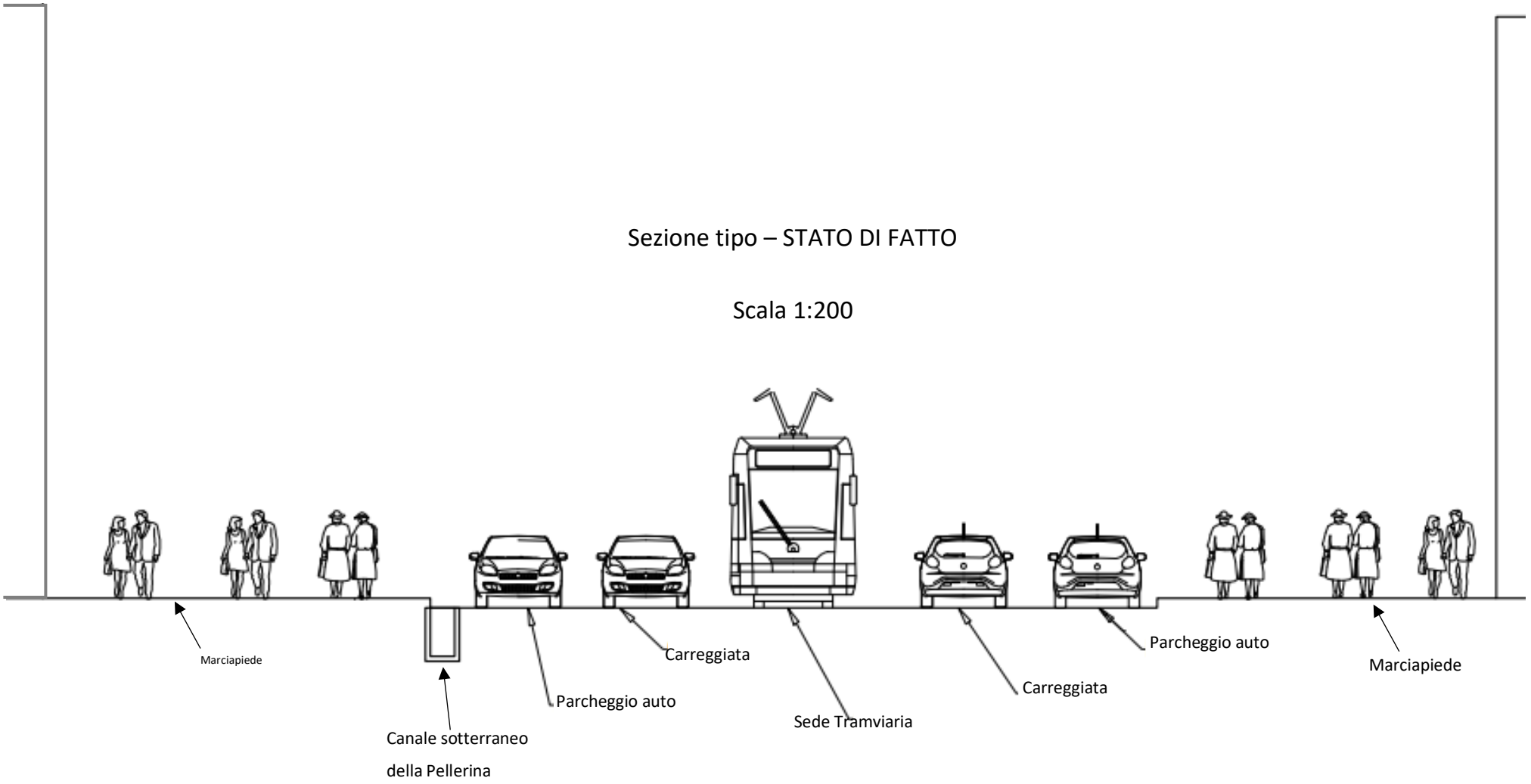


Planimetria Stato di fatto – Scala 1:500

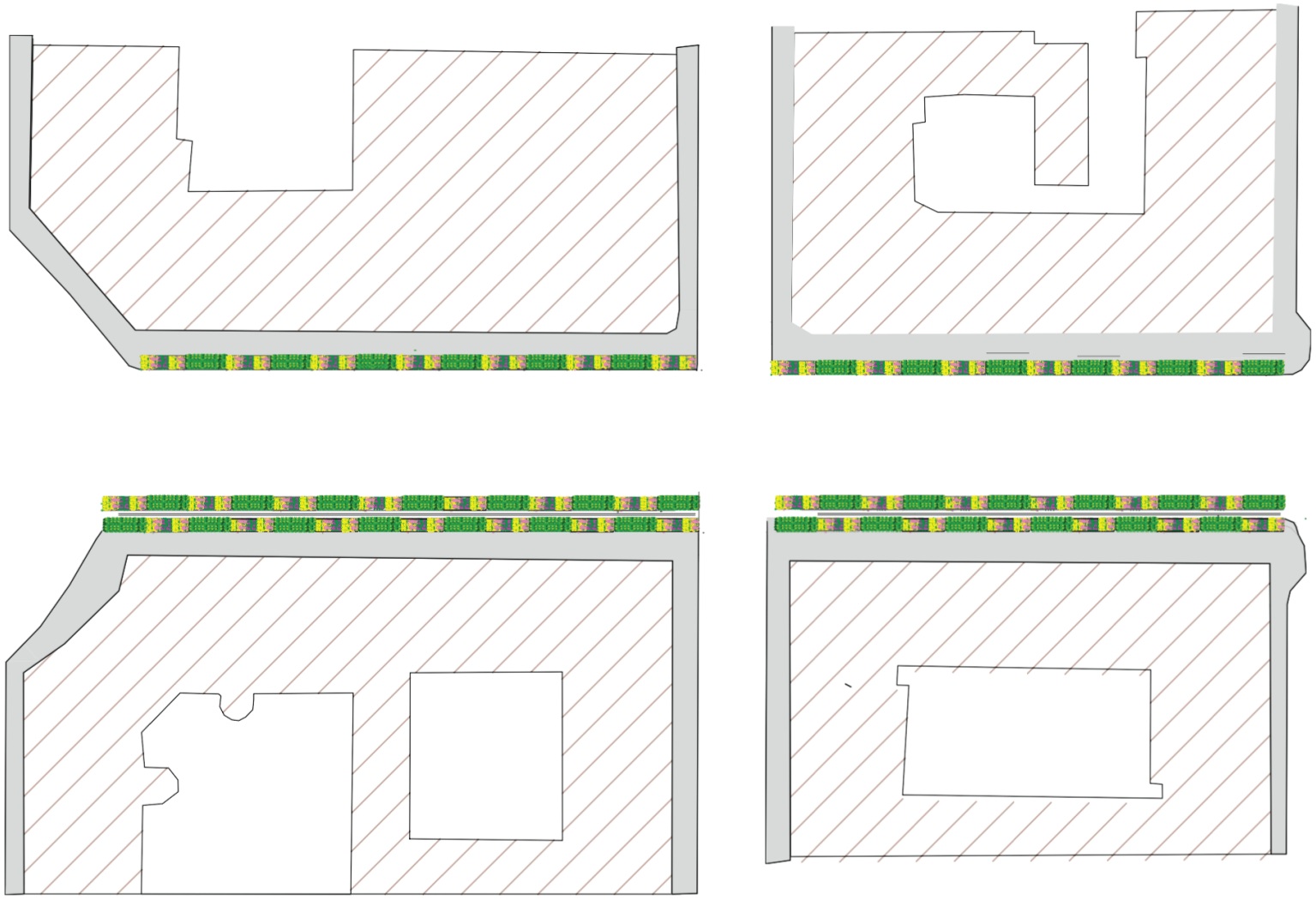
ALLEGATO 4

