

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

Corso di laurea in RIASSETTO DEL TERRITORIO E TUTELA
DEL PAESAGGIO
Curriculum: Tutela e Riassetto del Territorio

**Verso la sostenibilità urbana:
Il sistema del verde nella città di Padova**

Relatore:

Prof. Michelangelo Savino

Laureando:

Andrea Zannellato

Matricola n.1194607

Anno Accademico 2021/2022

*Ai miei genitori
che hanno sempre creduto in me.*

INDICE

RIASSUNTO	5
ABSTRACT	5
INTRODUZIONE	7
1 LA PROBLEMATICAM DEL CLIMATE CHANGE	9
1.1 Le cause del climate change	9
1.2 Effetti del climate change	12
1.3 Reazioni dal mondo	17
2 IL SISTEMA DEL VERDE	20
2.1 Il ruolo del verde	20
2.2 Uso del verde nell'ambiente urbano	24
3 USO RESILIENTE DEL VERDE NELLE VARIE CITTÀ	29
3.1 Ekostaden nel quartiere Augustenborg a Malmö	29
3.2 Quartiere Schelmenäcker nel distretto di Feuerbach, Stoccarda	31
3.3 Quartieri San Kjeld e Nørrebro, Copenaghen	32
3.3.1 Quartiere San Kjeld	32
3.3.2 Quartiere Nørrebro	35
4 QUADRO AMBIENTALE DELLA CITTÀ DI PADOVA	37
4.1 Aria	37
4.2 Fattori climatici	45
4.3 Acqua	47
4.4 Suolo	51
5 SISTEMA DEL VERDE NELLA CITTÀ DI PADOVA	55
5.1 Inquadramento generale del verde urbano	55
5.2 Il sistema del verde nel dettaglio	57
5.2.1 Alberature stradali	58
5.2.2 Aree verdi	59
5.3 Strategie comunali	65

CONCLUSIONI	70
ALLEGATI	71
Allegato A – Livello di Inquinamento Macrodescrittori Stato Ecologico	72
Allegato B – Valutazione annuale dell’indice LIMeco (2010-2019)	73
Allegato C – Livello di Inquinamento dai Macrodescrittori (D.lgs.152/99)	74
Allegato D – Tabella dell’uso del suolo	75
Allegato E – Superficie di verde urbano (m²) negli anni 2011-2020.	76
Tavola 1: Suddivisione delle aree verdi – Padova Nord	77
Tavola 2: Suddivisione delle aree verdi – Padova Sud	78
Tavola 3: Alberature del sistema del verde – Padova Nord	79
Tavola 4: Alberature del sistema del verde – Padova Sud	80
Bibliografia	81
Sitografia	82
Ringraziamenti	83

RIASSUNTO

I cambiamenti climatici sono sempre più rilevanti anno dopo anno e i danni che causano aumentano insieme ad essi. Per “danni” non ci si sofferma solo all’aumento della temperatura ma sono anche legati alla forza e al numero degli eventi estremi. Città, popolazione, flora, fauna e sistema economico risentono dell’aggravio delle condizioni climatiche.

La sostenibilità ambientale è un tema molto ricorrente nella società mondiale, diverse città hanno iniziato a spostare l’attenzione verso la possibilità di sviluppare una realtà con modelli economici, sociali, produttivi e ambientali nuovi e moderni.

Il problema è molto complesso e bisogna trovare il modo affinché la modernizzazione dei territori urbanizzati incida sui diversi domini del pianeta che sono interconnessi tramite il continuo scambio di energia (idrosfera, biosfera, atmosfera e geosfera).

Di azioni possibili ce ne sono molte, non c’è dubbio che una di quelle più naturali e ovvie è l’uso della vegetazione come fattore di mitigazione del climate change. Il sistema del verde di molte città è scarso e inadeguato, tanto che si è pensato solo qualche decennio fa all’obbligo di inserire una quantità minima di superficie dedicata a verde nelle città tramite gli strumenti urbanistici.

Nel dettaglio del caso studio della tesi si parte da una descrizione accurata del quadro ambientale della Città di Padova evidenziando eventuali criticità dell’aria, del clima, dell’acqua e del suolo evidenziate dall’analisi dei dati degli enti competenti. Successivamente invece viene descritto il sistema del verde del territorio oggetto dell’elaborato, i progetti adottati nei vari anni per ovviare alla crisi climatica e il processo evolutivo del territorio comunale.

ABSTRACT

Climate change is becoming more and more significant year by year and the damage it causes is increasing along with it. "Damage" is not just about rising temperatures but also about the strength and number of extreme events. Cities, population, flora, fauna and the economic system are affected from the aggravation of climate conditions.

Environmental sustainability is a very recurring theme in world society and several cities have begun to shift their attention towards the possibility of developing a reality with new and modern economic, social, productive and environmental models.

The problem is very complex and it is necessary to find a way for the modernisation of urbanised territories to affect the different domains of the planet that are interconnected through the continuous exchange of energy (hydrosphere, biosphere, atmosphere and geosphere).

There are many possible actions, but one of the most natural and obvious ones is the use of vegetation as a climate change mitigation factor. The green system of many cities is scarce and inadequate, so much so that it was only a few decades ago that it became mandatory to include a minimum amount of surface area dedicated to green in cities through urban planning instruments.

In the details of the case study of this thesis, we start with an accurate description of the environmental framework of the City of Padua, highlighting any critical aspects of the air, climate, water and soil highlighted by the analysis of the data of the competent bodies. Subsequently, the green system of the territory is described, as well as the projects adopted in the various years to overcome the climate crisis and the evolutionary process of the municipal territory.

INTRODUZIONE

L'elaborato si basa sul presupposto di descrivere come il sistema del verde può mitigare il clima e aumentare la qualità della vita nelle città facendo riferimento nel dettaglio alla Città di Padova.

Il primo capitolo della tesi si incentra sulla problematica della crisi climatica: si parte da una descrizione generale del fenomeno mondiale e dalle sue cause, confermate da dati validati. Inoltre vengono descritti gli effetti tangibili dei cambiamenti climatici seguiti dalle reazioni dei vari Paesi mondiali e il loro impegno per ovviare alla problematica.

Il secondo capitolo sviluppa il contributo della vegetazione nella limitazione della crisi climatica e degli effetti causati da quest'ultima; verranno riportati i processi fisici, chimici e biologici delle piante e l'integrazione di quest'ultima nella città moderna. L'uso intelligente del verde è confermato con la descrizione di opere che prevedono l'installazione della vegetazione.

Il terzo capitolo invece si limita ad affermare quanto riportato nel capitolo precedente, descrivendo le azioni che diverse città hanno adottato per adattarsi ai cambiamenti climatici; alcuni di questi sono già stati conclusi, altri invece sono in fase di esecuzione.

Il quarto capitolo introduce il territorio comunale di Padova e si sviluppa nella valutazione del quadro ambientale della suddetta città; tale procedura è effettuata per individuare le criticità della città legate alla qualità dell'aria, ai fattori climatici, alla sfera idrologica e alle caratteristiche del suolo.

Il quinto capitolo descrive il sistema del verde della Città di Padova analizzandolo dettagliatamente in alcuni suoi aspetti. Inoltre si pone particolare attenzione nelle azioni e nei programmi che l'amministrazione ha adottato e che sta adottando per l'adeguamento della città ai cambiamenti climatici.

1 LA PROBLEMATICA DEL CLIMATE CHANGE

Il cambiamento climatico, o *climate change*, è un concetto che si sente nominare molto spesso negli ultimi tempi ma in realtà ha origini più antiche. Nello specifico si è notata una tendenza al riscaldamento globale più (evidente)rilevante dagli anni Ottanta ma si è incominciato a rilevare le temperature in maniera affidabile già dal 1880. Globalmente la temperatura media indica che nel 2017 le temperature globali sono state 0,90°C più alte del periodo di tempo che va dal 1951 al 1980.

Da quando la raccolta dei dati della temperatura si è modernizzata ed è diventata più attendibile, dal 2001 ad oggi si sono registrati gli anni più caldi ed eventi disastrosi come uragani, inondazioni, ondate di calore e siccità che confermano la gravità del climate change.

Il Sesto Rapporto di Valutazione dell'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) indica che c'è una probabilità superiore al 50% di superare il valore di 1,5°C di riscaldamento successivamente al 2030. La soglia dei 2°C di riscaldamento si prevede che verrà superata durante il XXI secolo. Nel caso in cui le emissioni di gas serra diminuissero dal 2020 in poi e raggiungendo emissioni nette di CO₂ pari a zero intorno al 2050, è possibile che il riscaldamento globale rimanga al di sotto di 1,5°C (questa soglia 1,5 – 2 °C verrà trattata successivamente in maniera più dettagliata).

In questo capitolo verrà esaminata la relazione causa-effetto relativa al climate change e come il mondo ha iniziato a mobilitarsi in materia di cambiamenti climatici.

1.1 Le cause del climate change

Negli ultimi decenni abbiamo assistito ad un incremento demografico della popolazione mondiale (Tabella 1.1) che ha provocato un aumento di consumi e di risorse impiegate per soddisfare i bisogni della popolazione causando delle conseguenze negative.

L'uomo ha un'influenza negativa sul sistema del pianeta Terra, soprattutto sulla biosfera, a causa di attività come l'utilizzo di combustibili fossili, la deforestazione, la combustione di biomasse e di rifiuti, gli allevamenti intensivi, l'uso insostenibile del suolo agricolo e i prodotti necessari usati dall'agricoltura convenzionale (fitofarmaci e fertilizzanti chimici).

Region	Population (millions)			
	2017	2030	2050	2100
World	7 550	8 551	9 772	11 184
Africa	1 256	1 704	2 528	4 468
Asia	4 504	4 947	5 257	4 780
Europe	742	739	716	653
Latin America and the Caribbean	646	718	780	712
Northern America	361	395	435	499
Oceania	41	48	57	72

Tabella 1.1 - Previsioni della popolazione nel mondiale suddivisa per continenti, 2017,2030,2050 e 2100. (United Nations. Department of Economic and Social Affairs. Population Division. 2017. World Population Prospects: The 2017 Revision. New York.)

Quando si parla di climate change la prima causa che la gente espone è l'effetto serra e lo considerano come un evento negativo; in tutto ciò però c'è molta confusione e occorre iniziare con una premessa sulla questione.

L'effetto serra è un fenomeno legato alla presenza di alcuni gas presenti nell'atmosfera che causano il riscaldamento globale: questi gas sono comunemente chiamati "gas serra" (GHG). Questo fenomeno naturale è positivo per il pianeta dato che permette la vita sulla Terra e rende il pianeta ospitale attestando la temperatura media del pianeta a 15°C; se non ci fosse l'effetto serra la temperatura media sarebbe di gran lunga inferiore e gran parte delle specie viventi non sopravviverebbe.

Ciò che provoca il climate change è l'effetto iperserra dovuto al rilascio di emissioni di GHG dalle attività umane.

La presenza di gas serra antropici altera il bilancio energetico planetario ed innalza la temperatura media del pianeta raggiungendo valori che potrebbero mettere a rischio la vita sulla Terra.

L'anidride carbonica (CO₂), fra tutti i GHG, è la causa principale del surriscaldamento globale. Al secondo posto c'è il metano (CH₄) e, di minore importanza, ci sono gas come il protossido d'azoto (N₂O), gli idrofluorocarburi (HFCs), i perfluorocarburi (PFCs) e l'esaffluoruro di zolfo (SF₆).

Le concentrazioni atmosferiche di inquinanti hanno registrato globalmente, negli ultimi anni, un trend decrescente in Europa e America (ma non nei paesi asiatici), inoltre l'aumento delle temperature è più evidente nelle altre latitudini.

L'anidride carbonica è responsabile, per la maggior parte, del riscaldamento globale causato dall'uomo e la sua concentrazione ha superato di gran lunga le 400 ppm (parti per milione) ad aprile 2021 (Figura 1.1), questo livello è il più alto da milioni di anni. Le principali cause dell'aumento dell'anidride carbonica è l'uso di carburanti fossili e la deforestazione.

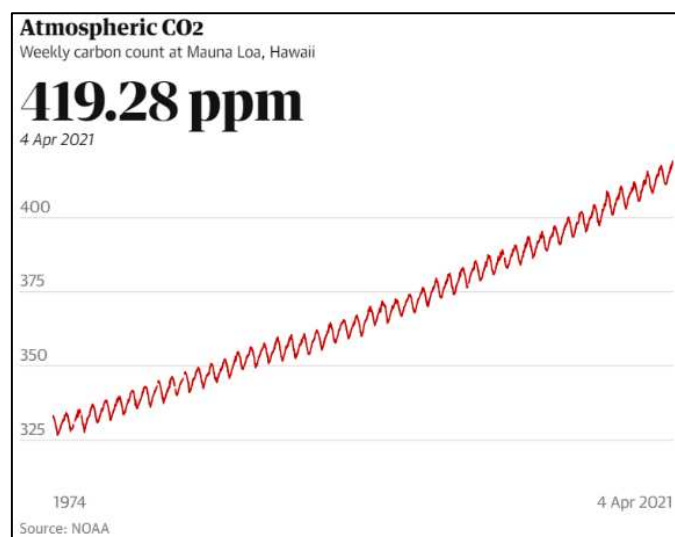


Figura 1.1 - Concentrazione di anidride carbonica 04/04/2021. (National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA)

Il metano invece, a parità di quantità, cattura molto più calore dell'anidride carbonica e il suo effetto climalterante (*Global Warming Potential - GWP*) in 100 anni è pari a 25, perciò una tonnellata di CH₄ corrisponde a 25 tonnellate di anidride carbonica; infatti il metano si degrada in CO₂. Le principali fonti sono:

- L'agricoltura e i rifiuti (188 Mt/anno);
- Le zone umide, i bacini idrici e le dighe (167 Mt/anno);
- L'estrazione e l'uso di combustibili fossili (105 Mt/anno);
- La combustione di biomasse (34 Mt/anno).

Il terzo gas ad effetto serra più presente in atmosfera è il protossido di azoto e ha un GWP pari a 310, quindi una tonnellata di N₂O corrisponde a 310 tonnellate di anidride carbonica. Questo GHG è un sottoprodotto della filiera produttiva dell'acido nitrico necessario per produrre fertilizzanti agricoli utilizzati in agricoltura. Più la domanda di cibo per gli esseri umani e per gli animali crescerà, più aumenteranno le emissioni di questo inquinante. Oltre a questa fonte antropogenica, anche i processi biologici di denitrificazione in ambienti anaerobici e di nitrificazione in ambienti aerobici contribuiscono nel bilancio di questo inquinante.

I gas fluorurati hanno un effetto di riscaldamento globale fino a 23.000 volte superiore a quello del biossido di carbonio e le emissioni sono in forte aumento. Rispetto agli altri inquinanti, che negli ultimi anni sono stati ridotti, questa tipologia di GHG è aumentata del 60% nell'UE dal 1990. Fra i gas fluorati ci sono gli idrofluorocarburi (HFC), i perfluorocarburi (PFC) e l'esafuoro di zolfo (SF₆); il primo è il più rilevante in materia di cambiamenti climatici ma ha una vita breve, mentre il secondo ed il terzo possono rimanere in atmosfera per migliaia di anni.

1.2 Effetti del climate change

Come appena visto, l'uomo è responsabile dei cambiamenti climatici che si stanno ripercuotendo in tutto il mondo e alcune zone ne risentono più di altre. Gli effetti del climate change sono sia ambientali che socio-economici.

Esponendo su larga scala, si parla di aumento della temperatura media perché le zone equatoriali percepiscono meno l'aumento di calore rispetto alle alte latitudini. Una delle problematiche principali è il rapido scioglimento dei ghiacciai della Groenlandia, dell'Antartide e dell'Artico. Quest'ultimo ha ridotto il suo volume del 75% e si prevede la completa sparizione entro i prossimi 30 anni. Invece, per quanto riguarda gli altri due casi, si è registrata una fusione dei ghiacciai che è raddoppiata nella Groenlandia e triplicata nell'Antartide.

Oltre alla diminuzione della massa di ghiaccio aggiornata al 2018 (Figura 1.2), un altro segnale di allarme è la precipitazione avvenuta in Groenlandia il 14 agosto 2021. Nell'intero arco della giornata è caduta una pioggia inaspettata che non si è riuscita a rilevare in mancanza di pluviometri e strumentazione adatta, si può però presupporre che dalle nuvole sono precipitate 7 miliardi di tonnellate di acqua in tutta la Groenlandia. Tale evento è avvenuto durante 3 giorni in cui le temperature erano di circa 18°C superiori alla media in alcuni punti.

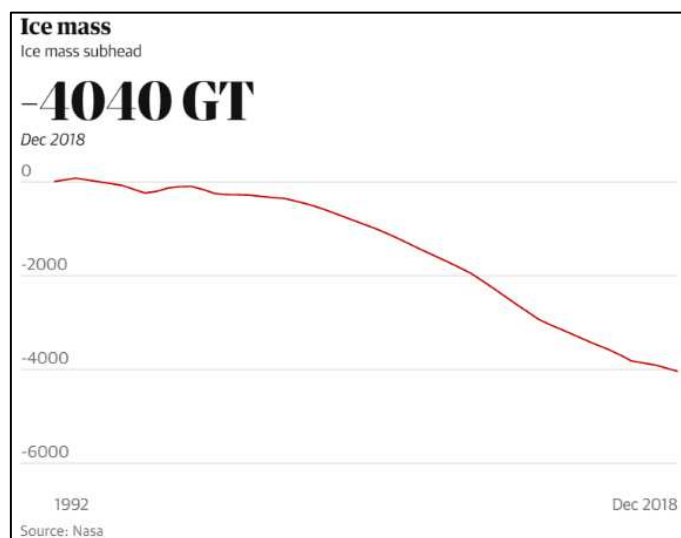


Figura 1.2 - Perdita di massa di ghiaccio dal 1992 al 2018. (National Aeronautics and Space Administration - NASA)

Lo scioglimento dei ghiacciai contribuisce all'aumento del livello del mare che è aumentato di circa 70 mm dal 1992. L'anomalia di temperatura dal 1880 al 2021 è di 0,67°C (Figura 1.3), l'innalzamento di quest'ultima ha effetti sulla frequenza, sulla durata e sull'intensità sugli eventi estremi; per esempio: il 90% del calore in eccesso viene assorbito dagli oceani.

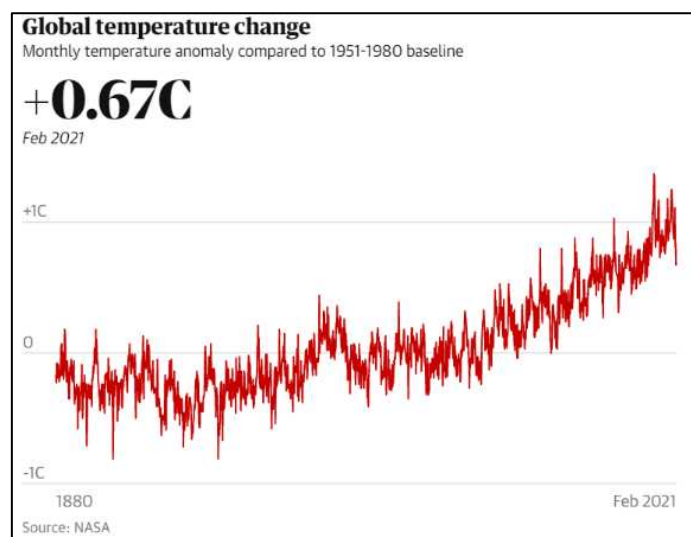


Figura 1.3 - Anomalia della temperatura media globale dal 1880 al 2021. (National Aeronautics and Space Administration - NASA)

Questi ultimi però, aumentando la temperatura, incrementano anche la quantità di acqua evaporata e nel momento in cui passa un uragano o una perturbazione, il vapore acqueo emesso dagli oceani contribuisce all'intensità dell'evento estremo.

L'oceano ha assorbito circa il 30% dell'anidride carbonica di origine antropogenica emessa, causando l'acidificazione delle acque; tale evento produce più sostanze chimiche acidificanti riducendo minerali importanti, come il carbonato di calcio, che assicurano la sopravvivenza degli organismi marini. L'acidità media della superficie degli oceani è aumentata negli ultimi 150 anni del 26% con un aumento più drastico a partire dagli anni '50. L'acidificazione delle acque ha effetti sulla fauna marina, soprattutto su coloro che si sono evoluti con strutture biologiche esterne di protezione; dato che sono in mancanza di scheletro.

Un altro problema è la siccità di alcune zone; infatti il 15% del territorio dell'Unione Europea, fra il 2006 e il 2010, è colpito da mancanza di precipitazioni ogni anno. L'aumento della frequenza e dell'intensità dell'aridità è particolarmente significativo nella zona del Mediterraneo ed è stato aggravato a causa dell'aumento dei gas serra. Vengono successivamente riportate superfici, frequenza e durata della siccità negli stati UE per aumento di temperatura (Figura 1.4).

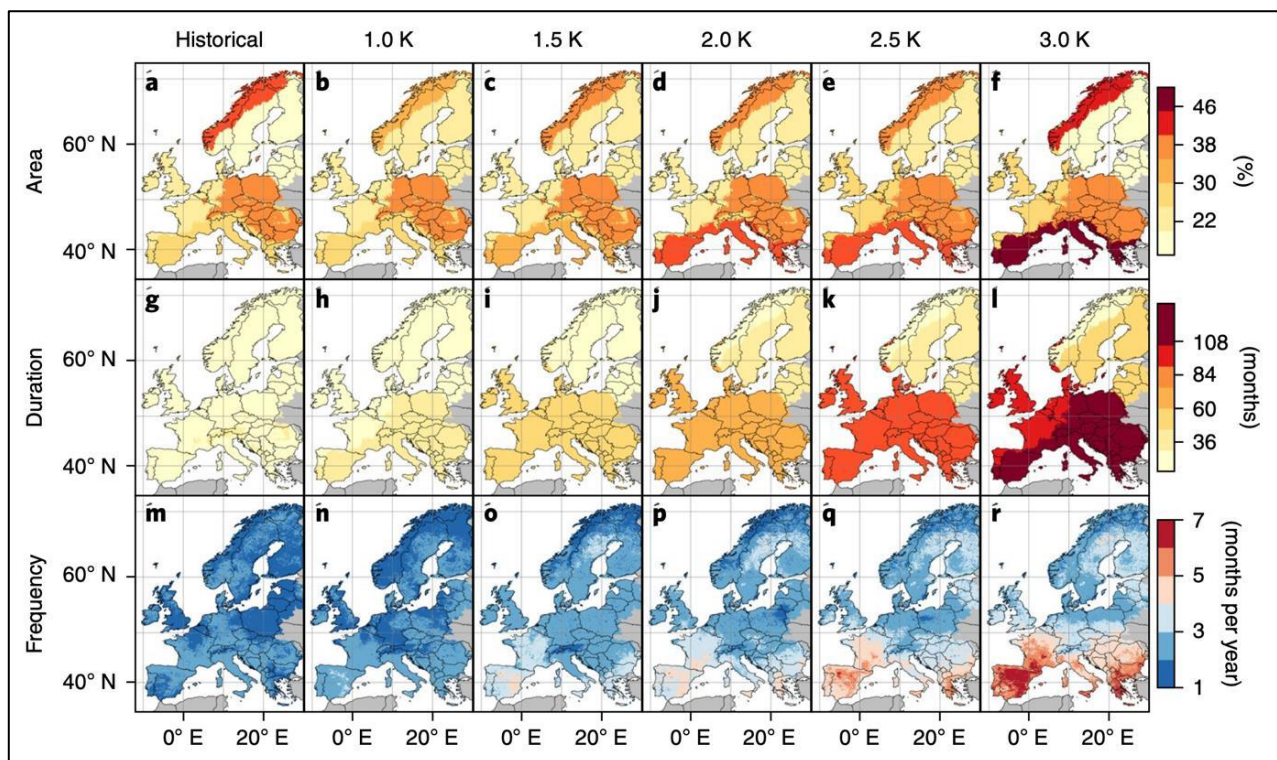


Figura 1.4 - Superficie, durata e frequenza dei peridi siccitosi in UE in base all'aumento di temperatura (K sta per °C). (Samaniego et al., 2018, p. 423, figura 2)

Un evento che capita spesso nelle città è l'isola di calore urbana (*Urban Heat Island - UHI*) che consiste nella differenza di temperatura tra una zona urbana calda e una zona rurale limitrofa più fredda. I fattori che influenzano la formazione dell'isola di calore sono molteplici e si distinguono principalmente in quattro ambiti:

- Fattori legati alla struttura urbana (densità e altezza degli edifici, larghezza delle strade, vegetazione e acqua, albedo della superficie stradale);
- Fattori legati al contesto geografico e ambientale (latitudine e altitudine, irraggiamento, direzione e velocità del vento, vicinanza al mare o laghi);
- Fattori legati agli edifici (albedo delle superfici, capacità termica, emissività dei materiali);
- Fattori legati alla componente umana (componente antropogenica, densità traffico urbano, industrie).

Un esempio di fattore che strutturale è il cosiddetto “canyon urbano”; esso si basa sulla riflessione della radiazione netta del sole sulla superficie degli edifici che, in base alla loro geometria, possono influire la direzione de raggi solari (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). Questo effetto canyon persiste anche nelle ore notturne: infatti il calore che si trova all'interno non si disperde nello spazio ma è interdetto dagli edifici adiacenti che assorbono una parte di radiazione solare e la restante la riflettono verso le altre pareti del canyon.

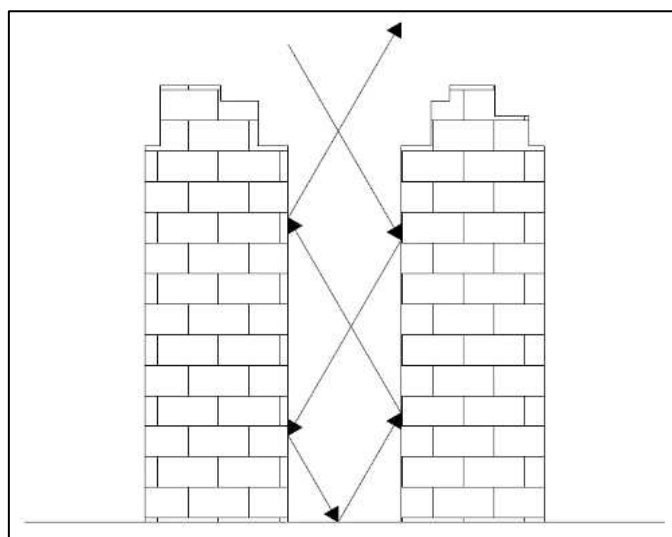


Figura 1.5 - Schema rappresentativo della riflessione dei raggi solari all'interno del canyon urbano.

L'effetto isola di calore varia anche in base al contesto geografico, infatti il nostro pianeta non riceve radiazione solare uguale su tutta la superficie; più spesso è lo strato dell'atmosfera maggiore è la probabilità che i fotoni vengano intercettati. All'equatore la radiazione arriva perpendicolare alla superficie, mentre verso i poli l'angolo di incidenza diminuisce e il percorso del fotone si allunga. Nelle zone equatoriali ricevono 2,5 volte la radiazione che arriva ai poli.

Facendo invece un esempio di fattore legato agli edifici, si può citare l'importanza dell'albedo dei materiali. Quest'ultimo è la capacità di una superficie di riflettere le radiazioni solari ed è rappresentato dal rapporto fra la radiazione solare incidente e riflessa da questa superficie. Viene valutato in una scala da 0 a 1 dove il primo rappresenta una superficie perfettamente nera che assorbe tutta la radiazione e il secondo citato rappresenta un corpo perfettamente bianco che riflette tutta la radiazione solare (queste due superfici non esistono in natura). La neve è la superficie naturale con l'albedo più alto (0,8 – 0,9) dato il suo colore bianco che riflette più radiazione solare di quanta ne assorbe (per la città possiamo paragonarlo a materiali di colore bianco). La superficie naturale con minor albedo è l'acqua che varia a seconda dell'incidenza dei raggi solari rispetto allo specchio d'acqua (0,05). Oltre alle superfici naturali, in città troviamo coperture e pavimentazioni di materiale con albedo piuttosto basso, basta pensare all'asfalto delle strade che con il suo colore nero assorbe la stragrande quantità della radiazione incidente.

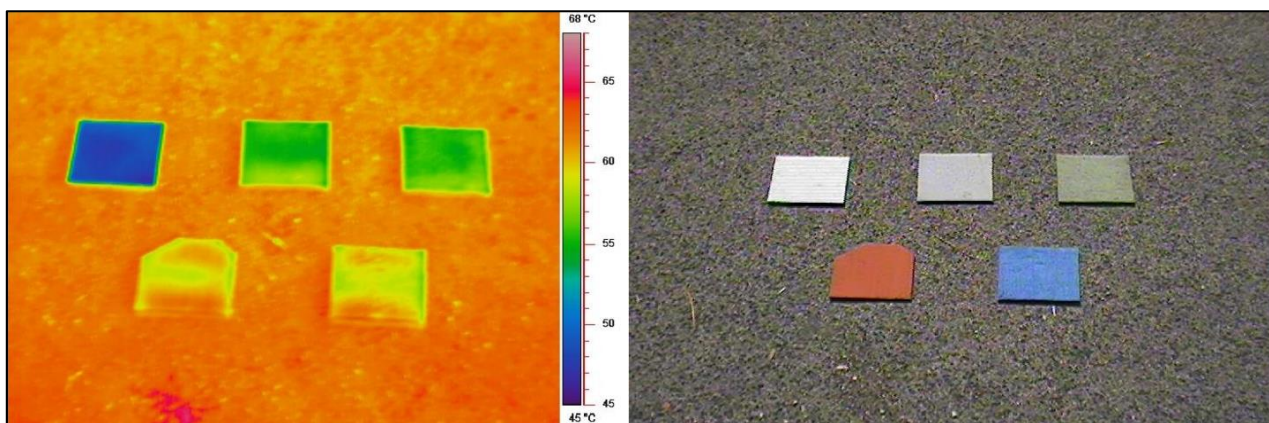


Figura 1.6 - Foto termica di vari campioni di asfalto trattati con delle pitture cool. (Fonte: Fanchiotti e Carnielo 2011)

Nella figura sopra riportata (Figura 1.6) si può notare evidentemente la differenza di radiazione solare assorbita dai vari campioni di asfalto e come la loro temperatura superficiale a causa di questo assorbimento più o meno marcato, successivamente vengono riportati i dati numerici di tali temperature (Tabella 1.2).

	BIANCO	VERDE	GRIGIO	ROSSO	BLU	ASFALTO
T_{MIN} (°C)	46,6	54,7	54,9	58,6	58,9	-
T_{MAX} (°C)	48,8	57,8	58,1	62,3	62,0	-
T_{MEDIA} (°C)	47,7	56,3	56,5	60,5	60,5	63,5
Δ T (°C)	15,8	7,3	7,0	3,1	3,1	-

Tabella 1.2 - Temperature superficiali dei campioni. (Fonte: Fanchiotti e Carnielo 2011)

Per finire il fattore legato alla presenza dell'essere umano riguarda principalmente l'emissione di calore da parte di tre soggetti:

- Dal traffico urbano: la combustione dei combustibili fossili per mezzo del traffico urbano produce calore che aumenta il fenomeno UHI soprattutto in inverno a causa dei sistemi di riscaldamento, tuttavia l'isola di calore viene monitorata soprattutto in estate dove tale fenomeno avviene in maniera meno rilevante.
- Dalle abitazioni e dalle industrie: il consumo di energia a causa dei sistemi di climatizzazione e di riscaldamento dipendono dal contesto abitativo a cui si fa riferimento, nelle città con una densità abitativa più alta l'impatto di questo consumo è più alto rispetto a zone suburbane e rurali.
- Dal metabolismo umano e animale: quest'ultimo caso è trascurabile ma è comunque importante segnalare che anche l'essere umano e gli animali consumano energia per il sostentamento del proprio organismo tramite i loro processi metabolici.

Altro fattore che in città influisce negativamente è l'impermeabilizzazione delle superfici, più in particolare la cementificazione, questo non solo per motivi riguardanti la riduzione della vegetazione, ma per l'abbassamento della disponibilità di acqua. Una minore umidità disponibile impedisce e riduce i processi di evapotraspirazione delle piante all'interno della città, impedendo il raffrescamento e aumentando le temperature.

1.3 Reazioni dal mondo

Il climate change non è un problema attuale come si può pensare, nel 1972 a Stoccolma avvenne la prima Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente Umano in cui è stata evidenziata la necessità di discutere dei problemi ambientali causati dall'uomo. La conferenza di Stoccolma si è conclusa con un accordo dei paesi industrializzati e in via di sviluppo all'attuazione di un progetto di sviluppo sostenibile che verrà avviato successivamente nel 1987.

Dal 1972 si era solamente discusso del cambiamento climatico, nel 1992 si è iniziato ad affrontare seriamente la vicenda del surriscaldamento globale. Quell'anno si è tenuta a Rio de Janeiro la Conferenza sull'Ambiente e sullo Sviluppo delle Nazioni Unite (UNCED), conosciuta in maniera informale come "Summit della Terra", dove presero parte 154 nazioni. La conferenza si è conclusa con la stesura della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) il cui obiettivo è quello di ridurre le emissioni di gas serra entro il 2000 rispetto a quelle emesse nel 1990.

Oltre alla stesura degli obiettivi da raggiungere, la Convenzione Onu sul climate change prevede un incontro annuale degli Stati facenti parte della convenzione stessa, questa riunione è chiamata Conferenza delle Parti (COP). Successivamente vengono riportate i concetti più significativi in materia di misure contro il cambiamento climatico.

COP-3 di Kyoto, 1997: Il primo evento significativo avviene con l'approvazione del protocollo di Kyoto, primo trattato riguardante la riduzione delle emissioni di gas serra:

- Biossido di carbonio (CO₂);
- Metano (CH₄);
- Protossido di azoto (N₂O);
- Idrofluorocarburi (HFC);
- Perfluorocarburi (PFC);
- Esafluoro di zolfo (SF₆).

Tale strumento giuridico internazionale stabilisce obiettivi vincolanti e quantificanti di limitazione e riduzione dei sopraccarichi inquinanti per i 37 paesi industrializzati e la Comunità Europea; le quantità delle suddette sostanze devono ammontare nel periodo 2008-2012 minimo al 5% in meno rispetto ai livelli del 1990.

Ciononostante il protocollo prevede anche l'uso di ridurre le emissioni ricorrendo all'Emission Trading Internazionale (ET), ovvero uno scambio di "crediti" di emissioni tra i Paesi industrializzati e quelli che abbiano conseguito una diminuzione superiore al proprio obiettivo.

COP-16 di Cancun, 2010: la conferenza tenutasi in Messico istituì il Fondo Verde per il Clima per aiutare i paesi in via di sviluppo a ridurre le emissioni di gas a effetto serra e ad adattarsi al cambiamento climatico, tuttavia tale strumento non specifica le modalità con cui recuperare il denaro e come gestirlo.

Non viene fatta parola in merito al secondo periodo di adempimento del Protocollo di Kyoto ma i Paesi che hanno aderito nel 1997 stabiliscono che bisognerà tagliare le emissioni di gas serra dal 20% al 40% al 2020.

Inoltre vengono fornite delle linee guida per l'attuazione delle azioni di adattamento ai cambiamenti climatici creando quindi un Quadro di Adattamento (*Adaptation Framework*) e un Comitato per l'Adattamento (*Adaptation Committee*)

COP-21 di Parigi, 2015: il primo grande risultato raggiunto in questa Conferenza delle Parti è rappresentato da un patto climatico condiviso di natura giuridica adottato da 196 Parti ed entrato in vigore nel Novembre del 2016. Tuttavia l'accordo di Parigi si fa sfuggire un po' troppe concessioni; infatti non è effettivamente vincolante e si basa sul principio della "responsabilità comune ma differenziata" secondo il quale i Paesi più industrializzati e inquinanti, nel controllo delle emissioni, si fanno carico di maggiori restrizioni (come nel Protocollo di Kyoto).

L'obiettivo indeclinabile è quello di limitare l'aumento della temperatura al di sotto del 2 °C, preferibilmente sotto 1,5 °C.

La prescrizione chiave di tale strumento giuridico è quella di un meccanismo di revisione per gli impegni dei vari Paesi che ha lo scopo di aumentare progressivamente l'ambizione di tali compiti. Tale meccanismo avrà luogo ogni 5 anni ma per ora nessuna data d'inizio è stata fissata.

Per quanto riguarda i finanziamenti i paesi sviluppati intendono mobilitare 100 miliardi di dollari all'anno entro il 2020 e di estendere tale periodo fino al 2025, successivamente verrà stabilito un nuovo obiettivo più consistente.

COP-22 di Marrakech, 2016: la COP successiva a quella dell'Accordo di Parigi si è conclusa con l'approvazione dell'Alleanza di Marrakech per l'azione climatica globale, il quale sostiene i seguenti obiettivi:

- catalizzare l'azione sui cambiamenti climatici da parte di tutti gli attori;
- aumentare le ambizioni ulteriormente prima del 2020;
- sostenere l'accordo di Parigi.

Per sostenere il Paris Agreement si è pensato ad un piano comune riguardante un insieme di regole con il quale gli impegni di riduzione nazionali dovranno essere rilanciati. Tale misura ha l'obiettivo di creare un sistema condiviso per valutare le politiche degli Stati sul clima, per misurare i tagli sulle emissioni e per giudicare l'efficacia.

A negoziati conclusi è stata inoltre lanciata la “*Marrakech Partnership for Global Climate Action*”, un piano che prevede la valorizzazione del ruolo delle città nelle azioni di mitigazione e adattamento nel triennio 2017-2020. Questo piano prevede 4 obiettivi:

- Promuovere l'integrazione delle azioni di resilienza a tutti i livelli di governo e settori;
- Ampliare la partecipazione al Marrakech Partnership di parti interessate non partitiche di tutte le regioni e settori;
- Dare seguito e garantire la continuità e la coerenza dell'azione;
- Monitorare i progressi, gli impatti e i risultati per identificare le migliori pratiche.

COP-23 di Bonn, 2017: tale incontro è ricordato anche perché è stata la prima conferenza in cui gli Stati Uniti (amministrazione Trump) si sono ritirati dagli accordi sul clima stilati nella COP-21 di Parigi. Oltre ad aver fatto dei progressi sugli impegni per ridurre le emissioni, si è discusso ancora una volta dei finanziamenti climatici; si era parlato di 100 miliardi di dollari all'anno da parte dei Paesi ricchi (come detto precedentemente nella COP.15 di Parigi) ma la OECD (*Organization for Economic Co-operation and Development*) afferma che il budget versato per tali finanziamenti è di circa 62 miliardi.

Dal 2018 al 2021: le COP successive alla COP-23 non sono state riportate perché non sono stati fatti passi avanti significativi e non sono state introdotte nuove manovre.

2 IL SISTEMA DEL VERDE

Le città sono i luoghi nei quali l'aumento di temperatura è più evidente ed influisce inevitabilmente sulla qualità della vita cittadina. Anche se può sembrare che le temperature più alte possano favorire l'ambiente urbano nella stagione invernale, il periodo estivo è quello in cui è richiesta la più alta quantità di energia elettrica per gli impianti di condizionamento che a loro volta emettono gas serra e inquinanti. Questi ultimi inoltre comportano un grave rischio alla salute per i soggetti più fragili.

I ricercatori che studiano da tempo gli effetti dell'isola di calore e la popolazione che anno dopo anno è più sensibile alla tematica del climate change, hanno contribuito ad incentivare lo sviluppo di tecniche di mitigazione nelle città.

Questo capitolo riguarderà il ruolo della vegetazione in ambiente urbano e le tecniche di mitigazione che coinvolgono l'uso del verde.

2.1 Il ruolo del verde

Uno dei principali strumenti per adattamento della città ai cambiamenti climatici e alla mitigazione di questi ultimi è l'integrazione della vegetazione nell'ambiente urbano. L'interesse di implementare la vegetazione nelle città è nato dal suo ruolo fondamentale per migliorare la qualità dell'ambiente urbano.

Più precisamente il processo di sostentamento di un albero è la fotosintesi che consente il nutrimento e la crescita vegetale. Questo processo fisico-chimico consiste nell'assorbimento della radiazione solare incidente che viene usata come energia per trasformare due molecole di partenza (anidride carbonica e acqua) in glucosio, fonte di nutrimento della pianta (e ossigeno come sottoprodotto).

Il fotone della luce può comportarsi in 3 modi diversi quando incontra una superficie:

- Riflessione: il corpo cambia la direzione della radiazione incidente (in base all'inclinazione del raggio solare rispetto alla frequenza d'onda) ma non la sua intensità;
- Trasmissione: il corpo lascia passare la radiazione attraverso di esso mantenendo invariate direzione e frequenza d'onda;
- Assorbimento: il corpo assorbe la radiazione e successivamente viene riemessa con una diversa frequenza d'onda.

Quindi sul 100% della radiazione incidente sulla vegetazione latifoglia, il 20% di essa viene riflessa, il 10% viene trasmessa, il 2% viene assorbita e il 68% viene riemesso come calore latente e calore sensibile; queste percentuali ovviamente possono variare (Figura 2.1): per esempio la trasmissione della luce varia in base alla densità fogliare della pianta e alla disposizione delle foglie sui rami; altro

esempio invece è la dipendenza della traspirazione dalle condizioni ambientali del luogo in cui la pianta si trova che condizionano la circolazione dell'acqua.