Sezione tipo – STATO DI FATTO

Scala 1:200



ALLEGATO 5

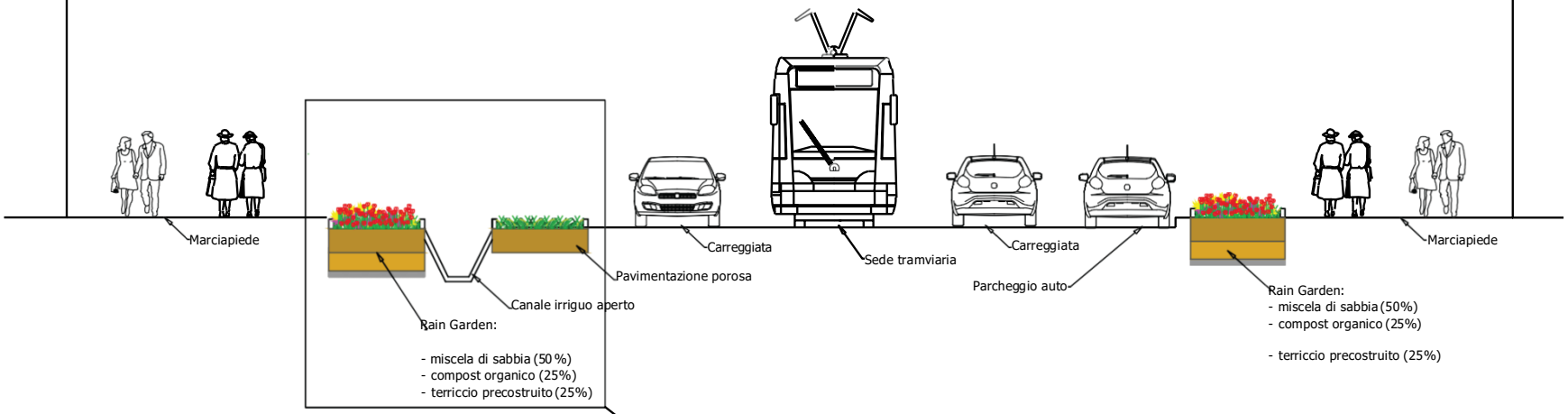


Stralcio Planimetria Stato di Progetto – IPOTESI PROGETTUALE 1 – Scala 1:500