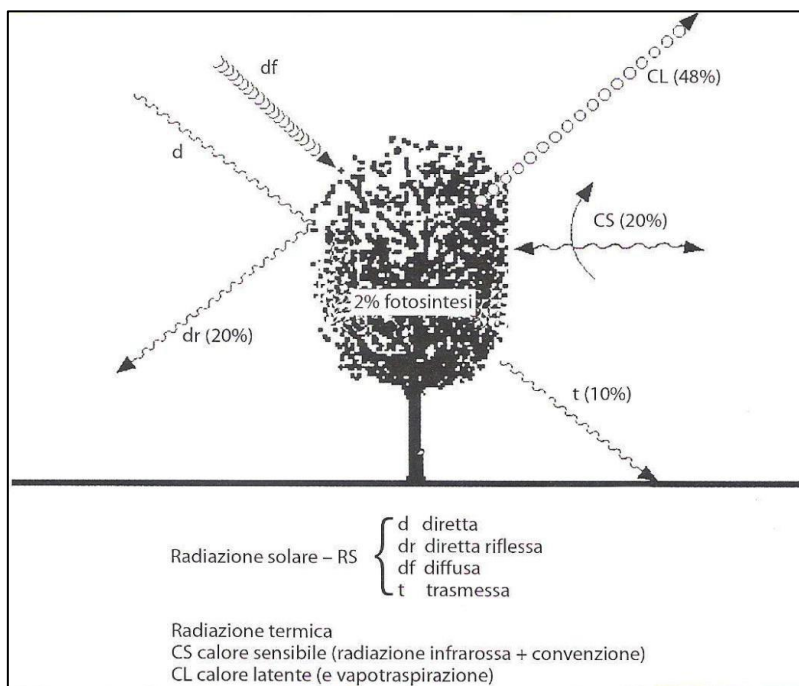


Figura 2.1 - Schema degli scambi energetici fra pianta di latifolia e ambiente esterno

Oltre ad essere importante per l'assorbimento dell'anidride carbonica, la fotosintesi emette calore latente tramite la traspirazione (come detto in precedenza). Questo processo consiste nella perdita di vapore acqueo da parte degli stomi delle piante: questi ultimi regolano la loro apertura (e quindi la fuoriuscita dell'acqua) in base alle condizioni dell'ambiente esterno e alla disponibilità d'acqua.

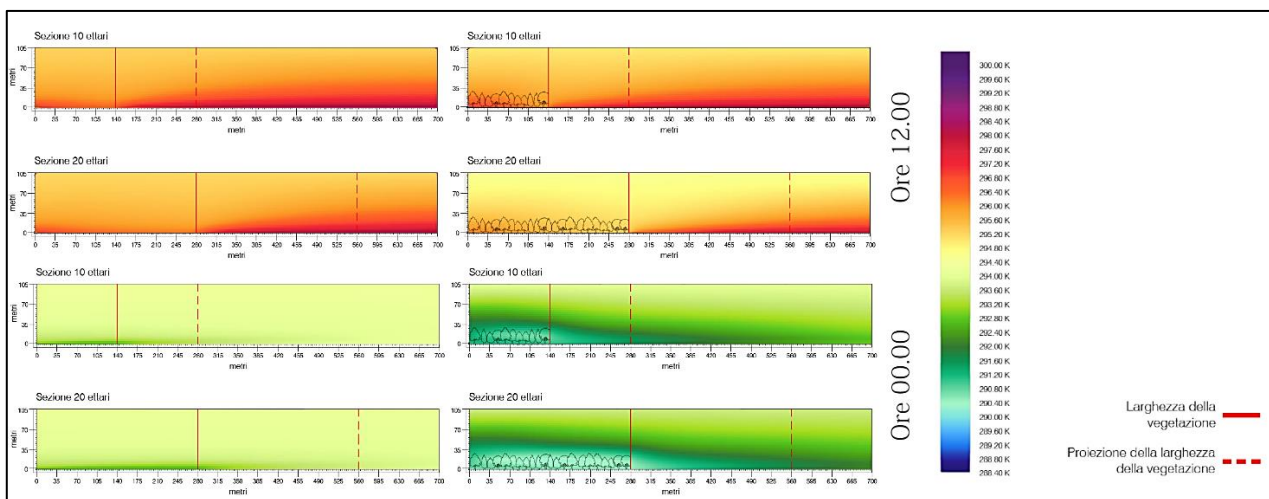


Figura 2.2 - Simulazione della temperatura potenziale e degli effetti di mitigazione del verde urbano. 11 Luglio 2011 - Piazza Leonardo Da Vinci, Milano (Fonte: Beretta S. 2011-2012. Gli effetti del verde sulla mitigazione dell'isola di calore urbana. Relatore Concilio G. Dipartimento di Architettura e studi urbani. Facoltà di Architettura e Società. Politecnico di Milano. Milano.)

Nella figura sopra riportata (Figura 2.2) vengono prese di riferimento solamente zone con 10-20 ha di vegetazione: queste ultime estensioni fanno riferimento alla quantità massima di prato e/o alberature dato che nelle città di oggi è complicato trovare spazi adibiti a verde che superano i 20ha ma vengono riportate perché si può notare con più facilità quanto la vegetazione mitiga la temperatura.

Oltre alla creazione di un microclima, la vegetazione è considerata importante anche per la sua riflettanza. Le foglie delle piante hanno un albedo che varia in base al loro colore e in caso si tratti di prateria, foresta ecc. con un valore che varia da 0,12 a 0,3. La messa a dimora di alberature stradali può quindi impedire l'incidenza dei raggi solari sull'asfalto o su altre superfici a basso albedo.

Nei grandi centri urbani dove la densità edilizia è maggiore le temperature sono molto più alte rispetto alle zone limitrofe, una strategia legata al verde urbano riguarda la capacità di quest'ultimo di convogliare ed indirizzare i venti verso le zone più urbanizzate della città dove, senza la vegetazione, non riceverebbero una ventilazione necessaria a rendere confortevole la vita nel centro urbano.

Parlando di riqualificazione igienica, gli spazi verdi all'interno della città comportano degli aspetti positivi nel terreno combattendo problemi legati al consumo di suolo come erosione, apporto di sostanze chimiche inquinanti e dalla diminuzione della disponibilità di sostanza organica. L'apparato radicale delle piante infatti conferisce stabilità al suolo impedendo il movimento delle particelle di terreno da parte del vento e dell'acqua. Grazie alla fitorimediazione che svolgono le piante, sostanze inquinanti esterne vengono smaltite o trasformate dalla vegetazione che mantiene inoltre un grado di umidità costante che impedisce la desertificazione del terreno e quindi la perdita di sostanza organica.

La qualità dell'aria negli ambienti urbani è un argomento spesso discusso in ambito urbano. A causa del traffico veicolare, degli impianti di riscaldamento degli edifici e dell'attività delle industrie, la città è sempre soggetta ad un continuo input di sostanze chimiche dannose che compromettono lo stato di salute della popolazione. Studi affermano che la vegetazione funge da filtro purificatore che intercetta i contaminanti gassosi (come CO, CO₂, O₃ e SO₂) presenti nell'aria e trattiene il particolato tramite la peluria e la cera presente sulle foglie oppure tramite la rugosità del legno dei rami o del tronco. Ovviamente non tutta la vegetazione assorbe e tollera gli inquinanti (Tabella 2.1), per ovviare alla problematica della scelta del verde urbano sono state predisposte delle scale di sensibilità che agevolano la progettazione.

Numero	Specie	CO ₂ catturata (t/20 anni)	Capacità anti inquinanti gassosi	Capacità anti polveri	Capacità totale di mitigazione
1	Acer Platanoides (Acerò riccio)	3,8	Alta	Media	Ottima
2	Betulla Pendula (Betula Verrucosa)	3,1	Alta	Media	Ottima
3	Quercus Cerris (Cerro)	3,1	Alta	Media	Ottima
4	Ginkgo Bilboa (Ginkgo)	2,8	Alta	Alta	Ottima
5	Tilia Platyphyllos (Tiglio nostrano)	2,8	Alta	Alta	Ottima
6	Celtis Australis (Bagolaro)	2,8	Alta	Alta	Ottima
7	Tilia Cordata (Tiglio Selvatico)	2,8	Alta	Alta	Ottima
8	Ulmus Minor (Olmo Comune)	2,8	Alta	Media	Ottima
9	Fraxinus Excelsior (Frassino Comune)	2,8	Alta	Media	Ottima
10	Alnus Glutinosa (Ontano Nero)	2,6	Alta	Media	Ottima

Tabella 2.1 - Top Ten delle piante anti smog (Fonte: Elaborazione Coldiretti su dati CNR)

Passando alla sfera idrologica, la vegetazione conferisce maggiore permeabilità al terreno sfruttato dall'urbanizzazione e dal consumo di suolo; aumentando la permeabilità evita il fenomeno del *runoff* (ruscellamento) ovvero lo scorrimento delle acque sulla superficie del suolo causando dilavamento e deflusso che, trasportando inquinanti chimici presenti nella superficie urbana, inquinano i corsi d'acqua.

2.2 Uso del verde nell'ambiente urbano

Precedentemente è stato evidenziato il ruolo del verde nell'ambiente e i suoi processi fisico-chimici che interagiscono con l'ambiente esterno in materia di cambiamenti climatici e di comfort urbano. Di tecniche di un uso intelligente del verde urbano ce ne sono molte e in questo capitolo verranno prese in considerazione singolarmente.

- ***Parchi urbani***

I primi da citare sono i classici parchi urbani, aree verdi spesso pubbliche nella città che permettono ai cittadini la possibilità di avere delle zone dove trascorrere il tempo libero; questi parchi hanno una duplice funzionalità nell'ambito della riqualificazione ecologica e della società.

Sotto il punto di vista ecologico i parchi sono fondamentali per la creazione di un microclima che influisce, in maniera più o meno importante a seconda della loro estensione, nel resto della città. Inoltre spesso sono progettati per la maggior parte da colture autoctone e quindi trovano nel terreno la struttura ideale e la disponibilità di nutrienti ideale per il loro accrescimento.

I parchi conferiscono anche un'identità e di memoria alla città stessa influenzando anche positivamente l'aspetto economico dei quartieri vicini; usufruire questi spazi verdi pubblici aumenta indirettamente la sicurezza sociale all'interno della città impedendo la creazione di zone malfamate e di degrado sociale.

Queste aree verdi rappresentano delle centralità che sono essenziali per lo sviluppo della città e per la sua competitività, ovviamente in base alla tipologia di parco la funzione cambia: i giardini e i parchi storici hanno una funzione culturale-didattica, gli orti botanici invece hanno una funzione culturale-scientifica e gli Ecomusei invece hanno la funzione di conservazione e valorizzazione.

- ***Alberature stradali***

L'installazione di filari alberati, che siano specie arboree o arbustive, lungo le strade rappresenta un grandissimo punto a favore per la resilienza dell'ambiente urbano, non solo in qualità di valorizzazione estetica ma soprattutto per le funzioni ambientali che svolgono.

La vegetazione che confina con la viabilità veloce nella città ha la funzione di catturare le particelle di combustibile emesse dai veicoli che corrono per strada evitando che possano circolare liberamente per il centro urbano (Figura 2.3). Il problema della mancanza di filari alberati vicino alle strade si sente soprattutto nei centri urbani più densi dove gli edifici residenziali sono a ridosso (o quasi) alla viabilità veloce.

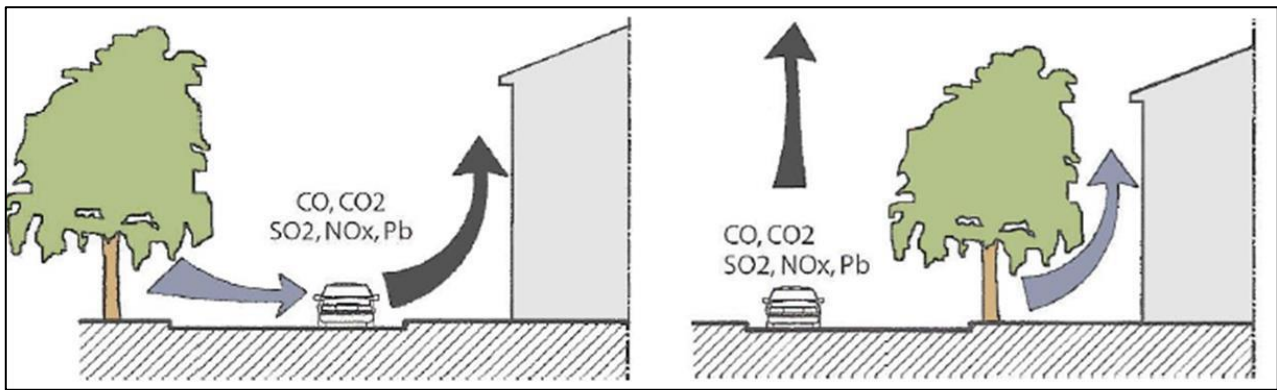


Figura 2.3 - Protezione degli edifici e dei marciapiedi dagli inquinanti atmosferici e gli effetti microclimatici in base al posizionamento delle alberature stradali.

Oltre ad assorbire gli inquinanti atmosferici le alberature stradali assorbono anche l'inquinamento acustico, studi affermano che una barriera vegetale infatti può abbattere fino a 12 dB (un muro di cemento riduce il rumore di circa 15 dB).

Se questi filari sono confinanti anche con marciapiedi, il loro apparato fogliare contribuisce ad ombreggiarli e a rendere più confortevole il transito dei pedoni e dei ciclisti. Questa funzione di ombreggiamento riguarda anche i parcheggi; l'installazione di alberi in questi luoghi fa in modo che gli autoveicoli abbiano una temperatura più bassa e danno modo di limitare i consumi degli impianti di condizionamento.

In materia di sicurezza, le alberature stradali rappresentano un riferimento fondamentale per gli automobilisti soprattutto in condizioni di scarsa visibilità; inoltre nelle giornate in cui la nebbia è fitta, la vegetazione dirada localmente la nebbia rendendo la strada più visibile.

- **Grigliati permeabili inerbiti**

La necessità di aumentare l'infiltrazione delle acque a causa della suscettibilità all'allagamento data dall'elevata cementificazione si fa sempre più necessaria; solitamente queste opere sembrano banali ma giocano un ruolo fondamentale per smaltire le acque meteoriche.

I grigliati permeabili sono studiati per consentire una crescita di erba normale su circa la metà della loro superficie in modo da consentire il maggiore smaltimento delle acque grazie all'apparato radicale; il posto dove si preferisce utilizzare queste strategie sono i parcheggi; in tali aree infatti la vegetazione è veramente molto limitata e solitamente l'unica presente è qualche coltura arborea isolata per consentire una parziale ombreggiatura per i veicoli in sosta.

Il materiale che può essere utilizzato per la creazione di questi impianti sono principalmente 2: il calcestruzzo o il polivinilcloruro (PVC); il primo citato è il più consigliato dato che il secondo è un materiale altamente inquinante, nonostante il PVC sia un materiale altamente resistente sotto il punto

di vista chimico presenta un codice di riciclaggio “03”; considerata una bottiglia di PVC, se non riciclata correttamente, inquina tanto quanto 100.000 tonnellate di plastica (PET).

- ***Green roofs***

Nei densi centri urbani dove lo spazio di realizzazione di aree verdi o l’installazione di vegetazione è impedita a causa della mancanza di spazio, è possibile sfruttare le superfici delle coperture degli edifici grazie alla costruzione di *green roofs* (tetti verdi).

La vegetazione sulla copertura delle abitazioni consente una riduzione delle temperature epidermiche, basti pensare che su una copertura verde la temperatura massima raggiunge i 25-30 gradi rispetto agli 80 gradi di una copertura tradizionale mentre quella dell’aria può essere di 2-5 gradi in meno in prossimità della copertura grazie agli effetti di evapotraspirazione.

Oltre alle altre funzioni viste precedentemente, come quelle del trattenimento delle sostanze nocive e l’abbassamento dell’inquinamento acustico, il tetto verde trattiene maggiormente le acque piovane consentendo un deflusso più lento verso il sistema fognario in modo da ridurre il rischio di allagamento.

Esistono due tipologie di tetti verdi:

- Tetto verde estensivo: è una copertura vegetata con specie che non richiedono più di 10 – 15 centimetri di terra e richiedono una manutenzione ordinaria da eseguire una o due volte all’anno. Questa tipologia viene utilizzata in caso di superfici molto ampie come centri commerciali o capannoni.
- Tetto verde intensivo: rispetto alla tipologia vista in precedenza le specie utilizzate richiedono uno strato di terreno di circa 50 centimetri e interventi di manutenzione costante, la vegetazione di progetto devono essere riportate su strutture che sono in grado di sostenere tali carichi.

Nonostante i benefici i tetti verdi non sono spesso usati a causa del loro costo, dato che essi sono composti da diversi strati per consentire un ambiente confortevole per la vegetazione in modo che non influisca negativamente nell’edificio. Ogni strato assolve una funzione: un tessuto anti-radice impedisce il degrado dei materiali sottostanti, un elemento drenante accumula l’acqua in eccesso e uno strato filtrante trattiene il terreno e permette il passaggio dell’acqua piovana (Figura 2.4).

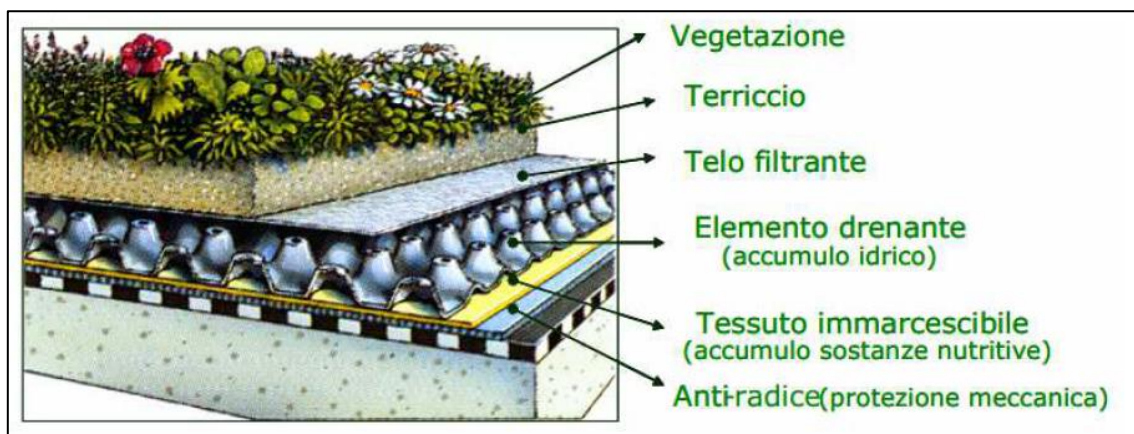


Figura 2.4 - Composizione e stratigrafia del green roof. (Fonte: Lazzarin, Castellotti e Busato 2004)

- **Pareti verdi**

Per parete verticale si intende una facciata verde o una chiusura verticale vegetata e insieme ai tetti verdi rappresentano una bioarchitettura che rinaturalizza la città. Oltre ai benefici ambientali come la riduzione dell'inquinamento atmosferico e la mitigazione del microclima, le pareti verdi hanno anche benefici socio-economici come il miglioramento estetico e il risparmio energetico. In merito a quest'ultimo, uno studio condotto da Ambiente Italia (Clever Cities) fa emergere che si stimano risparmi energetici del 43% per quanto riguarda i sistemi di raffrescamento e del 4-6% per il riscaldamento. Ci sono due tipi di pareti verdi:

- Facciate verdi: opere di bioarchitettura basate nell'uso di piante rampicanti che possono ancorarsi direttamente alla parete dell'edificio oppure possono affidarsi ad un sistema di supporto composto di cavi, graticci o reti (Figura 2.5). Perciò la scelta vegetale è limitata a specie che non hanno la necessità che le fronde siano in prossimità degli apparati radicali.
- *Living wall*: a differenza delle facciate verdi che sono dei rivestimenti supplementari alle pareti degli edifici, questi sistemi sono parte integrante della parete che ospita specie vegetali idroponiche, ovvero piante alloggiate in un substrato organico o artificiale (quindi non su terreno) e che ricavano il nutrimento da una soluzione nutritiva che varia in base al fabbisogno della specie (Figura 2.6). Questi sistemi devono quindi prevedere un sistema di irrigazione automatizzato.



Figura 2.5 - Facciata verde in un albergo a Vauban (Friburgo)



Figura 2.6 - Living wall del centro commerciale Fiordaliso (Rozzano)

3 USO RESILIENTE DEL VERDE NELLE VARIE CITTÀ

A causa del climate change è chiaro che i paesi saranno colpiti dall'incremento della frequenza e dell'intensità degli eventi estremi, soprattutto i paesi del Mediterraneo; i danni che le città subiranno saranno diversi a seconda delle proprie condizioni sociali, ambientali ed economiche.

A seguito di ciò, sono sempre più necessari modelli di sviluppo della città e del territorio limitrofo basato sull'evoluzione del clima e di progetti di adattamento dei centri urbani che presentano delle tecnologie obsolete per ovviare all'impatto del climate change. Le azioni appena citate devono rendere la città solo *climate proof* ma anche competitiva sotto il punto di vista socio-economico.

L'urbanista e il pianificatore territoriale ricoprono un ruolo fondamentale nell'adattamento del centro abitato e del sistema urbano, soprattutto nelle zone limitrofe dato che ogni città ha una propria cultura, storia, clima, economia e società; questa grande e complessa diversificazione porta queste due figure professionali a sperimentare diverse linee di intervento nei centri urbani e nelle zone limitrofe.

L'urgenza a questa innovazione ha aumentato in gran misura la redazione e l'aggiornamento degli strumenti urbanistici e di pianificazione territoriale ma soprattutto dei progetti urbani per adattare la città alle nuove esigenze.

In questo capitolo si parlerà di tre progetti realizzati in città europee analizzando le loro criticità pre-intervento e i ragionamenti principali che il pianificatore e l'urbanista hanno elaborato per la scelta di tali interventi.

3.1 Ekostaden nel quartiere Augustenborg a Malmö

Il quartiere Augustenborg è stato realizzato nel 1952 ed è stato il primo intervento di edilizia residenziale pubblica nella città svedese di Malmö situata nella zona sud della Svezia. Nonostante la sua eterogeneità di edifici residenziali, produttivi e dedicati a servizi, fra gli anni '80 e gli anni '90 il quartiere ha risentito di un declino socio-economico ed edilizio a causa del sistema fognario e degli immobili obsoleti sotto il punto di vista tecnologico.

Serie di allagamenti, che hanno portato al danneggiamento di edifici già esistenti, sono la prova che il sistema fognario del quartiere era inadeguato causando un progressivo abbandono del quartiere da parte dei cittadini mentre coloro che per motivi economici non sono riusciti a trasferirsi sono stati indirettamente emarginati.

Per ovviare alla problema il consiglio comunale ha avviato nel 1998 un progetto di rigenerazione urbana ad ampio raggio basato su delle miglione del distretto in merito alla sostenibilità ambientale,

economica e sociale. I lavori sono stati portati a termine nel 2005, di seguito è riportata una vista satellitare del quartiere nell'anno in corso (Figura 3.1).



Figura 3.1 - Immagine satellitare del quartiere di Augustenborg (Fonte: Google Earth, 2021)

Gli obiettivi principali del progetto sono principalmente quattro:

- adattare la città alle problematiche ambientali causate dai cambiamenti climatici (viste le frequenti inondazioni), grazie ad un sistema fognario adatto e ad un corretto controllo ed uso delle acque piovane;
- diminuire i consumi energetici;
- migliorare le condizioni della società, soprattutto a causa dell'emarginazione citata precedentemente saranno necessarie delle azioni di sensibilizzazione ed inclusione con la comunità locale e di partecipazione della popolazione residente.
- aggiunta di spazi dedicati al tempo libero e all'attività sportiva e orti urbani.

Per mettere alla prova le nuove strategie di adattamento e il nuovo sistema fognario, nel 2007 è avvenuto un evento caratterizzato da una portata di pioggia eccezionale durante il quale il quartiere, nonostante subì un allagamento, è riuscito a rispondere meglio delle aree limitrofe che hanno subito più danni. Il nuovo sistema di drenaggio infatti ha consentito di intercettare il 90% delle acque meteoriche, il 20% di questo evapora prima dello smaltimento nel sistema fognario mentre la rimanenza finisce in un sistema costituito da canali a cielo aperto e da stagni di raccolta (Figura 3.2).



Figura 3.2 - Impianti di stoccaggio per l'acqua piovana (Fonte: © Town and Country Planning Association).

Uno dei punti focali del quartiere ai tempi era la centrale di teleriscaldamento, una forma di riscaldamento che consiste in una rete di tubi contenente acqua calda che scalda le abitazioni; la temperatura dell'acqua è data dall'uso di combustibili fossili, gas naturale oppure dai rifiuti urbani. Ovviamente oltre alle fonti di energia non rinnovabili l'acqua può essere scaldata attraverso la combustione di biomasse, grazie all'energia geotermica o tramite l'energia solare.

3.2 Quartiere Schelmenäcker nel distretto di Feuerbach, Stoccarda

La capitale della regione tedesca di Baden-Württemberg, Stoccarda, è uno degli esempi più eclatanti dell'integrazione delle misure di mitigazione della UHI negli strumenti urbanistici della città.

Più precisamente nel distretto di Feuerbach (a nord della capitale) è stato concesso l'ampliamento della zona residenziale a ridosso delle colline a nord del distretto concesso dalla stesura del *Land Use Plan* del 2008.

Il progetto iniziale prevedeva la realizzazione di un corridoio verde dell'ampiezza di 7 metri che attraversava il nuovo centro abitato, i dipartimenti della Pianificazione urbana e della Climatologia hanno però contestato tale scelta e hanno mandato tale progetto alla revisione motivando con delle considerazioni dei climatologi per la salvaguardia del clima e dell'ecologia della città.

Le modifiche apportate hanno portato ad un ampliamento del corridoio verde da 7 m a 100 m ed una ricollocazione dei volumi edificabili; questo corridoio verde ha la funzione di creazione di nuovi spazi ricreativi, ha un valore estetico e consente la ventilazione del centro urbano e delle aree rurali influenzando positivamente sul microclima urbano.

3.3 Quartieri San Kjeld e Nørrebo, Copenaghen

La città di Copenaghen ha risentito delle conseguenze del climate change e dei suoi eventi estremi, soprattutto sotto il punto di vista idrologico; infatti nel 2011 la capitale della Danimarca è stata investita da un nubifragio che ha comportato ingenti danni.

Principalmente sono due gli esempi più importanti di quartieri che hanno iniziato a muoversi per ovviare alla problematica delle inondazioni, delle tempeste e dell'innalzamento del livello del mare: il quartiere San Kjeld e il quartiere Nørrebro.

In questi due quartieri il verde ricopre un ruolo più ricreativo e influisce in maniera meno marcata la sfera ambientale rispetto agli altri esempi visti precedentemente.

3.3.1 Quartiere San Kjeld

Il progetto redatto dallo studio di architettura Tredje Natur consiste nel ridisegnare il quartiere San Kjeld in modo da raccogliere le acque piovane sempre più intense in bacini a cielo aperto all'interno di piazze e parchi, il tutto con la vegetazione che funge sia a scopo ricreativo sia per lo smaltimento delle acque meteoriche in eccesso.

Oltre alla creazione dei 3 punti focali del masterplan (Figura 3.3) il progetto si estende in tutto su 105 ettari e prevede la trasformazione delle vie e delle piazze con la messa a dimora della vegetazione creando quindi delle zone piantumate, dune verdi, piste ciclabili per l'incentivazione della viabilità lenta, la sostituzioni di asfalti e pavimentazioni impermeabili con il verde e la raccolta delle acque meteoriche e il loro smaltimento verso il porto sopraelevando i marciapiedi.



Figura 3.3 - Masterplan del Quartiere San Kjeld (Fonte: Tredje Natur)

1. Piazza San Kjeld (Figura 3.4)

La piazza si estende per un'area di 8.000 m² e raccoglie 7 strade; questa piazza rappresenterà anche il luogo di ritrovo principale del quartiere. Le aree verdi sono caratteristiche per i loro avvallamenti che ricordano la presenza passata del ghiaccio all'interno del terreno che rialzavano quest'ultimo. Inoltre il cerchio che si nota leggermente (che attualmente è la rotonda della viabilità) sarà un elemento architettonico sollevato a 5 metri da terra che spruzzerà l'acqua piovana riciclata in relazione alle condizioni microclimatiche della piazza.



Figura 3.4 - Zoom del masterplan della piazza San Kjeld e sezione verticale. (Fonte: Tredje Natur)

2. Piazza Tåsinge (Figura 3.5)

È una piazza di 6.000 m² caratterizzato anche qui da un paesaggio collinare e da posti auto a spina di pesce nel lato nord. La zona presa in oggetto è periferica della città ma rappresenta anche uno dei punti di incontro più comuni anche grazie alla grande quantità di parcheggi ai lati della strada.



Figura 3.5 - Zoom del masterplan della piazza Tåsinge e sezione verticale. (Fonte: Tredje Natur)

3. Landskronakrydset (Figura 3.6)

Attualmente è un'area di 4.300 m² composta principalmente da asfalto rigato e la sua geolocalizzazione le consente di essere un punto strategico per un parco. Le zone a nord-ovest e a nord-est ricevono la luce del sole per la maggior parte della giornata dove infatti sono stati pensati spazi per giochi d'acqua, nell'area a sud-ovest, che è invece ombreggiata durante l'arco del giorno a causa degli edifici, dove verranno installati i parcheggi.



Figura 3.6 - Zoom del masterplan della piazza Landskronakrydset e sezione verticale. (Fonte: Tredje Natur)

3.3.2 Quartiere Nørrebro

Il progetto presentato dallo studio SLA dal nome “*The Soul of Nørrebro*” si estende per 8,5 ettari ed è stato il vincitore del *Nordic Built Cities Challenge Award*, un concorso di architettura dove parteciparono più di 145 iscritti provenienti dai sei paesi della Scandinavia.

Il partner e direttore del design di SLA Andersson afferma: “L'idea del nostro progetto, THE SOUL OF NØRREBRO, è creare un progetto che migliori la qualità della vita all'interno di Nørrebro. La nostra soluzione si basa sulla creazione di una robusta natura urbana che risolva il problema specifico di gestire la pioggia torrenziale per evitare inondazioni, e allo stesso tempo creare una nuova e coerente serie di spazi urbani che offrano una comunità sociale più forte, esperienze più verdi e più naturali e nuove opportunità creative per tutti i cittadini di Copenaghen”.

Il parco Hans Travsens fungerà da bacino per il quartiere e riuscirà a smaltire fino a 18.000 m³ d'acqua contemporaneamente e sarà quindi usata localmente, mentre l'acqua piovana in eccesso verrà

condotta al lago Plebinge (ad est del quartiere) tramite la strada Korsgade che, grazie alla vegetazione presente, purificherà l'acqua prima che si immetta nel lago (Figura 3.7).

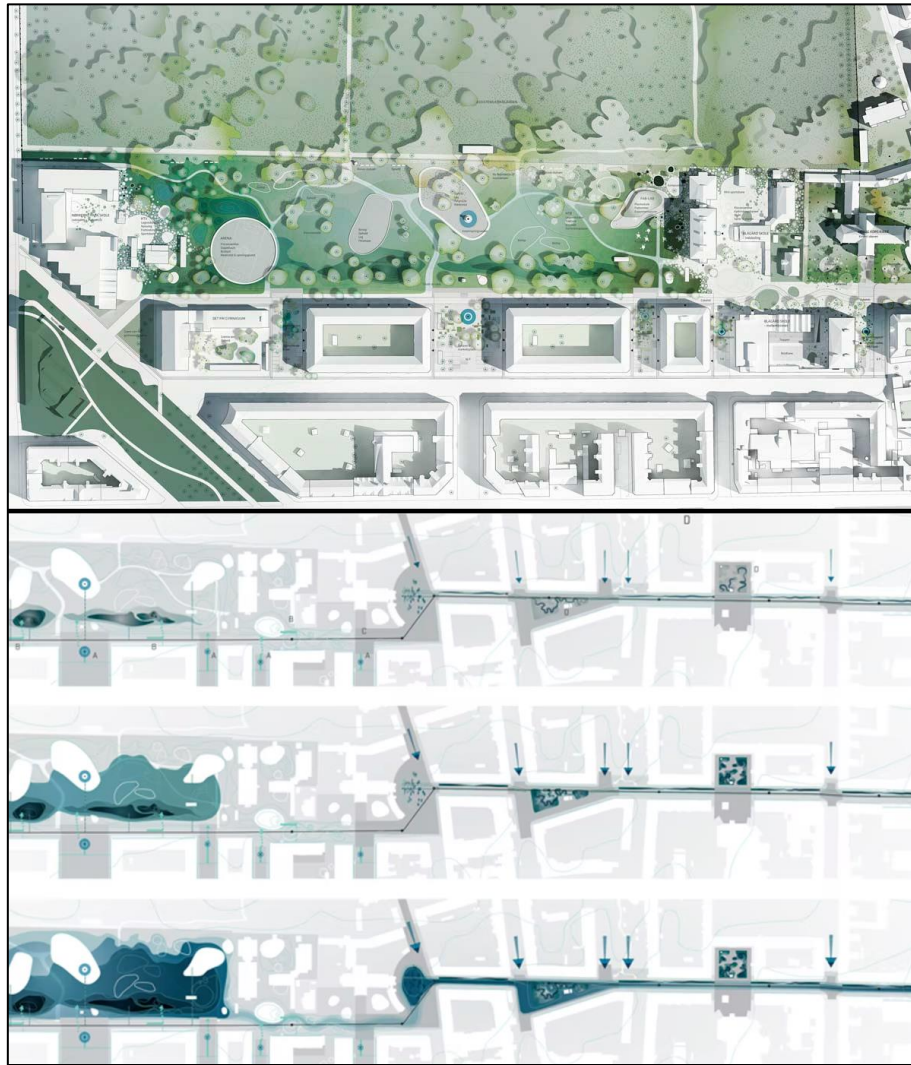


Figura 3.7 - Masterplan di "The Soul Of Nørrebro" e deflusso delle acque in eccesso dati tre scenari di pioggia. (Fonte: SLA)

4 QUADRO AMBIENTALE DELLA CITTÀ DI PADOVA

Prima di incentrarsi sul verde nella città oggetto della tesi è necessaria una valutazione del quadro ambientale del territorio comunale per riconoscere quali sono i punti di criticità sui cui lavorare.

La valutazione dello stato dell'ambiente nella città di Padova avverrà sulla base dei monitoraggi effettuati dagli Enti di controllo e dagli strumenti urbanistici comunali riguardo l'aria, i fattori climatici, l'acqua e il suolo.

4.1 Aria

La valutazione della qualità dell'aria sarà effettuata facendo riferimento alla normativa italiana vigente, in particolare:

- Decreto legislativo 4.8.1999 n. 351;
- Decreto ministeriale 2.4.2002 n. 60;
- Decreto legislativo 21.5.2004 n. 183;
- Decreto legislativo 3.8.2007 n. 152.

Per avere dei dati omogenei e realistici si prenderanno in considerazione i dati della campagna di monitoraggio della qualità dell'aria dell'ARPAV del 2018 in Via San Crispino in riferimento ai dati del periodo estivo (19 luglio al 5 settembre) e del periodo invernale (26 ottobre al 5 dicembre) (Figura 4.1).



Figura 4.1 - Posizionamento della stazione mobile in via San Crispino e delle stazioni fisse di riferimento. (Fonte: Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria Comune di Padova - Via San Crispino, Relazione tecnica, 2018)

Si passerà quindi a ricavare i dati degli inquinanti principali e a confrontarli con i valori limite per la salute umana e della vegetazione (Tabella 4.1).

INQUINANTE	NOME LIMITE	INDICATORE STATISTICO	VALORE
SO ₂	Limite per la protezione degli ecosistemi	Media annuale e media invernale	20 ug/m ³
	Soglia di allarme	Superamento per 3h consecutive del valore	500 ug/m ³
	Limite orario per la protezione della salute umana	Media 1h	350 ug/m ³ [da non superare più di 24 volte per anno civile]
	Limite di 24 ore per la protezione della salute umana	Media 24h	125 ug/m ³ [da non superare più di 3 volte per anno civile]
NO _x	Limite per la protezione della vegetazione	Media annuale	30 ug/m ³
NO ₂	Soglia di allarme	Superamento per 3h consecutive del valore	400 ug/m ³
	Limite orario per la protezione della salute umana	Media 1h	200 ug/m ³ [da non superare più di 18 volte per anno civile]
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	40 ug/m ³
PM ₁₀	Limite di 24 ore per la protezione della salute umana	Media 24h	50 ug/m ³ [da non superare più di 35 volte per anno civile]
	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	40 ug/m ³
PM _{2.5}	Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Media annuale	25 ug/m ³
CO	Limite per la protezione della salute umana	Max giornaliero della media mobile su 8h	10 mg/m ³
O ₃	Soglia di informazione	Superamento del valore orario	180 ug/m ³
	Soglia di allarme	Superamento del valore orario	240 ug/m ³
	Obiettivo a lungo termine [protezione salute umana]	Max giornaliero della media mobile su 8h	120 ug/m ³
	Valore Obiettivo per la protezione della salute umana	Max giornaliero della media mobile su 8h	120 ug/m ³ [da non superare più di 25 giorni all'anno, come media su 3 anni]
	Valore Obiettivo per la protezione della salute umana	AOT40 valori 1h [maggio-luglio]	18000 ug/m ³ x h [come media su 5 anni]
	Obiettivo a lungo termine [protezione della vegetazione]	AOT40 valori 1h [maggio-luglio]	6000 ug/m ³ x h
B(a)P	Valore obiettivo	Media annuale	1.0 ng/m ³
C6H6	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	5.0 ug/m ³
Pb	Limite annuale per la protezione della salute umana	Media annuale	0.5 ug/m ³
Ni	Valore obiettivo	Media annuale	20.0 ng/m ³
As	Valore obiettivo	Media annuale	6.0 ng/m ³
Cd	Valore obiettivo	Media annuale	5.0 ng/m ³

Tabella 4.1 - Valori limite della qualità dell'aria per la protezione della salute umana e della vegetazione. (Fonte: Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria Comune di Padova - Via San Crispino, Relazione tecnica, 2018)

Biossido di zolfo (SO₂)

Le emissioni di biossido di zolfo derivano principalmente da:

- centrali termoelettriche,
- impianti di riscaldamento domestico,
- alcune produzioni industriali (raffinerie, fonderie, cementifici),
- traffico veicolare (motori diesel).

Il biossido di zolfo viene assorbito facilmente dalle mucose del naso e rappresenta, anche se solo piccole quantità raggiungono la parte più profonda del polmone, un inquinante molto pericoloso.

Fra gli effetti acuti sono presenti: un aumento della resistenza al passaggio dell'aria, l'aumento di muco, bronchite, tracheite, spasmi bronchiali e/o difficoltà respiratoria per coloro che soffrono di asma.

CAMPAGNA	INQUINANTE SO₂ (µg/m³)	STAZIONE	STAZIONI FISSE	
		MOBILE SAN CRISPINO	APS1	APS2
INVERNALE	Max _{1h}	16	4	5
ESTIVA	Max _{1h}	4	2	4
COMPLESSIVA	Media	2,5	2	2
INVERNALE	N° dati	1157	1116	1043
ESTIVA	N° dati	979	985	981
COMPLESSIVA	N° dati	2136	2101	2024

Tabella 4.2 - Parametri statistici massimi per il biossido di zolfo. (Fonte: Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria Comune di Padova - Via San Crispino, Relazione tecnica, 2018)

I livelli di biossido di zolfo registrati in via San Crispino in inverno sono superiori a quelli registrati nelle due stazioni fisse considerate. La media dell'intero periodo a San Crispino è pari a 2.5 µg/m³, contro i 2.0 µg/m³ di APS1 e APS2. Entrambi i valori sono comunque nettamente inferiori sia al limite per la protezione della salute che alla soglia di allarme (Tabella 4.2).

Monossido di carbonio (CO)

È un gas prodotto dalla combustione parziale delle sostanze contenenti carbonio ed è incolore e inodore. Nei periodi invernali il ristagno di questo inquinante è più alto. Le fonti antropiche sono costituite:

- dagli scarichi delle automobili (motori a benzina),
- dal trattamento e smaltimento dei rifiuti,
- dalle industrie e raffinerie di petrolio,
- dalle fonderie.

Il monossido di carbonio raggiunge facilmente gli alveoli polmonari e quindi il sangue dove c'è la presenza dell'ossigeno (legato all'emoglobina). Si forma perciò la carbossiemoglobina che riduce notevolmente la capacità del sangue di portare ossigeno ai tessuti.

Gli effetti sanitari riguardano i danni causati dall'ipossia a carico del sistema nervoso, cardiovascolare e muscolare. Le persone che soffrono di malattie cardiache e polmonari, gli anemici e le donne in gravidanza sono individui fragili.

CAMPAGNA	INQUINANTE <i>CO (µg/m³)</i>	STAZIONE MOBILE <i>SAN CRISPINO</i>	STAZIONI FISSE	
			<i>APS1</i>	<i>APS2</i>
INVERNALE	Max _{1h}	1	2	2
ESTIVA	Max _{1h}	1	1	1
INVERNALE	N° dati	946	1116	1050
ESTIVA	N° dati	1089	973	953
COMPLESSIVA	N° dati	2035	2089	2003

Tabella 4.3 - Parametri statistici per il monossido di carbonio (Fonte: Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria Comune di Padova - Via San Crispino, Relazione tecnica, 2018)

I valori della stazione mobile sono uguali o inferiori a quelli delle stazioni fisse di riferimento, in ogni caso sono al di sotto dei limiti di legge (Tabella 4.3).

Ozono (O₃)

Questo inquinante viene definito come secondario e si forma in atmosfera a seguito di reazioni fotochimiche che coinvolgono: ossidi di azoto, idrocarburi e aldeidi.

È un gas bluastro dall'odore leggermente pungente che non viene emesso come tale dalle attività umane. L'ozono agisce ossidando i gruppi solfidrilici presenti in enzimi, coenzimi, proteine e acidi grassi insaturi provocando il danneggiamento delle membrane degli organelli cellulari. Principalmente è l'apparato respiratorio ad essere danneggiato da questo inquinante. Gli effetti acuti provocati sono: secchezza della gola e del naso, aumento della produzione di muco, tosse, faringiti, bronchiti, diminuzione della funzionalità respiratoria, dolori toracici, diminuzione della capacità battericida polmonare, irritazione degli occhi e mal di testa. Invece un'esposizione prolungata (cronica) può portare a fibrosi, effetti teratogeni, effetti sulla paratiroide e sul sistema riproduttivo.