ALLEGATO 6

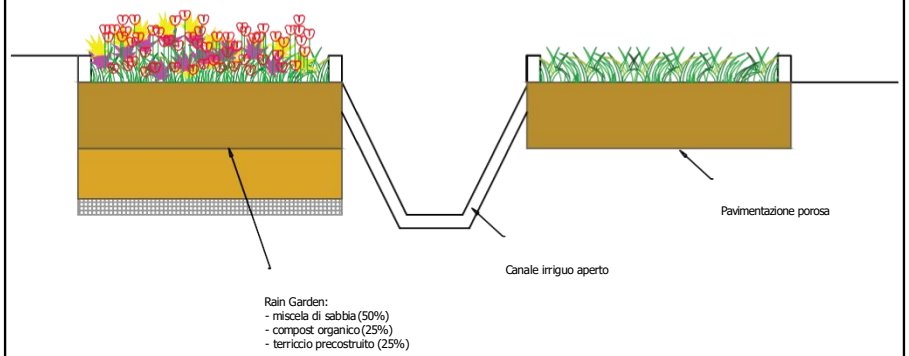
Sezione tipo – IPOTESI PROGETTUALE 1

Scala 1:200

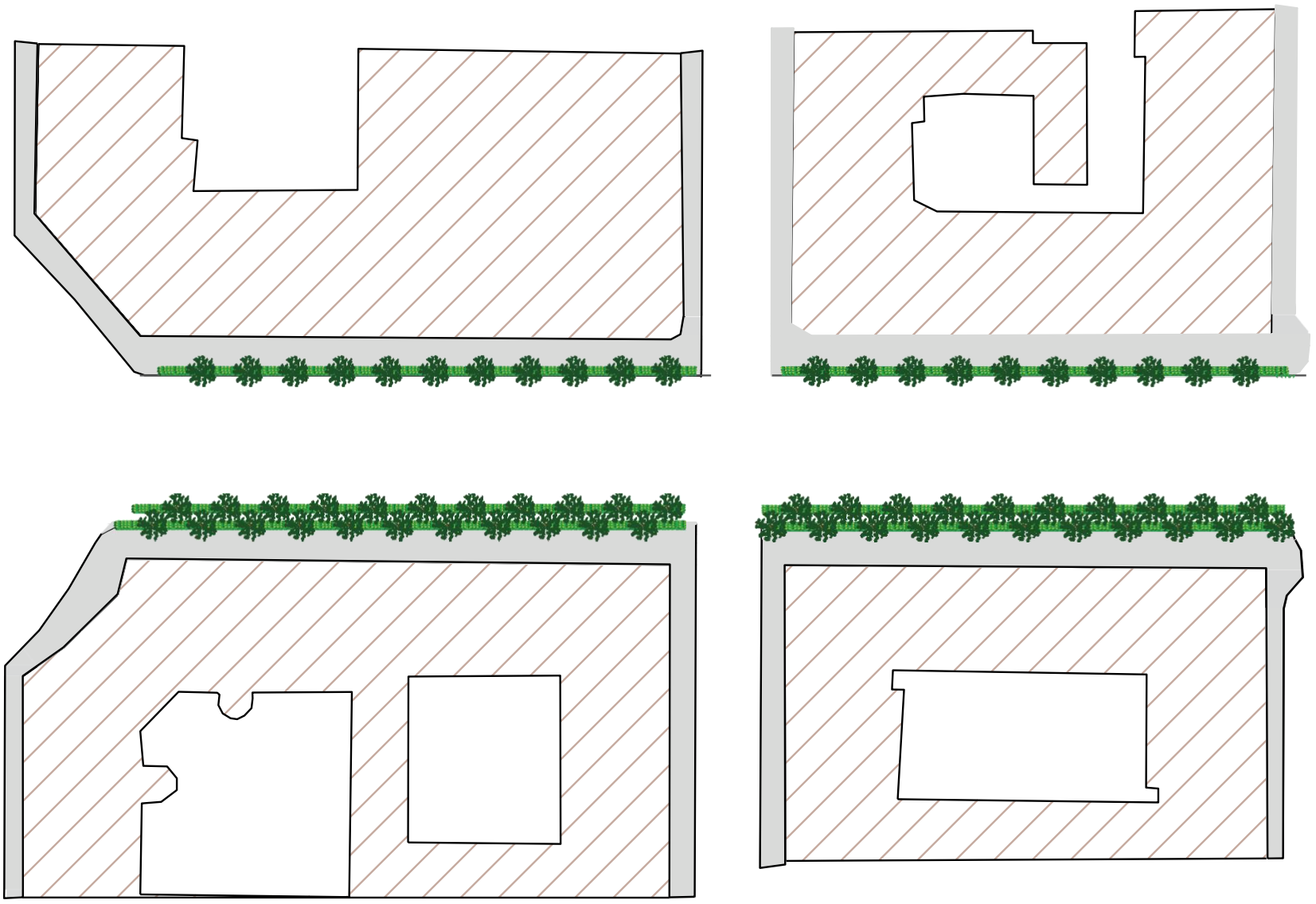