CAMPAGNA	INQUINANTE <i>O₃</i> ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	STAZIONE MOBILE	STAZIONI FISSE	
		SAN CRISPINO	APS1	APS2
INVERNALE	N° sup. 120	0	0	0
ESTIVA	N° sup. 120	27	18	19
INVERNALE	N° sup. 180	0	0	0
ESTIVA	N° sup. 180	4	0	2
INVERNALE	N° dati	1109	1108	1029
ESTIVA	N° dati	953	985	983
COMPLESSIVA	N° dati	2062	2093	2012

Tabella 4.4 - Parametri statistici per l'ozono (Fonte: Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria Comune di Padova - Via San Crispino, Relazione tecnica, 2018)

In questo caso si può notare che nell'arco di tutta la campagna di monitoraggio l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana e i superamenti della soglia di informazione sono stati superati di più nella stazione in via San Crispino che nelle stazioni fisse APS1 e APS2 (Tabella 4.4).

Biossido di azoto (NO₂)

Il biossido di azoto ha un colore rosso-bruno, se presente in alte concentrazioni ha un odore pungente e soffocante che si forma anche dalle reazioni fotochimiche secondarie che avvengono in atmosfera. La quantità di ossidi di azoto prodotta da fonti antropiche è circa un decimo di quella prodotta dalla natura, con la differenza che le prime si concentrano in ristrette zone.

I processi antropici che causano la produzione di biossido di azoto sono principalmente la combustione:

- nei veicoli a motore,
- negli impianti di riscaldamento domestico,
- nelle attività industriali.

In presenza di altri inquinanti, questo inquinante può portare alla formazione dello smog fotochimico. In condizioni meteorologiche stabili e soleggiate (primavera-estate), i raggi ultravioletti possono causare la formazione di ozono tramite la dissociazione del biossido di azoto; il bersaglio di questo

inquinante sono le membrane cellulari (ossidazione di lipidi e proteine). Gli effetti acuti sono: infiammazione delle mucose e problematiche sulla funzionalità polmonare. Gli effetti cronici invece sono: aumento dell'incidenza delle malattie respiratorie, alterazioni polmonari, aumento della propensione alle infezioni polmonari batteriche e virali. I soggetti fragili sono gli asmatici e i bambini.

CAMPAGNA	INQUINANTE <i>NO₂ (µg/m³)</i>	STAZIONE	STAZIONI FISSE	
		MOBILE <i>SAN CRISPINO</i>	<i>APS1</i>	<i>APS2</i>
INVERNALE	Media	35	34	34
ESTIVA	Media	22	24	20
COMPLESSIVA	Media	28	28	27
INVERNALE	N° dati	932	985	984
ESTIVA	N° dati	1136	1120	1058
COMPLESSIVA	N° dati	2068	2105	2042

Tabella 4.5 - Parametri statistici per il biossido di azoto (Fonte: Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria Comune di Padova - Via San Crispino, Relazione tecnica, 2018)

Si può notare che non si sono registrati superamenti del valore limite di protezione della salute né sulla stazione mobile di San Crispino, né sulle stazioni fisse APS1 e APS2; inoltre la media dei valori di tutte le stazioni sono inferiori ai limiti annuali di legge (Tabella 4.5).

Polveri fini (PM₁₀)

Il fenomeno dell'inquinamento da PM10 (polveri con diametro inferiore a 10 µm) risulta particolarmente complesso in quanto le concentrazioni sono determinate sia dalle emissioni primarie, sia da reazioni chimiche che hanno sede nell'atmosfera con altri inquinanti (quali ossidi di azoto, biossido di zolfo, composti organici volatili e ammoniaca).

Le fonti antropiche di particolato sottile sono le seguenti:

- riscaldamento domestico,
- traffico veicolare,
- agricoltura,
- altre sorgenti e macchinari.

CAMPAGNA	INQUINANTE <i>PM₁₀ (µg/m³)</i>	STAZIONE MOBILE SAN CRISPINO	STAZIONI FISSE		
			<i>APS1</i>	<i>APS2</i>	<i>Granze</i>
INVERNALE	Media	36	40	36	38
ESTIVA	Media	21	22	20	26
COMPLESSIVA	Media	28	31	28	32
INVERNALE	N° superamenti	6	8	5	7
ESTIVA	N° superamenti	0	0	0	0
INVERNALE	N° dati	41	41	41	41
ESTIVA	N° dati	49	44	45	46
COMPLESSIVA	N° dati	90	85	86	87

Tabella 4.6 - Parametri statistici per le polveri fini (Fonte: Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria Comune di Padova - Via San Crispino, Relazione tecnica, 2018)

Il limite giornaliero è stato superato in tutto 6 volte nella stazione mobile però con una media complessiva inferiore al limite annuale (dato non del tutto affidabile perché di periodo minore). Prendendo in considerazione le stazioni fisse di riferimento APS1, APS2 e quella di Granze, si può notare che i dati sono tutti simili, soprattutto quelli della stazione APS2 che sono quasi uguali (Tabella 4.6).

Benzo(a)pirene

Sono degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e si formano dalla combustione parziale di materiale organico. La loro fonte di origine antropica principale è rappresentata dagli impianti di riscaldamento residenziale, quindi dalla bruciatura di biomasse. In particolare, negli ultimi anni c'è stato un aumento della concentrazione di IPA in atmosfera a seguito all'aumento degli impianti di riscaldamento domestico a legna. Le altre fonti emmissive sono i processi di combustione di tipo industriale, il traffico veicolare e il trattamento e smaltimento dei rifiuti.

Solitamente si usa questo inquinante come indicatore di tutti gli altri IPA dato che la loro relazione è stabile.

CAMPAGNA	INQUINANTE <i>PM₁₀ (µg/m³)</i>	STAZIONE	STAZIONI FISSE		
		MOBILE <i>SAN CRISPINO</i>	<i>APS1</i>	<i>APS2</i>	<i>Granze</i>
INVERNALE	Media	0,1	0,1	0,1	0,1
ESTIVA	Media	1,1	1,5	1,4	1,3
COMPLESSIVA	Media	0,6	0,7	0,5	0,6

Tabella 4.7 - Parametri statistici per il benzo(a)pirene (Fonte: Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria Comune di Padova - Via San Crispino, Relazione tecnica, 2018)

La media di questo inquinante relativa alla campagna di monitoraggio è inferiore del valore obiettivo annuale e coincide con quello di Granze e compreso tra quello di APS1 e APS2. I valori medi sono calcolati su dei periodi limitati e quindi non confrontabili con i valori limite annuali (Tabella 4.7).

Benzene

Il benzene è un idrocarburo aromatico che si trova tipicamente nelle benzine: gli autoveicoli rappresentano la principale fonte di emissione.

L'esposizione acuta da benzene causa: concentrazioni moderate, stordimento, eccitazione e pallore seguiti da debolezza, mal di testa, respiro affannoso, senso di costrizione al torace; a livelli più elevati (cronici) si registrano eccitamento, euforia e ilarità, seguiti da fatica e sonnolenza e, nei casi più gravi, arresto respiratorio, spesso associato a convulsioni e infine a morte.

CAMPAGNA	INQUINANTE <i>C₆H₆ (µg/m³)</i>	STAZIONE	MANDRIA
		MOBILE <i>SAN CRISPINO</i>	
INVERNALE	Media	0,9	1,5
ESTIVA	Media	0,4	0,3
COMPLESSIVA	Media	0,5	0,8

Tabella 4.8 - Parametri statistici per il benzene (Fonte: Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria Comune di Padova - Via San Crispino, Relazione tecnica, 2018)

Relativamente alla campagna di monitoraggio, i dati reperiti nella stazione mobile sono confrontati con quelli della stazione fissa di Mandria ed entrambi sono inferiori al valor limite annuale (Tabella 4.8).

Metalli

I metalli che la normativa vigente indica come più pericolosi per la salute delle persone e dell'ambiente sono l'arsenico, il cadmio, il nichel e il piombo. Le fonti antropiche che causano l'incremento di questi metalli sono le fonderie e le raffinerie, la produzione di energia, l'attività mineraria, l'attività agricola e l'incenerimento dei rifiuti.

<i>INQUINANTE</i> <i>(ng/m³)</i>	<i>SAN</i> <i>CRISPINO</i>	<i>APS1</i>	<i>APS2</i>	<i>GRANZE</i>
<i>ARSENICO (AS)</i>	0,6	0,6	0,6	0,9
<i>CADMIO (CD)</i>	0,2	0,3	0,2	0,5
<i>NICHEL (NI)</i>	2,0	2,1	2,1	3,1
<i>PIOMBO (PI)</i>	0,006	0,006	0,005	0,028

Tabella 4.9 - Parametri statistici per i metalli "normati" (Fonte: Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria Comune di Padova - Via San Crispino, Relazione tecnica, 2018)

I parametri statistici riguardante la campagna di monitoraggio a San Crispino sono al di sotto dei limiti previsti dalla legge, e sono analoghi a quelli delle due stazioni APS1 e APS2 mentre quelli di Granze sono leggermente superiori (Tabella 4.9).

Conclusioni

In merito ai dati rilevati si può constatare che la qualità dell'aria nella Città di Padova non provoca problematiche per la salute umana e vegetativa; tuttavia è necessario diminuire il numero dei superamenti dei valori limite di alcuni inquinanti (PM₁₀ e O₃). Per aumentare la qualità della vita all'interno del territorio comunale e migliorare il livello qualitativo dell'aria, la vegetazione è un'ottima soluzione; quest'ultima infatti ha la capacità di catturare e smaltire gli inquinanti volatili.

4.2 Fattori climatici

In questa sezione vengono prese in considerazione le variabili meteorologiche del Comune di Padova dal 1994 al 2019 reperibili dal sito dell'ARPAV; le misurazioni dei parametri sono però iniziate circa a metà del 2000. Verranno prese in considerazione le temperature e le precipitazioni (Tabella 4.10).

In media la precipitazione totale è di circa 955 mm annui. Esiste una differenza di 59-60 mm di pioggia tra le precipitazioni del mese più secco e quelle del mese più piovoso; 51 mm si riferisce alle

precipitazioni del mese di gennaio, che rappresenta il mese più asciutto mentre il mese di novembre è quello con maggiori precipitazioni, con una media mensile di 110 mm.

Le temperature più basse si registrano nei mesi di dicembre, gennaio e febbraio, mesi in cui il valore medio dei valori minimi delle minime giornaliere mensili è di circa 1-2°C. Nel periodo estivo la temperatura minima raggiunge invece i 19-20°C nei mesi di luglio e agosto.

In quanto alle temperature massime, le più alte si raggiungono nei mesi estivi, in cui il valore medio del valore massimo delle massime giornaliere è intorno ai 30°C nei mesi di luglio e agosto.

La temperatura media più bassa si registra nel mese di gennaio (3,9°C) per poi crescere nei mesi successivi fino a raggiungere il massimo nel mese di luglio e agosto, con temperature intorno ai 24°C.

La temperatura decresce poi dal mese di settembre fino a raggiungere i 4,8°C nel mese di dicembre.

	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
T. MIN. (°C)	1,3	2,4	5,8	9,8	14,1	18,1	19,8	19,5	15,5	11,5	7,0	2,1
T. MED. (°C)	3,9	5,6	9,8	14,1	18,6	22,9	24,7	24,2	19,5	14,6	9,6	4,8
T. MAX. (°C)	7,3	9,7	14,6	19,2	23,8	28,1	30,3	30,1	24,9	18,8	12,8	8,2
P. MED. (mm)	51,2	74,8	77,9	83,7	103,5	76,2	76,7	73,1	91,7	90,3	110,6	59,3

Tabella 4.10 - Valori mensili minimi, medi e massimi delle temperature e valori mensili medi delle precipitazioni nel Comune di Padova. (Fonte: Variabili meteorologiche del Comune di Padova 1994-2019, ARPAV)

Per una lettura più agevole delle variabili meteorologiche, verranno riportate le precipitazioni e la temperatura media su un grafico combinato (Grafico 4.1).

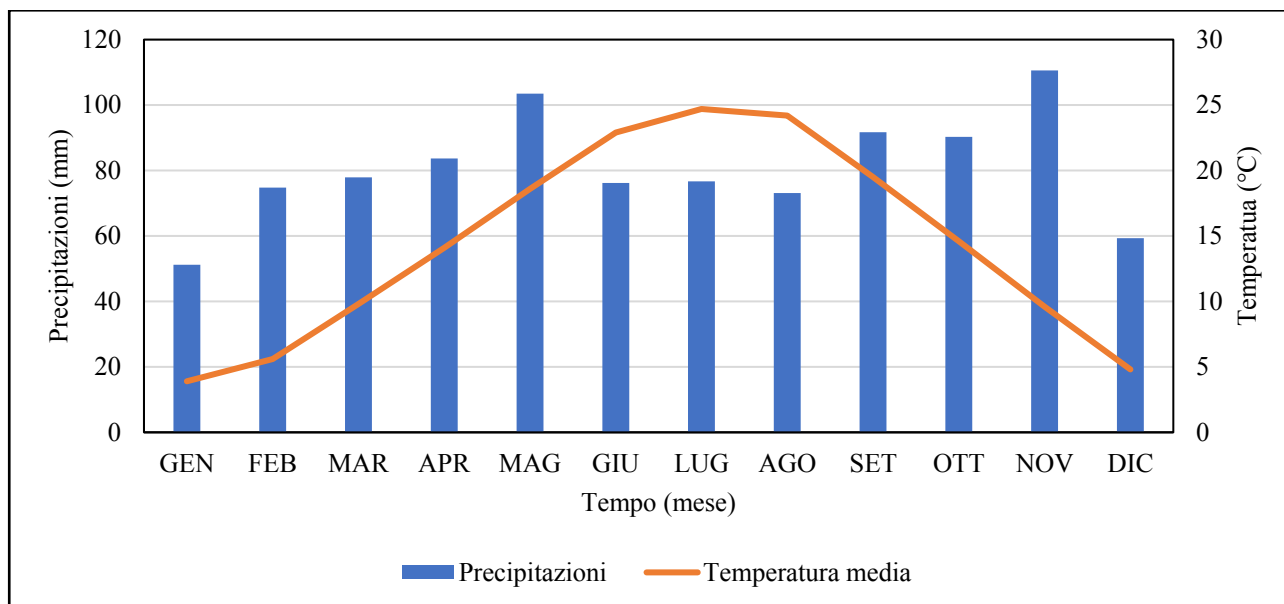


Grafico 4.1 - Variazione mensile delle precipitazioni relazionata alla variazione della temperatura media.

Conclusioni

Esaminando il clima della Città di Padova si può notare che le temperature estive sono molto alte (soprattutto le temperature massime) che possono causare problemi di salute negli anziani e nei bambini. Tutto ciò conferma la necessità di implementare del verde urbano in zone della città che ne sono sprovviste e potenziare il sistema del verde esistente; la capacità delle piante di creare un microclima, grazie all'intercettazione della radiazione solare netta e i processi di traspirazione, può influire in maniera molto rilevante sull'aumento della qualità della vita.

4.3 Acqua

In merito alla sfera idrologica il territorio del Comune di Padova ricade in due bacini idrografici, nel Bacino Brenta – Bacchiglione e, per una piccola parte, nel il Bacino scolante nella Laguna di Venezia. Si farà riferimento al rapporto tecnico del 2019 riguardante lo stato delle acque superficiali del Veneto redatto dall'ARPAV.

Ai fini dello studio della componente ambientale si prenderanno in considerazione le stazioni che si trovano ad una distanza massima di 15 km dal confine comunale di Padova in modo da avere una valutazione realistica. Le stazioni sotto riportate (Figura 4.2) sono dati georiferiti riguardanti ai punti di monitoraggio del 2020, mentre il rapporto delle acque superficiali da cui verranno sviluppate le analisi risalgono al 2019, perciò alcune stazioni non sono riportate in quel rapporto; nello specifico le stazioni 1264, 1305, 1224, 1308, 1248).

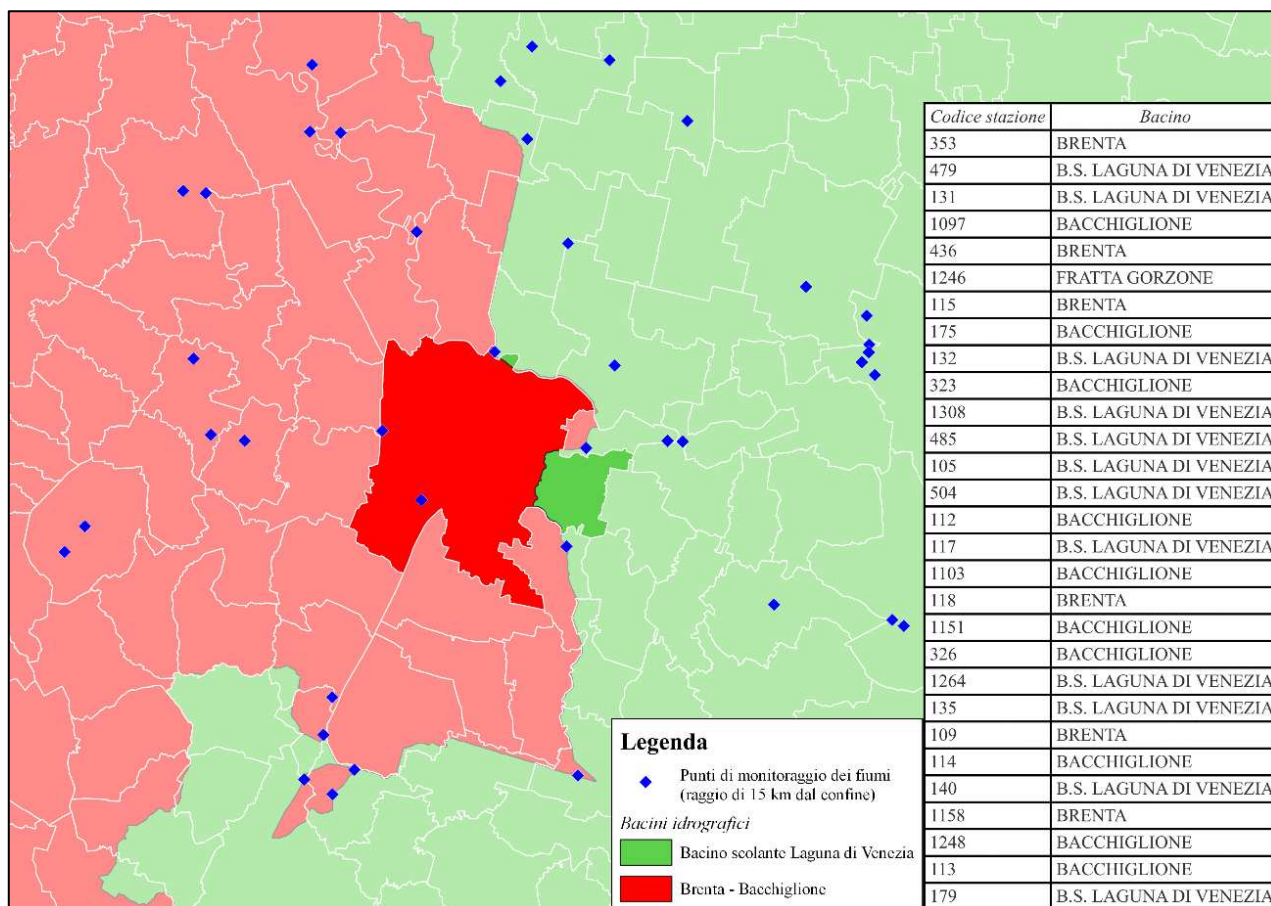


Figura 4.2 - Stazioni di monitoraggio dei fiumi nel raggio di 15 km dal Comune di Padova.

Indice LIMeco

Uno dei parametri più importanti per indicare la qualità delle acque è l'indice LIMeco (Livello di Inquinamento dai Macrodescrittori per lo Stato Ecologico, la normativa di riferimento è il D.M. 260/2010 ed è un descrittore dello stato trofico del fiume che considera quattro parametri: tre nutrienti (azoto ammoniacale, azoto nitrico, fosforo totale) e il livello di ossigeno disciolto.

L'indice LIMeco è dato ad ogni stazione e ognuna di queste viene affidata una valutazione in base alla colorazione (Figura 4.3).

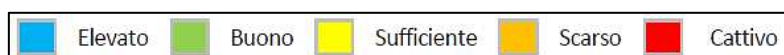


Figura 4.3 - Valutazione indice LIMeco (Fonte: Stato delle acque superficiali del Veneto - Corsi d'acqua e laghi, ARPAV, Rapporto tecnico, 2019)

Il grafico seguente (Grafico 4.2) è un riassunto delle valutazioni dell'indice LIMeco del 2019 e fa riferimento all'Allegato A – Livello di Inquinamento Macrodescrittori Stato Ecologico che presenta le seguenti caratteristiche:

- Le aste principali (ordine idraulico 1) sono riportate in carattere maiuscolo e grassetto;

- Gli affluenti alle aste principali (ordine idraulico 2) sono in carattere maiuscolo semplice;
- I restanti corsi d'acqua (dall'ordine idraulico 3 in poi) sono riportati in carattere maiuscolo corsivo;
- In colore grigio sono evidenziati i parametri più critici.

Riguardo al grafico, i due anelli rappresentano rispettivamente il Bacino scolante della Laguna di Venezia (anello esterno) e il Bacino del fiume Bacchiglione (anello interno) le etichette di dati rappresentano il numero di stazioni (sopra) e la percentuale in merito al totale delle stazioni ricadenti nel bacino idrografico di riferimento (sotto).

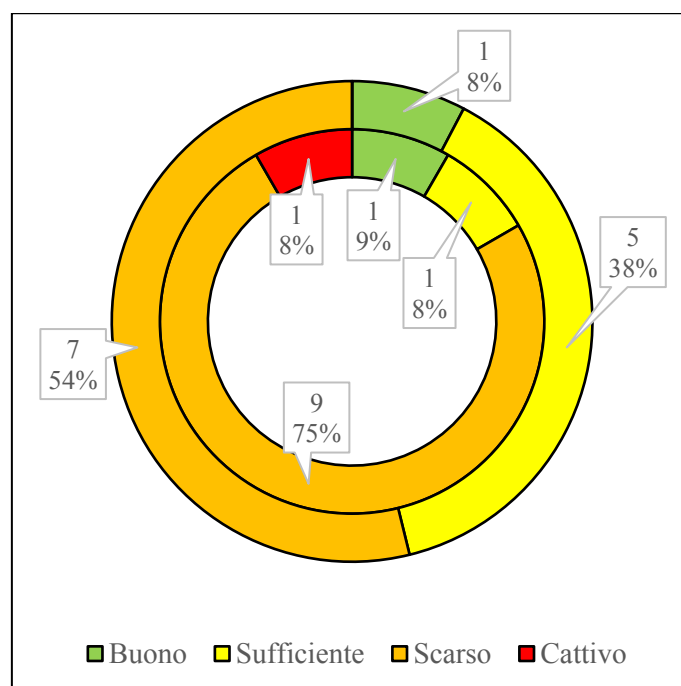


Grafico 4.2 - Riassunto delle valutazioni dell'indice LIMeco delle stazioni di riferimento nell'anno 2019.

I dati sono solo parzialmente significativi perché per classificare un corpo idrico è necessaria l'evoluzione dello stato ecologico in un certo arco di tempo, vengono quindi presi in considerazione le valutazioni dell'indice LIMeco negli ultimi 10 anni. Tali valutazioni possono essere riassunte in un grafico (Grafico 4.3) che indica il numero di stazioni che indicano se il valore è migliorato, peggiorato o se è rimasto stabile in questi ultimi anni, per maggiori dettagli sull'andamento dei valori si può consultare l'Allegato B – Valutazione annuale dell'indice LIMeco (2010-2019).

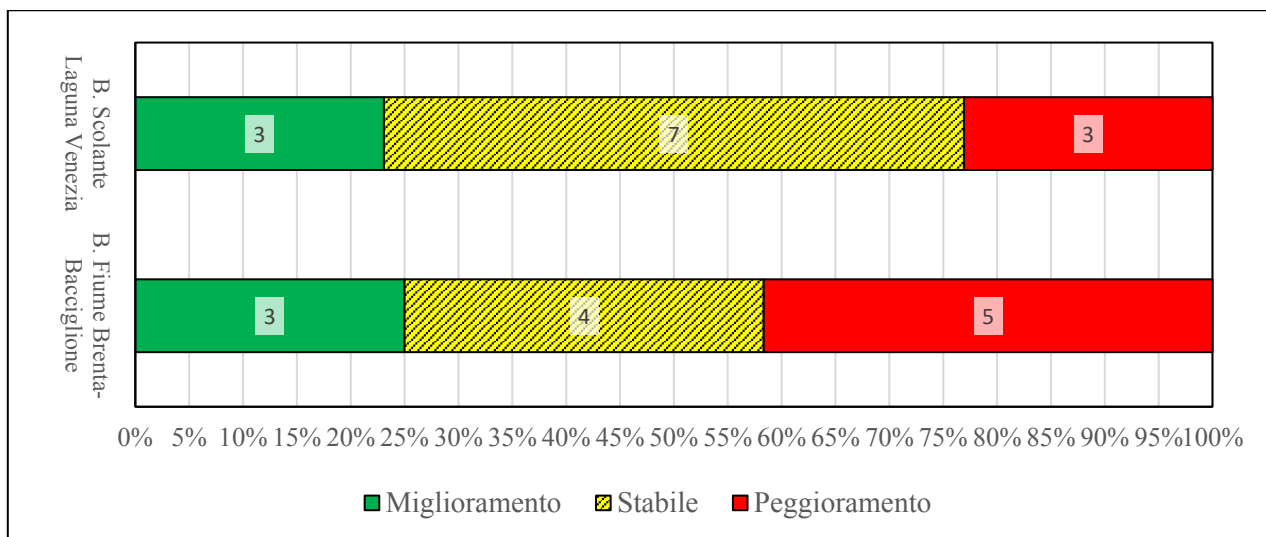


Grafico 4.3 - Evoluzione dell'indice LIMeco rispetto al 2010 nelle stazioni di riferimento.

Dal grafico riassuntivo si può notare che la maggior parte delle stazioni studiate sono migliorate o stabili nell'ultimo periodo (77% per il Bacino Scolante e 58% per il Bacino Brenta-Bacchiglione) ma ci sono molti casi che hanno trovato un peggioramento (33% per il Bacino Scolante e 42% per il Bacino Brenta-Bacchiglione).

Indice LIM

Come ultima valutazione per la sfera idrologica si prende in considerazione l'indice LIM (Livello di Inquinamento dai Macrodescrittori) che nonostante sia stata abrogata la normativa di riferimento che lo introduceva (D. lgs. 152/099), è un indicatore che continua ad essere valutato sia per la continuità che per l'affidabilità.

È un indice che prende in considerazione sette parametri: il 75 percentile di azoto ammoniacale, azoto nitrico, ossigeno disciolto, BOD₅ (domanda biochimica di ossigeno a 5 giorni), COD (domanda chimica di ossigeno), fosforo ed *Escherichia coli* (una specie di batterio).

Anche questo grafico riassuntivo (Grafico 4.4), come per l'indice LIMeco, è il riassunto delle valutazioni dell'indice LIM del 2019 in riferimento all'Allegato C – Livello di Inquinamento dai Macrodescrittori (D.lgs.152/99).

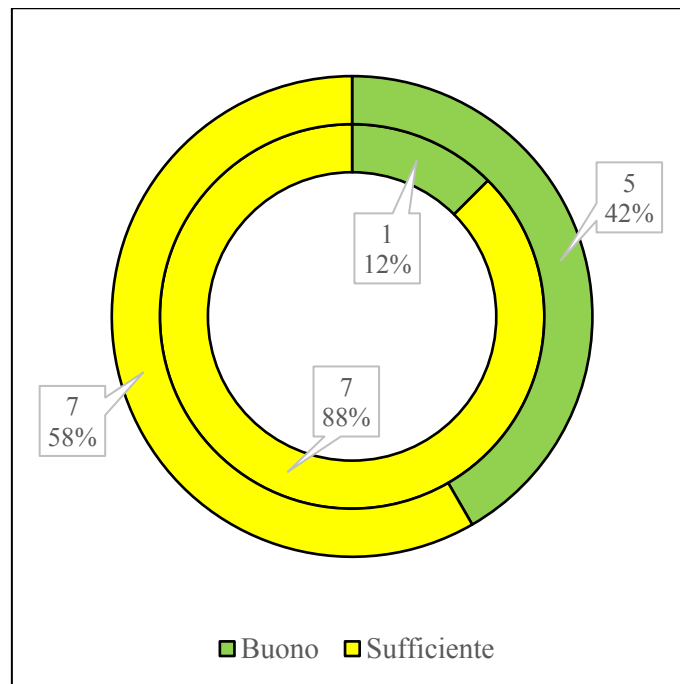


Grafico 4.4 - Riassunto delle valutazioni dell'indice LIM nelle 20 stazioni nell'anno 2019.

Come per il grafico precedente, i due anelli rappresentano il Bacino scolante della Laguna di Venezia (anello esterno) e il Bacino del fiume Bacchiglione (anello interno) e le etichette di dati sono la numerosità delle stazioni (sopra) e la percentuale in merito al totale delle stazioni ricadenti nel bacino idrografico di riferimento (sotto). In tutto le stazioni a cui sono stati attribuiti gli indici LIM sono 20.

Conclusioni

La qualità dell'acqua è complicata da valutare dato che i corsi d'acqua attraversano diverse città; ciò che si può analizzare è che la maggior parte delle stazioni hanno un'evoluzione degli indici di qualità stabili o in peggioramento e si attestano (per la maggior parte) in valutazioni scarse. Le alberature in vicinanza dei corsi d'acqua possono porre rimedio all'input di inquinanti tramite l'assorbimento di questi ultimi da parte dell'apparato radicale delle piante.

4.4 Suolo

Il suolo nel territorio comunale di Padova non è tutto uguale, per tessitura e porosità si differenzia e per la determinazione di queste due caratteristiche fondamentali si possono trovare facilmente nella Carta dei Suoli del Veneto aggiornata al 2019.

Come valutazione si farà riferimento alle unità cartografiche che sono in tutto 2017 nel Veneto e sono classificate con delle sigle composte da due lettere maiuscole (Provincia di Suoli), un numero

(Sistema di suolo) e un numero progressivo. Nel territorio comunale sono presenti 8 unità (Figura 4.4).

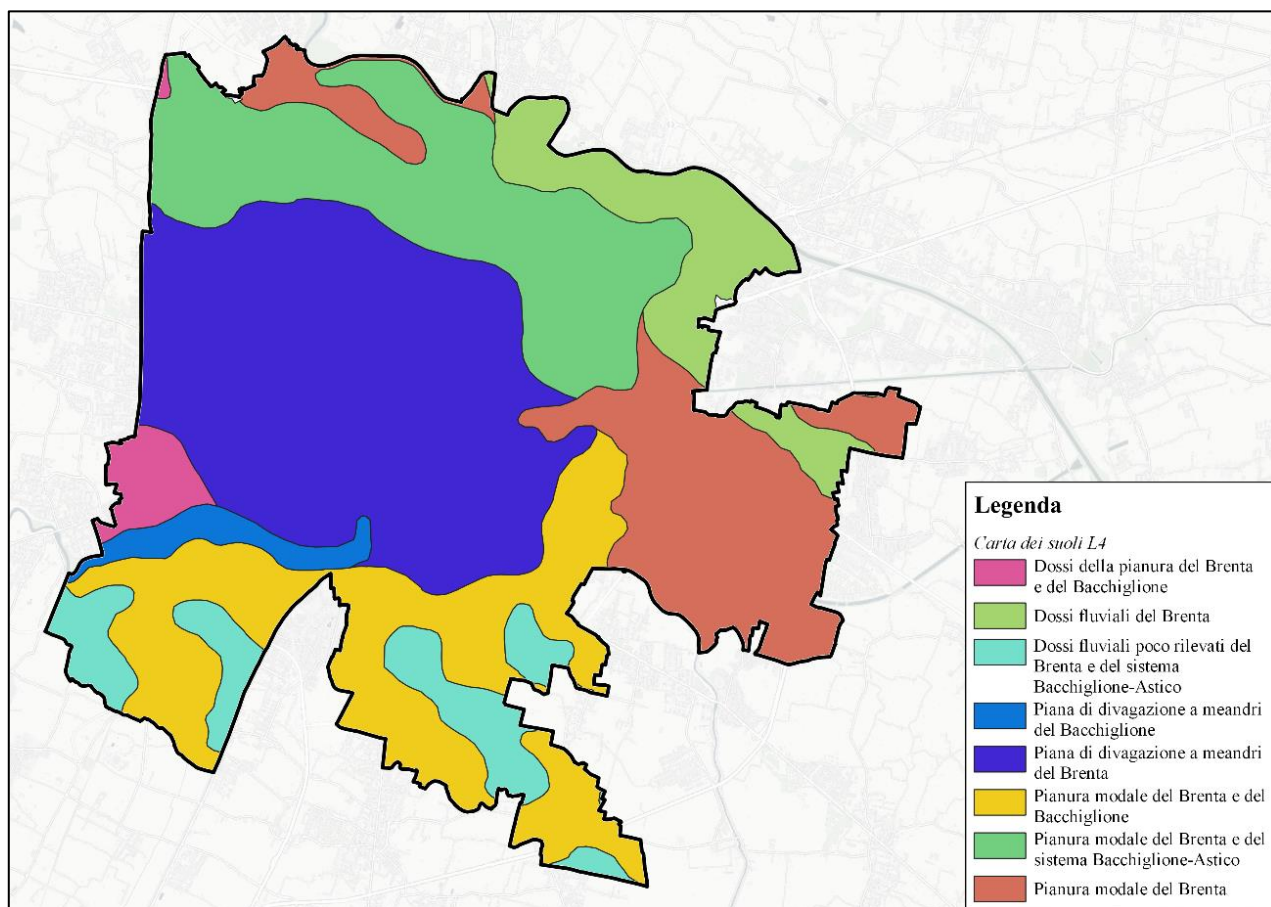


Figura 4.4 - Unità cartografiche di tipologie di suolo nel Comune di Padova.

Le considerazioni principali sono rappresentate dalla tabella sottostante (Tabella 4.11) ma bisogna affidare la sigla ad ogni unità cartografica:

- Dossi della pianura del Brenta e del Bacchiglione → BA1.3
- Dossi fluviali del Brenta → BR2.3
- Dossi fluviali poco rilevanti del Brenta e del sistema Bacchiglione-Astico → BR1.2
- Piana di divagazione a meandri del Bacchiglione → BR4.5
- Piana di divagazione a meandri del Brenta → BR3.2
- Pianura modale del Brenta e del Bacchiglione → BR3.3
- Pianura modale del Brenta e del sistema Bacchiglione-Astico → BA2.3
- Pianura modale del Brenta → BR4.7

	TESSITURA	CALCARE TOT. (%)	PENDENZA (%)	PROFONDITÀ ORIZZONTI (cm)	DRENAGGIO
BA1.3	Franco-sabbioso	25 – 40	0,1 – 0,2	100 – 150, >150	Buono
BR2.3	Fra franco-sabbioso a limoso	25 – 40	< 0,2 %	100 – 150	Buono
BR1.2	Fra franco-sabbioso molto fine a limoso	5 – 10	< 0,2 %	100 – 150	Mediocre
BR4.5	Fra franco-sabbioso a limoso	25 – 40	< 0,2 %	100 – 150	Buono
BR.3.2	Superficie: Fra franco-sabbioso molto fine a limoso Profondità: Franco- sabbioso	25 – 40	< 0,2 %	>150	Buono
BR3.3	Fra franco-sabbioso molto fine a limoso	25 – 40	< 0,2 %	100 – 150	Buono
BA2.3	Fra franco-sabbioso molto fine a limoso	25 – 40	0,1 – 0,2	100 – 150	Mediocre
BR4.7	Fra franco-sabbioso molto fine a limoso	25 – 40	< 0,2 %	100 – 150	Mediocre

Tabella 4.11 - Tabella riassuntiva delle caratteristiche del suolo per ogni unità cartografica.

Le caratteristiche del suolo sono però compromesse dall'urbanizzazione, quindi è necessaria una valutazione dell'uso del suolo, l'ARPAV rende pubblici i dati georiferiti delle destinazioni d'uso del territorio del Veneto.

Per quanto riguarda Padova si può fare riferimento all'Allegato D – Tabella dell'uso del suolo che riporta i dati ARPAV nel territorio comunale ma sono racchiusi in due macrosezioni: “Urbanizzato” e “Non urbanizzato o scarsamente urbanizzato”, questa suddivisione è necessaria per inquadrare in modo più semplice ed immediato le porzioni di territorio che mantengono le caratteristiche precedentemente riportate (Tabella 4.11).

Conclusioni

Si può notare che la natura del suolo non aiuta molto il rischio idrogeologico; la presenza di una superficie molto alta di territorio urbanizzato ed edificato comporta l'impermeabilità del suolo e la tessitura dei terreni non sempre favorisce il drenaggio dell'acqua. La vegetazione, anche in questo caso, gioca un ruolo fondamentale nell'assorbimento delle acque e nel miglioramento della tessitura del terreno.

5 SISTEMA DEL VERDE NELLA CITTÀ DI PADOVA

Dopo aver valutato lo stato ambientale della città di Padova si passa all'analisi del sistema delle aree verdi e della vegetazione presenti nel territorio comunale. In questo capitolo verranno analizzati inizialmente i dati nazionali in modo da avere un'idea generale del verde di Padova rispetto a quello di altre città italiane e la sua evoluzione nel tempo, successivamente ci si soffermerà più sul dettaglio della vegetazione all'interno del territorio comunale e, per finire, saranno esposti i progetti che l'amministrazione comunale ha adottato (o adotterà) per l'innovazione della città sotto il punto di vista ambientale.

5.1 Inquadramento generale del verde urbano

È necessario confrontare il comune oggetto di studio con le altre principali città italiane; per fare ciò si farà affidamento ai dati Istat in merito all'ambiente urbano aggiornati al 2020 in merito a 110 città (109 capoluoghi di Provincia e Cesena).

L'aumento della superficie destinata al verde urbano nel territorio comunale nel periodo fra il 2011 e il 2020 sono riassunti nel grafico a destra (Grafico 5.1). Si può notare un andamento con un leggero e costante aumento, tranne nel 2018 che c'è stato un aumento di più di 230.000 m² di superficie di verde urbano. Il comune di Padova è ventiduesimo per superficie destinata a verde. Per consultare i valori completi delle prime 30 città con più superficie verde si può consultare l'Allegato E – Superficie di verde urbano (m²) negli anni 2011-2020.

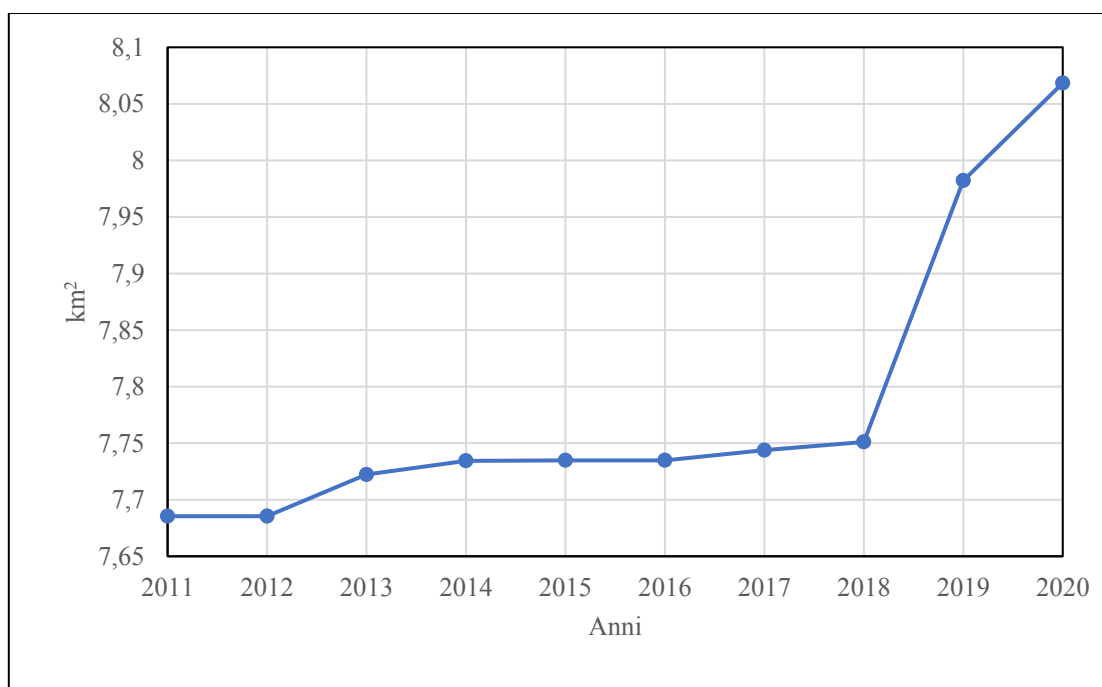


Grafico 5.1 – Variazione della superficie di verde urbano nella città di Padova fra il 2011 e 2020.

Il dato sopra riportato è difficilmente paragonabile a causa delle superfici differenti fra le diverse città italiane, quindi è opportuno prendere in considerazione il rapporto la superficie destinata a verde con la superficie totale. La città di Padova si posiziona come quindicesima città capoluogo di provincia in Italia per densità di verde urbano rispetto alla superficie comunale (Tabella 5.1).

COMUNI	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Bolzano	39,85	39,86	39,86	39,86	39,86	39,87	39,87	39,87	39,87	39,88
Sondrio	30,51	30,55	30,60	30,60	30,63	30,64	30,74	30,76	30,76	30,76
Trento	29,96	30,01	30,03	30,03	30,04	30,04	30,04	30,04	30,04	30,05
Monza	21,48	21,48	21,48	21,48	21,74	21,83	21,83	21,83	21,86	22,13
Torino	15,02	15,02	15,03	15,03	15,08	15,08	15,23	15,25	15,25	15,39
Pordenone	14,69	14,72	14,82	14,83	14,87	14,91	14,91	14,91	14,91	14,97
Trieste	14,64	14,64	14,64	14,65	14,65	14,65	14,65	14,65	14,65	14,65
Milano	12,03	12,23	12,37	12,58	12,94	13,29	13,48	13,65	13,75	13,81
Pescara	13,45	13,56	13,59	13,59	13,59	13,59	13,60	13,60	13,60	13,60
Gorizia	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41	11,41
Napoli	9,77	9,77	9,91	9,97	9,97	10,04	10,13	10,13	10,13	10,13
Como	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35	9,35
Verbania	8,78	8,78	8,78	8,78	8,79	8,79	8,89	8,90	8,90	8,90
Firenze	8,69	8,69	8,70	8,70	8,70	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75
Padova	8,26	8,26	8,30	8,31	8,31	8,31	8,32	8,33	8,58	8,67

Tabella 5.1 - Densità di verde negli anni 2011-2020. (Fonte: Tavole di dati - Ambiente urbano, Istat)

Ovviamente il verde urbano non è uguale perché ogni area vegetata ha una specifica destinazione d'uso e utilità, come riportato di seguito (Tabella 5.2) la maggior parte della superficie verde esistente è rappresentata dai parchi urbani (31%) e dal verde attrezzato (23%).