Zoom dettaglio sezione

Scala 1:50



ALLEGATO 7

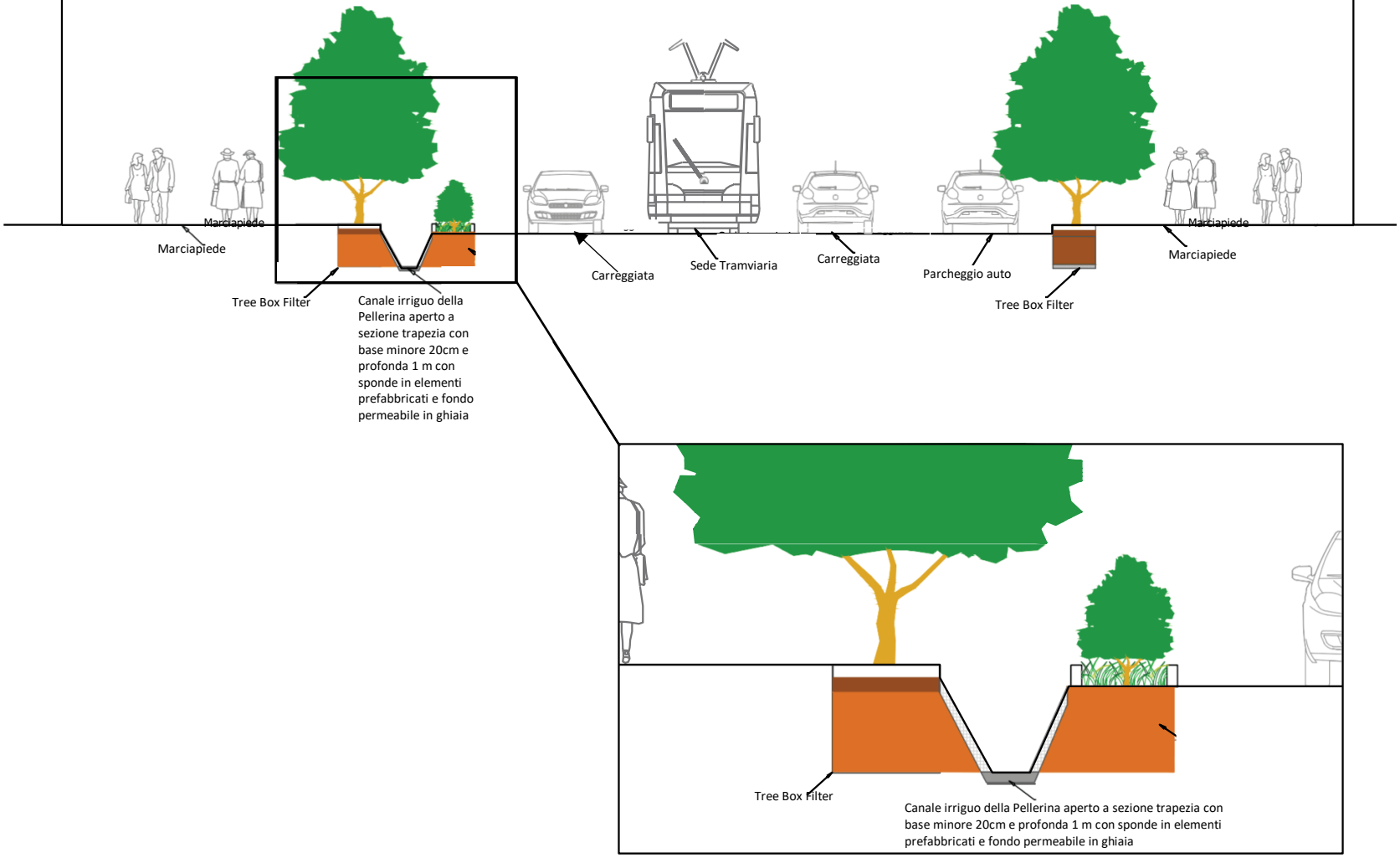


Stralcio Planimetria Stato di Progetto – IPOTESI