TIPOLOGIA	m²	%
Verde storico	84.488	1,05
Parchi urbani	2.509.293	31,10
Verde attrezzato	1.855.302	22,99
Aree di arredo urbano	652.130	8,08
Forestazione urbana	327.083	4,05
Giardini scolastici	372.903	4,62
Orti botanici	27.614	0,34
Orti urbani	56.856	0,70
Cimiteri	65.715	0,81
Aree sportive all'aperto	614.073	7,61
Aree boschive	100.000	1,24
Verde incolto	532.844	6,60
Altro	870.041	10,78
<u>TOTALE</u>	<u>8.068.342</u>	<u>100,00</u>

Tabella 5.2 - Suddivisione della superficie del verde urbano secondo le diverse destinazioni d'uso. (Fonte: Tavole di dati - Ambiente urbano, Istat)

5.2 Il sistema del verde nel dettaglio

Padova è una città veneta di medie dimensioni e ricopre un'importanza storica-culturale molto rilevante fin dal tempo del Medioevo; negli ultimi decenni nella città c'è stato uno sviluppo urbano marcato che ha portato alla costruzione di quartieri attorno al centro cittadino. Un passo per il rinnovamento della città per ovviare alle problematiche climatiche è lo sviluppo del sistema del verde che, come visto precedentemente, ha visto un incremento della superficie ad esso dedicato.

Verranno analizzati i dati ufficiali dell'amministrazione comunale (Settore Verde, Parchi e Agricoltura Urbana) per procedere alla descrizione del verde urbano.

Le colture facenti parte del verde urbano di Padova sono 49.492. Secondo il report sugli alberi redatto a Marzo 2019 il verde urbano all'interno del territorio comunale è stato suddiviso in 5 classi che descrivono il rischio di cedimento della coltura; quell'anno è stato controllato il 31,75% degli esemplari totali (erano 49.091). Di questi alberi la maggior parte sta nelle classi di pericolosità trascurabile (classe A) e bassa (classe B) ma sono comunque numerosi anche gli alberi con un rischio più elevato a cedere (classe C, C/D e D), infatti quelli di classe D sono già in corso di abbattimento mentre per le colture stradali i controlli sono più frequenti nelle alberature stradali, con cadenza di 3-4 anni.

5.2.1 Alberature stradali

Per alberature stradali si intendono quelle colture annesse alla viabilità veloce e lenta che ha uno scopo funzionale ed estetica. All'interno del comune di Padova sono in tutto 11.794 e appartengono a 52 generi, per un totale di circa 110 specie diverse. Gli esemplari di piante più numerosi appartengono ai generi nel grafico sottostante, i generi con una numerosità minore dell'1% del totale sono stati raggruppati (Grafico 5.2).

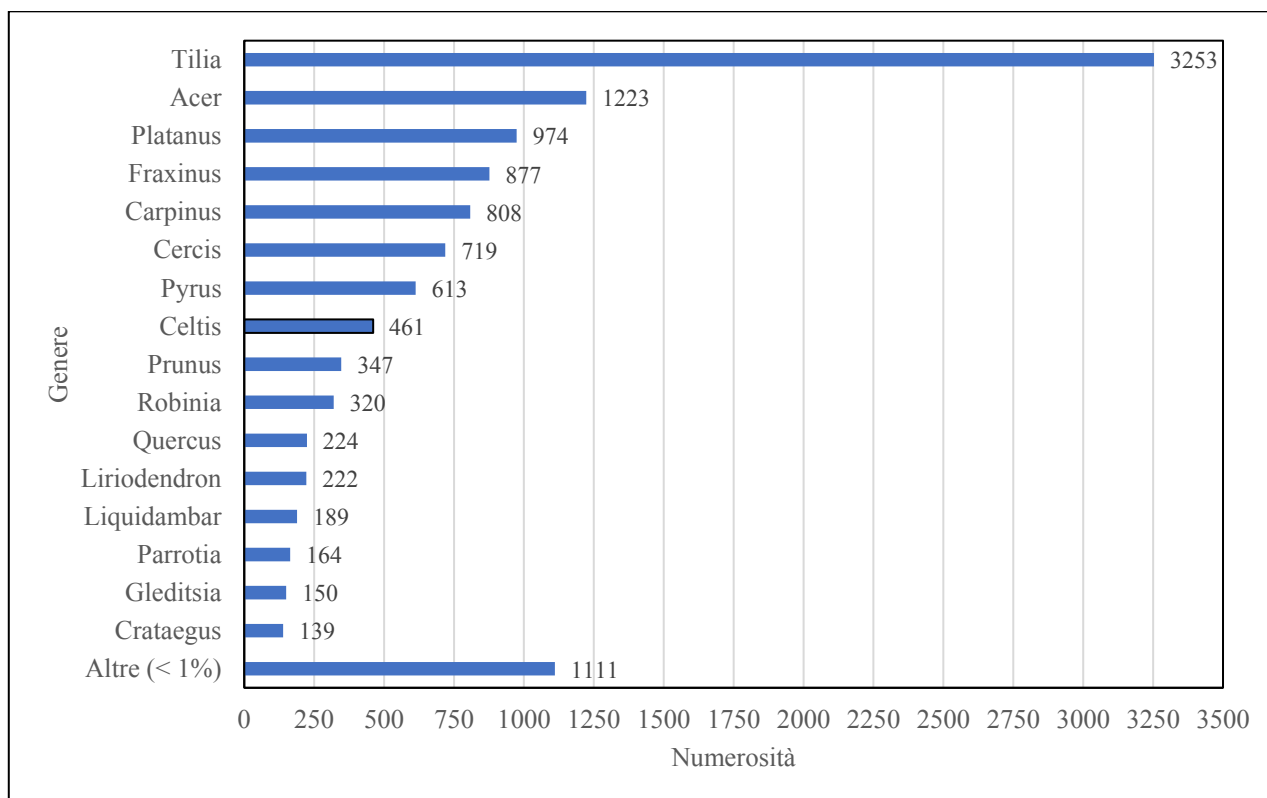


Grafico 5.2 - Generi di piante all'interno di Padova.

All'interno dell'amministrazione comunale il soggetto che si occupa di queste alberature è l'"Ufficio alberature stradali", più nel dettaglio gestisce e cura gli alberi stradali, monitora le alberature e redige l'inventario delle colture.

5.2.2 Aree verdi

Le alberature presenti nelle aree verdi (non annesse quindi alla viabilità) sono 37.699.

Come citato precedentemente di particolare importanza all'interno del comune di Padova ci sono diverse aree verdi, per valore storico sono da analizzare:

- **Parco Treves** (Figura 5.1)

Il parco creato fra il 1829 e il 1935 ha una superficie di 9.600 m² è situato fra la Basilica di Sant'Antonio (a sud-ovest) e l'ospedale di Padova (a nord-est); il parco ha continuato a subire trasformazioni fino a raggiungere l'attuale aspetto grazie al restauro effettuato nel periodo 1996-2000.

È un parco con lo stile romantico-inglese con la caratteristica principale di avere una irregolarità di viali e sentieri. Nel Parco Treves ci sono un totale di 133 colture e le specie più numerose sono dei generi *Acer* (28 esemplari), *Taxus* (15 esemplari) e *Celtis* (14 esemplari).

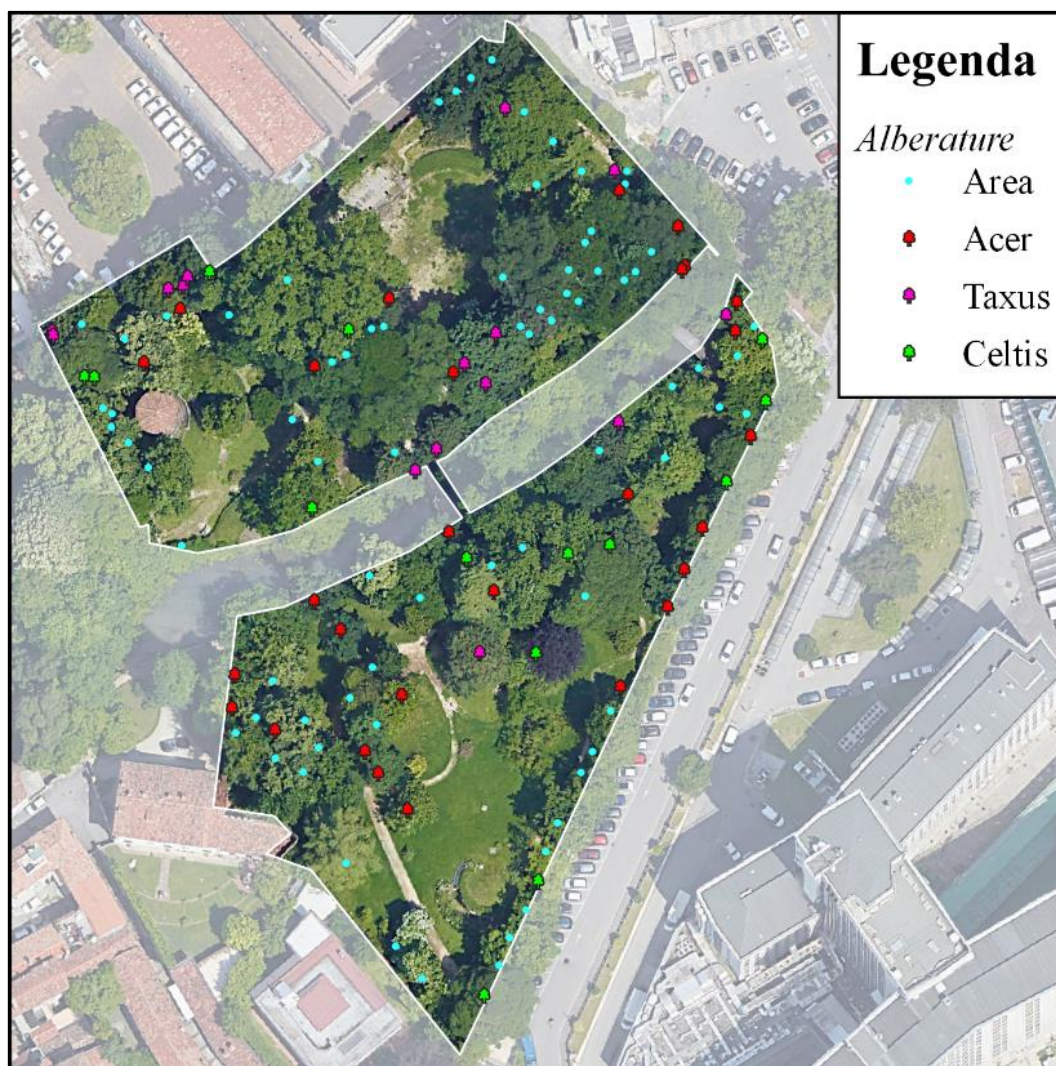


Figura 5.1 - Vista satellitare del Parco Treves con localizzazione delle alberature.

- **Giardini dell'Arena** (Figura 5.2)

Si trova a nord del centro storico di Padova ed è uno dei primi giardini creato in Italia come spazio ricreativo e di svago (1906-1907). Ha uno stile romantico e al suo interno presenta due elementi di elevata importanza storica e artistica: l'Arena e la Cappella degli Scrovegni. La prima dà il nome al parco storico ed era l'anfiteatro romano costruito negli anni del 60-70 d.C., la seconda invece è un capolavoro di Giotto eretta fra il 1303 e il 1305 diventata nel 2021 patrimonio dell'Umanità insieme ad altre zone di Padova che rappresentano l'eredità artistica di Giotto. I Giardini dell'Arena hanno un'estensione di circa 30.000 m², presentano 253 colture e le più numerose appartengono ai generi *Celtis* (49 esemplari), *Magnolia* (30 esemplari) e *Acer* (16 esemplari).



Figura 5.2 - Vista satellitare dei Giardini dell'Arena con localizzazione delle alberature.

- **Parco dei Faggi** (Figura 5.3)

Si trova a sud-ovest rispetto al centro storico di Padova, più precisamente si affaccia al canale Scaricatore e si può raggiungere tramite il ponte di Voltabarozzo. Il parco e la villa inizialmente appartenevano alla famiglia di un imprenditore nel settore florovivaistico dal 1927 ma nel 1970 sono state acquistate dal Comune a causa del fallimento dell'attività economica.

Il parco è stato modificato dall'Amministrazione nel 2003 riqualificando e valorizzando gli elementi storici dell'area. Il Parco dei Faggi ha una superficie di circa 23.500 m² ed un totale di 503 piante, le colture maggiormente presenti sono di genere *Carpinus* (226 esemplari), *Acer* (45 esemplari) e *Ligustrum* (30 esemplari).

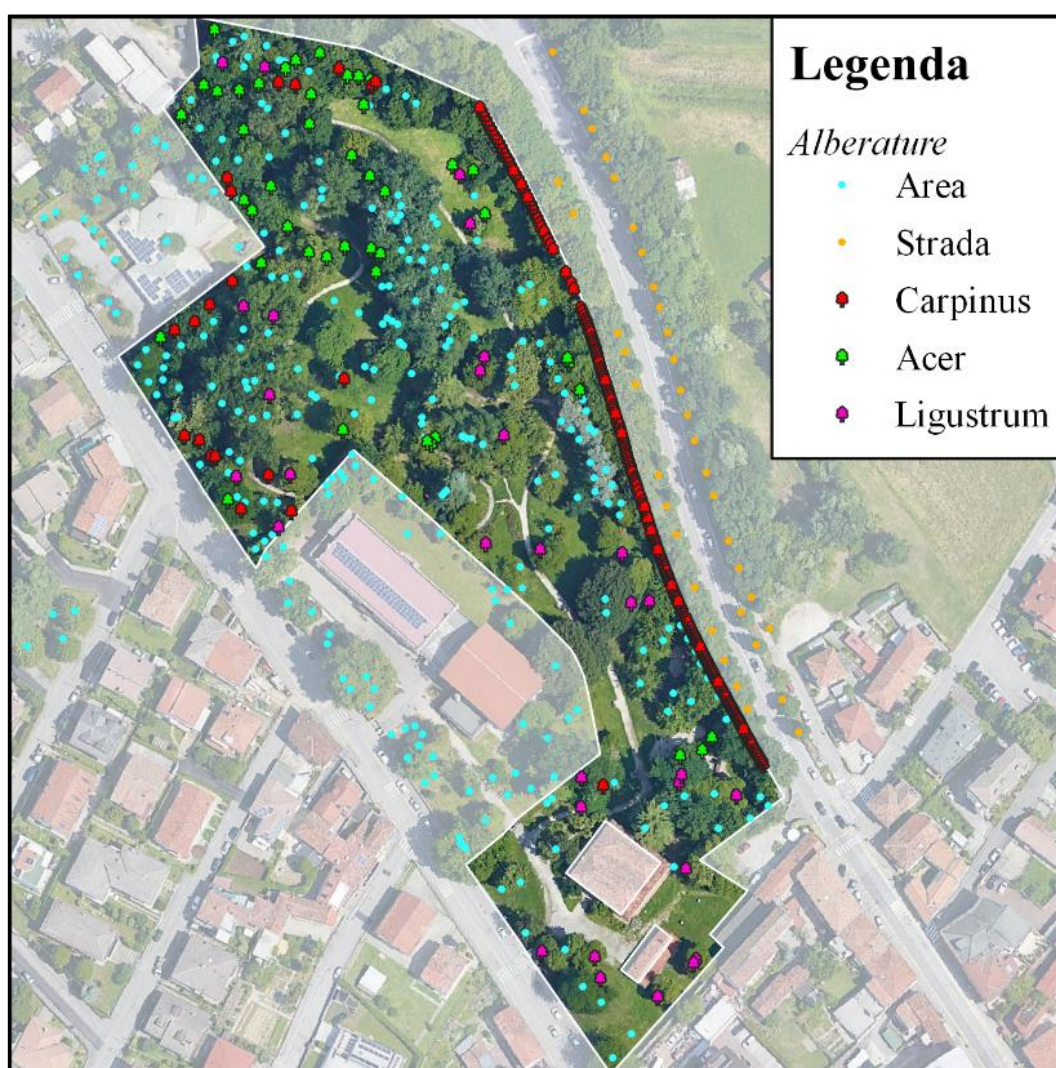


Figura 5.3 - Vista satellitare del Parco dei Faggi con localizzazione delle alberature.

- **Isola Memmia** (Figura 5.4)

Anche detto Prato della Valle, si trova a sud del centro storico ed è il simbolo di riconoscimento della città nel mondo. Un tempo l'area ospitava un teatro ed un circo nell'epoca romana mentre nell'epoca medievale era utilizzata per manifestazioni, commercio, fiere e parate. Le prime colture furono piante nel 1797 per celebrare la conclusione della Serenissima.

L'Isola Memmia ha una superficie di circa 20.000 m² ed un totale di 43 piante, tutti appartenenti al genere *Acer* (specie → Acero riccio), precedentemente erano platani ma a causa di un cancro sono stati sostituiti nel 1907.

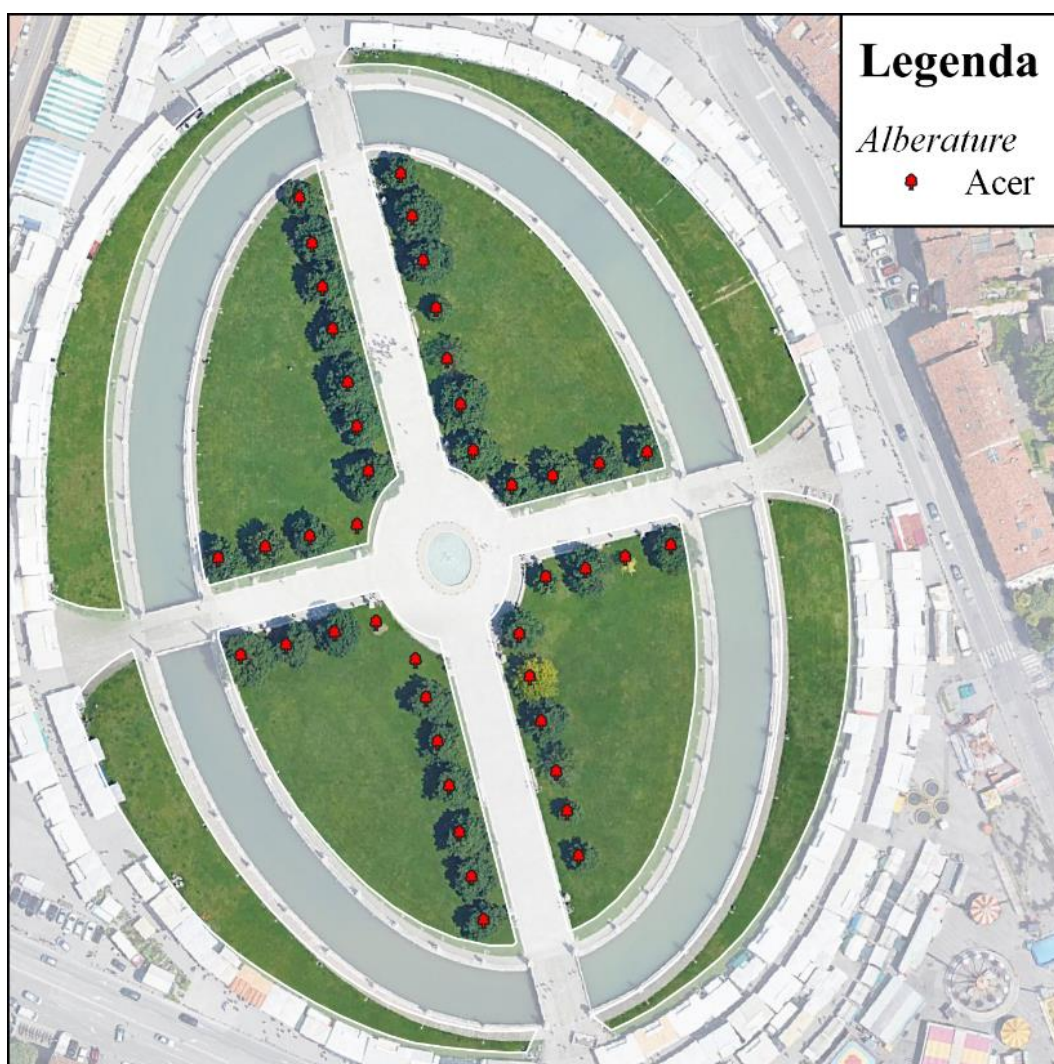


Figura 5.4 - Vista satellitare dell'Isola Memmia con localizzazione delle alberature.