PROGETTUALE 2 – Scala 1:500

ALLEGATO 8

Sezione tipo – IPOTESI PROGETTUALE 2

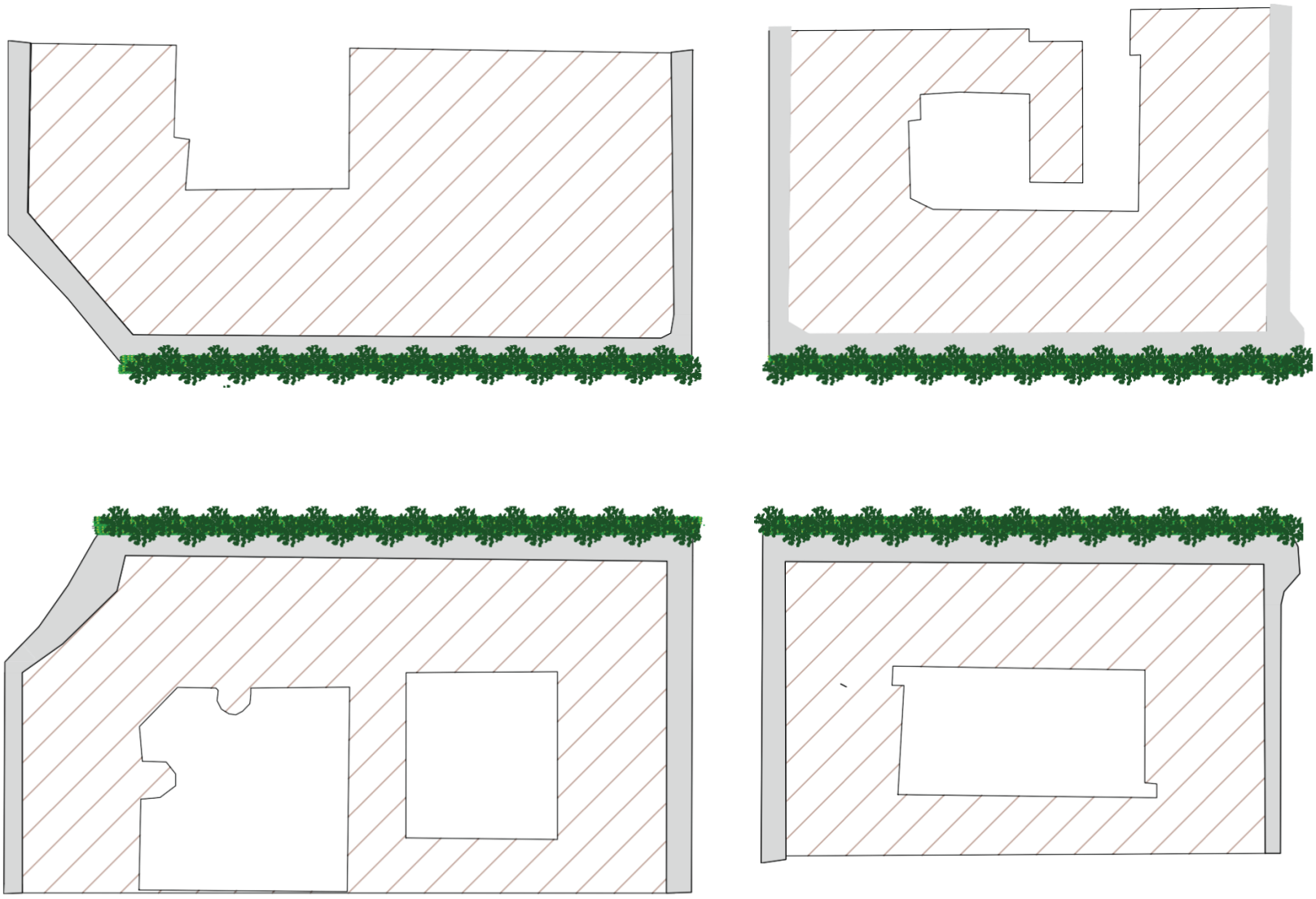
Scala 1:200



Zoom dettaglio sezione

Scala 1:50

ALLEGATO 9

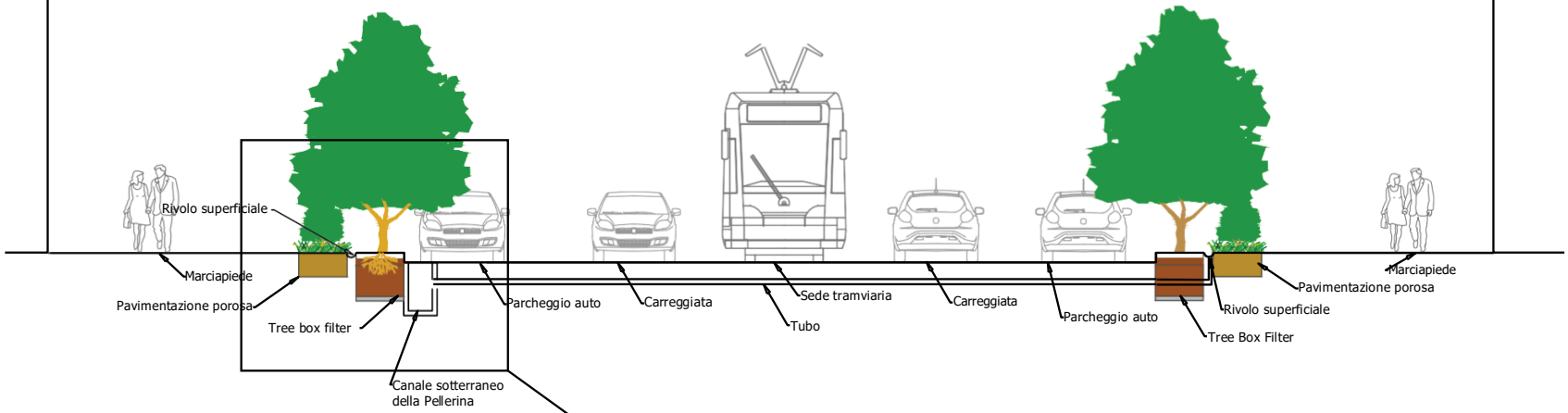


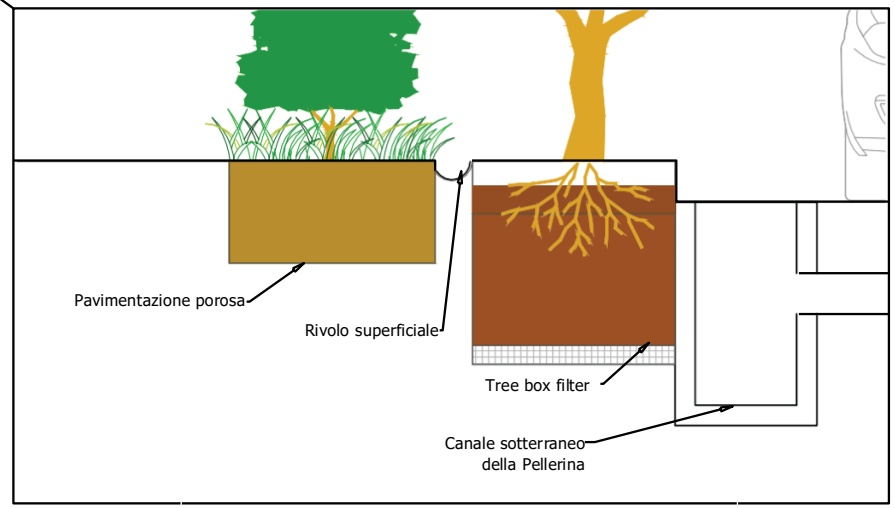
Stralcio Planimetria Stato di Progetto – IPOTESI PROGETTUALE 3 – Scala 1:500

ALLEGATO 10

Sezione tipo – IPOTESI PROGETTUALE 3

Scala 1:200





Zoom dettaglio sezione

Scala 1:50