- **Giardini della Rotonda** (Figura 5.5)

Si trovano a nord-ovest rispetto ai Giardini dell'Arena e ad est dell'ospedale militare, l'origine del suo nome è data dalla presenza del serbatoio idrico chiamato "Rotonda" creato negli anni '20 e che funge anche come monumento ai caduti del primo conflitto mondiale. L'area verde ha una forma caratteristica ad "L" con uno stile liberty e decò.

La superficie totale dei Giardini della Rotonda corrisponde a circa 5.000 m² con un totale di 38 piante tra cui colture di generi *Ginkgo* (11 esemplari) e *Magnolia* (8 esemplari).



Figura 5.5 - Vista satellitare dei Giardini della Rotonda con localizzazione delle alberature.

- **Orto Botanico** (Figura 5.6)

Rispetto ai precedenti l'orto storico è di proprietà dell'Università degli Studi di Padova, si trova ad est rispetto a Prato della Valle ed è l'orto botanico più antico al mondo creato infatti nel 1545. L'Orto Botanico è Patrimonio dell'Umanità dal 1997 e contiene più di 1.300 specie di piante tra cui il *Chamaerops Humilis*, l'esemplare vegetale più antico dell'Orto Botanico messo a terra nel 1585.



Figura 5.6 - Vista satellitare dell'Orto Botanico.

5.3 Strategie comunali

L'amministrazione comunale, come molte altre città italiane, sta procedendo con numerose azioni per proteggere, aumentare e valorizzare il verde urbano del suo territorio. In ordine cronologico le strategie da citare sono le seguenti:

Padova Resiliente (2016)

È un progetto di ricerca nato dalla collaborazione fra il gruppo Planning Climate Change e il Comune di Padova che ha l'obiettivo di definire delle linee guida per un piano di adattamento ai cambiamenti climatici e si divide in due parti.

La prima parte indica il percorso di studio per l'adattamento alle esigenze ambientali attuali tenendo conto delle strategie dell'attuale piano urbanistico e i progetti in essere per poi passare all'analisi delle vulnerabilità aggiuntive causate dal climate change e quindi proporre nuove azioni o integrando quelle già presenti. Le problematiche principali causate dal cambiamento climatico e analizzate in questa parte sono l'isola di calore e la difficoltà del deflusso delle acque.

La seconda parte invece applica la metodologia al territorio comunale di Padova analizzando gli strumenti urbanistici e le azioni presenti implementando successivamente le azioni generali di adattamento ai cambiamenti climatici qualora fosse possibile.

Successivamente vengono indicate le linee guida per tutte e due le vulnerabilità (Tabella 5.3 e Tabella 5.4), le lettere riportate sulla colonna "ZONE" corrispondono rispettivamente a:

- P: Tessuto periurbano;
- U: Tessuto residenziale;
- S: Tessuto storico;
- I: Tessuto industriale.

	GOAL	TARGET	AZIONE	ZONE	
ISOLA DI CALORE URBANA	Aumento ventilazione naturale	Aumento dispersione di calore	Creazione corridoi verdi	U-I	
			Preservare zone verdi esistenti	P-U-S	
			Creare zone umide	P	
	Ridurre calore Latente	Riduzione del calore immagazzinato dalle superfici esposte	Riduzione radiazione incidente	Intercettazione della radiazione con alberature verdi	U-S-I
				Sostituzione delle pavimentazioni con dei <i>cool pavments</i>	U
				Sostituzione delle coperture con dei <i>cool roofs</i>	U-S
				Sostituire le pavimentazioni a parcheggio con aumento di superficie verde	P-U-S-I
				Cambio del colore delle superfici verticali con colori freddi	S
				Sostituire i tetti piani con i green roofs	P-U-I
				Conversione di superfici asfaltate con superfici erbose	U-S-I
	Ridurre consumo energetico	Riduzione antropogenico flusso		Rivedere ed enfatizzare le azioni previste dal PAES	P-U-S-I

Tabella 5.3 - Azioni per la mitigazione dell'isola di calore. (Fonte: Riassunto dei dati presenti in Padova Resiliente)

	GOAL	TARGET	AZIONE	ZONE
DEFLUSO DIFFICOLTOSO	Stivare	Riduzione portata al picco	Creare depressioni verdi	P
			Creare depressioni pavimentate in spazi pubblici	U-S
			Creare vasche di laminazione	P-I
			Incentivare l'installazione di cisterne di recupero delle acque piovane proveniente dai tetti	S
	Ritardare	Riduzione deflusso a valle	Sostituire pavimentazioni impermeabili rendendoli permeabili	P-U-S-I
			Creare pozzi e trincee di infiltrazione	U
			Creare depressioni vegetate a bordo strada	U-I
			Creare fioriere o vasi dove convogliare le acque piovane proveniente dai tetti	S
			Incentivare l'installazione di tetti verdi	U-S-I
			Incentivare l'installazione di <i>rain gardens</i> dove convogliare le acque piovane proveniente dai tetti	U
		Aumento tempo di corrivazione	Prendere permeabili i fossi	P
	Riutilizzo	Depurazione e riuso acque meteoriche	Incentivare installazione di cisterne di recupero di acqua piovana provenienti dai tetti.	P-U
			Intercettare le acque di prima pioggia proveniente dalla rete stradale	U-S-I

Tabella 5.4 - Azione per migliorare il deflusso. (Fonte: Riassunto dei dati presenti in Padova Resiliente)

Piano di gestione delle alberature della città di Padova (2020)

Approvato con delibera del Consiglio comunale del 13 gennaio 2020, il piano rappresenta uno strumento importante per definire le azioni di gestione delle alberature del verde urbano e la piantumazione di altri 20.000 alberi fino al 2039.

Si tratta quindi di un piano di durata ventennale che ha come obiettivi principali:

- Censimento delle alberature;
- Pianificazione delle manutenzioni ordinarie e straordinarie;
- Incremento della superficie destinata a verde;
- Aumentare la biodiversità;
- Aumentare la resilienza del tessuto urbano.

A causa della lunga durata del piano il Settore Verde ha definito tre diverse fasi di programmazione (2020-2023, 2024-2029 e 2030-2039) in modo da analizzare i dati, definire le problematiche ed attuare delle soluzioni per ogni fase. In poche parole si inizia da un controllo delle alberature (rischio di cedimento, vecchiaia, malattie ecc.) per passare poi ad una successiva cura e pianificazione del loro rinnovamento.

Padova 2030 – Verso il nuovo Piano degli interventi

Nel giorno 1 marzo 2021 il sindaco della città di Padova ha illustrato il “Documento del Sindaco” in merito a Padova 2030, un progetto ideato per la necessità di ovviare le fragilità messe in luce dalla pandemia di COVID-19 utilizzando la logica del Borgo Urbano (o città dei 15 minuti).

Il lavoro sul Piano degli Interventi di cui si vuole discutere in questa sezione è il progetto presentato il giorno 29 novembre 2021 dalla cooperativa MATE e dallo studio Stefano Boeri Architetti che indica dei cambiamenti ambiziosi del territorio di Padova.

La struttura attuale di Padova è definita “struttura a stella” (Figura 5.7a), una configurazione della città che prevede la presenza delle zone verdi e di quartieri lungo gli assi radiali del territorio comunale, il progetto ambisce alla formazione di una struttura ad arcipelago (Figura 5.7b) dove le “isole” di quest’ultimo sono dei rioni che hanno al loro interno il verde. I rioni sono delle porzioni di territorio caratterizzate da degli elementi che conferiscono identità alla zona (Figura 5.7c).

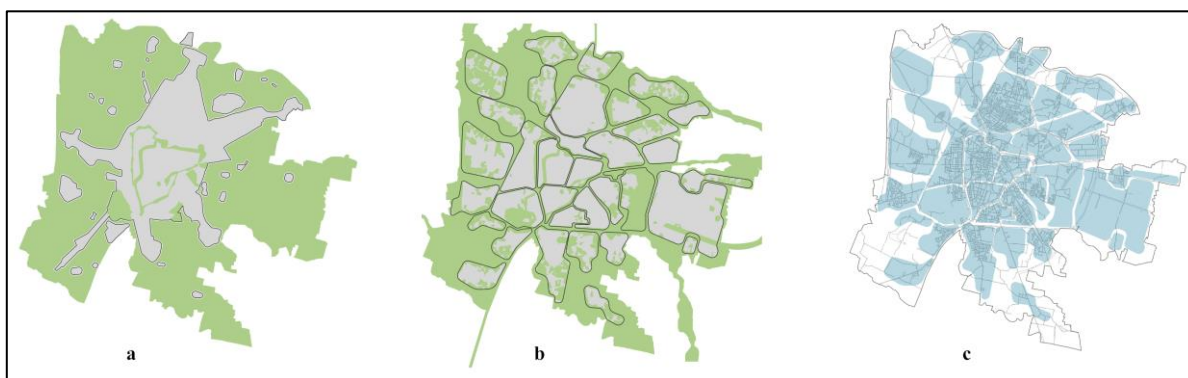


Figura 5.7 - Struttura del territorio comunale di Padova. Dove (a) conformazione attuale del territorio comunale, (b) struttura prevista dal progetto, (c) definizione dei 33 rioni. (Fonte: Presentazione del lavoro per il PI di Padova)

In totale il progetto prevede che il Piano degli Interventi avrà un incremento delle seguenti voci:

- 40.000 nuovi alberi
- 100.000 m² di nuove aree verdi per parchi e giardini
- 20.000 m² di nuovi servizi di prossimità e attività di quartiere
- 55 nuove isole pedonali
- 65 nuove piazze urbane
- 175 ha di corridoi verdi e blu
- 56 km di nuovo anello ciclopedonale
- 120 km di nuovo filtro verde orbitale
- 80 km di nuovi percorsi ciclabili
- 70 km di nuove strade alberate

CONCLUSIONI

Per concludere l'elaborato verranno citati tutti i capitoli della tesi e verranno sviluppati in maniera molto breve con successive considerazioni finali.

In merito al primo capitolo si esamina la relazione causa-effetto del climate change e come i principali stati dei vari continenti si stanno mobilitando per ovviare alla problematica. La criticità dei cambiamenti climatici sta evolvendo più velocemente rispetto all'adattamento delle varie città del mondo alle nuove condizioni ambientali. Negli ultimi anni il climate change sta passando in secondo piano per ovviare prima ad altri problemi economici (dati anche dalla pandemia).

Passando al secondo capitolo della tesi si può notare l'importanza del verde urbano per porre rimedio alle problematiche ambientali dovute dall'impatto delle città e vengono analizzate alcune opere, alcune più semplici e alcune più complesse, che prevedono l'installazione di vegetazione, che coesiste col tessuto urbano, apportando benefici ambientali e funzionali.

Il terzo capitolo conferma quanto detto in precedenza; vengono analizzati quattro quartieri che utilizzano il verde come elemento progettuale di adattamento alle nuove esigenze idrogeologiche e ambientali. In alcuni di questi quartieri il sistema del verde è l'elemento di progettazione centrale mentre in altri la vegetazione è un elemento di supporto ad altri interventi di sistemazione.

Con il quarto capitolo entriamo nello specifico della Città di Padova analizzando dettagliatamente le principali componenti ambientali: aria, fattori climatici, acqua e suolo. Sono sorte alcune criticità all'interno del territorio comunale, soprattutto per quanto riguarda la qualità delle acque e le caratteristiche del suolo.

Nel quinto e ultimo capitolo della tesi si analizza il sistema del verde della Città di Padova tramite l'elaborazione dei dati reperiti dai rilevamenti Istat e dei dati concessi dagli uffici del Settore Verde, Parchi e Agricoltura Urbana del Comune di Padova. Dall'analisi si può notare che rispetto alle altre province italiane il territorio di Padova ha una densità di verde abbastanza buona e un sistema del verde vario e in continuo potenziamento.

Il caso del Comune di Padova è quello di una città sensibilizzata nella tematica del climate change e rispettosa nei confronti della qualità dell'ambiente. Le numerose iniziative e controlli alla vegetazione confermano un sistema del verde urbano che si integra con i caratteri storico-culturali della città e in costante evoluzione grazie alla collaborazione dei professionisti (Università e studi privati).

ALLEGATI

Allegato A – Livello di Inquinamento Macrodescrittori Stato Ecologico

Bacino	Provincia	Stazione	Corpo idrico	Numero campioni	N NH ₄ (conc media mg/L)	N NH ₄ (punt medio)	N NO ₃ (conc media mg/L)	N NO ₃ (punt medio)	P (conc media ug/L)	P (punt medio)	100-O % satf (media)	100-O % satf (punt medio)	Punteggio Sito	LIMeco
Bacino Brenta-Bacchiglione	VI	107	FIUME CERESONE	4	0,04	0,50	1,7	0,30	50	0,69	6	1,00	0,61	Buono
	VI	1151	ROGGIA PUINA	4	0,12	0,19	2,4	0,20	100	0,59	13	0,63	0,40	Sufficiente
	PD	112	ROGGIA TESINELLA	4	0,29	0,03	3,1	0,10	194	0,25	31	0,34	0,19	Scarso
	PD	114	FOSSA TESINA PADOVANA	4	0,16	0,16	2,8	0,20	147	0,28	31	0,25	0,22	Scarso
	PD	113	FIUME BACCHIGLIONE	4	0,19	0,13	3,6	0,10	144	0,34	32	0,28	0,22	Scarso
	PD	323	NAVIGLIO BRENTELLA	4	0,14	0,22	1,7	0,30	190	0,38	36	0,25	0,28	Scarso
	PD	326	FIUME BACCHIGLIONE	4	0,18	0,16	2,3	0,20	168	0,34	34	0,22	0,23	Scarso
	PD	174	FIUME BACCHIGLIONE	12	0,6	0,01	2,4	0,20	170	0,23	34	0,25	0,17	Scarso
	PD	1103	CANALE BISATTO	4	0,13	0,22	3,6	0,20	111	0,31	25	0,47	0,29	Scarso
	PD	1097	SCOLO RIALTO	4	1,22	0,00	1,8	0,30	266	0,13	62	0,13	0,13	Cattivo
	PD	1156	CANALE BAGNAROLO	4	0,17	0,28	3	0,30	197	0,22	32	0,31	0,27	Scarso
	PD	175	CANALE CAGNOLA	4	0,29	0,06	2,4	0,20	162	0,25	46	0,16	0,17	Scarso
Bacino scolante della Laguna di Venezia	VE	131	SCOLO LUSORE	4	0,36	0,19	2,2	0,20	162	0,22	22	0,44	0,26	Scarso
	VE	139	NAVIGLIO BRENTA	4	0,07	0,41	1,6	0,30	70	0,50	13	0,78	0,50	Buono
	PD	140	CANALE MUSON VECCHIO	4	0,26	0,16	3,4	0,20	115	0,38	18	0,44	0,28	Scarso
	VE	132	CANALE TAGLIO DI MIRANO	4	0,27	0,28	2,5	0,30	120	0,31	21	0,44	0,32	Scarso
	PD	105	FIUME TERGOLA	4	0,13	0,31	3,1	0,10	127	0,34	13	0,50	0,32	Scarso
	PD	485	FIUME TERGOLA	4	0,13	0,25	3	0,10	100	0,50	7	0,88	0,44	Sufficiente
	PD	117	FIUME TERGOLA	4	0,15	0,25	2,9	0,20	104	0,44	4	1,00	0,46	Sufficiente
	VE	135	RIO SERRAGLIO	4	0,1	0,34	2,5	0,20	102	0,38	14	0,63	0,38	Sufficiente
	VE	479	SCOLO PIONCA	4	0,64	0,06	1,7	0,40	152	0,28	31	0,28	0,26	Scarso
	VE	480	SCOLO TERGOLINO	4	0,65	0,00	2,1	0,40	200	0,19	20	0,63	0,31	Scarso
	VE	504	TAGLIO NOVISSIMO	12	0,09	0,34	1,7	0,30	90	0,44	12	0,60	0,41	Sufficiente
	VE	179	SCOLO FIUMAZZO	12	0,3	0,11	1,2	0,50	148	0,30	25	0,47	0,35	Sufficiente
PD	486	CANALE ALTIPIANO	4	0,19	0,28	2	0,40	132	0,34	39	0,19	0,30	Scarso	

Allegato B – Valutazione annuale dell'indice LIMeco (2010-2019)

Bacino	Prov	Stazione	Corpo idrico della stazione	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Bacino Brenta-Bacchiglione	VI	107	FIUME CERESONE	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Green
	VI	1151	ROGGIA PUINA	White	White	White	White	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow
	PD	112	ROGGIA TESINELLA	Red	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
	PD	114	FOSSA TESINA PADOVANA	Red	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
	PD	113	FIUME BACCHIGLIONE	Orange	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
	PD	323	NAVIGLIO BRENTELLA	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Green	Yellow	Orange
	PD	326	FIUME BACCHIGLIONE	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Orange	Yellow	Orange	Orange
	PD	174	FIUME BACCHIGLIONE	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
	PD	1103	CANALE BISATTO	White	White	White	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Yellow	Orange	Orange
	PD	1097	SCOLO RIALTO	White	White	White	Orange	Red	Red	Red	Red	Red	Red
	PD	1156	CANALE BAGNAROLO	White	White	White	White	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange
	PD	175	CANALE CAGNOLA	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
Bacino scolante della Laguna di Venezia	VE	131	SCOLO LUSORE	Orange	Yellow	Orange	Orange	Red	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
	VE	139	NAVIGLIO BRENTA	Yellow	Green	Yellow	Orange	Green	Yellow	Yellow	Orange	Yellow	Green
	PD	140	CANALE MUSON VECCHIO	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange
	VE	132	CANALE TAGLIO DI MIRANO	Orange	Green	Yellow	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange
	PD	105	FIUME TERGOLA	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Orange
	PD	485	FIUME TERGOLA	Green	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Yellow	Orange	Yellow
	PD	117	FIUME TERGOLA	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	VE	135	RIO SERRAGLIO	Orange	Green	Yellow	Yellow	Orange	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange
	VE	479	SCOLO PIONCA	Orange	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
	VE	480	SCOLO TERGOLINO	Orange	Yellow	Yellow	Orange	Red	Yellow	Orange	Orange	Orange	Orange
	VE	504	CANALE TAGLIO NOVISSIMO	Yellow	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Yellow
	VE	179	SCOLO FIUMAZZO	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow
	PD	486	CANALE ALTIPIANO	Orange	Orange	Yellow	Orange	Orange	Yellow	Yellow	Yellow	Orange	Orange

Allegato C – Livello di Inquinamento dai Macrodescrittori (D.lgs.152/99)

Bacino	Provincia	Corso d'acqua	75° Azoto Ammoniacale mg/l	punti N-NH ₄	75° percentile Azoto Nitrico mg/l	punti N-NO ₃	75° percentile Fosforo totale (P) mg/l	punti P	75° percentile BOD ₅ a 20 °C mg/l	punti BOD ₅	75° percentile COD mg/l	punti COD	75° percentile Ossigeno disc % sat O ₂ (100-OD%)	punti % sat O ₂	75° percentile E. coli UFC/100 ml	punti E. coli	SOMME (LIM)	CLASSE LIM
Bacino Brenta-Bacchiglione	VI	F. CERESONE	0,04	40	1,7	20	0,07	40	0,3	80	3	80	7	80	618	40	380	2
	PD	ROGGIA TESINELLA	0,32	20	3,2	20	0,27	20	3,0	40	11	20	39	10	8576	10	140	3
	PD	FOSSA TESINA PADOVANA	0,17	20	3,1	20	0,20	20	2,4	80	9	40	43	10	1637	20	210	3
	PD	F. BACCHIGLIONE	0,22	20	3,7	20	0,18	20	2,3	80	8	40	38	10	2257	20	210	3
	PD	NAVIGLIO BRENTELLA	0,17	20	1,9	20	0,20	20	4,0	40	18	10	48	10	4140	20	140	3
	PD	F. BACCHIGLIONE	0,25	20	2,7	20	0,19	20	3,0	40	18	10	36	10	8356	10	130	3
	PD	F. BACCHIGLIONE	0,60	10	2,6	20	0,17	20	4,0	40	4	80	40	10	15790	10	190	3
	PD	C. CAGNOLA	0,33	20	2,6	20	0,17	20	2,4	80	7	40	51	5	6926	10	195	3
Bacino sciolante della Laguna di Venezia	VE	S. LUSORE	0,52	10	2,8	20	0,18	20	3,0	40	9	40	28	20	3156	20	170	3
	VE	NAVIGLIO BRENTA	0,07	40	1,7	20	0,08	40	3,0	40	7	40	14	40	1625	20	240	2
	PD	C. MUSON VECCHIO	0,36	20	3,9	20	0,14	40	3,0	40	10	40	20	40	5412	10	210	3
	VE	C. TAGLIO DI MIRANO	0,44	20	3,1	20	0,14	40	3,0	40	10	40	29	20	6279	10	190	3
	PD	F. TERGOLA	0,19	20	3,3	20	0,14	40	2,3	80	9	40	14	40	2836	20	260	2
	PD	F. TERGOLA	0,17	20	3,1	20	0,12	40	2,3	80	10	40	6	80	2140	20	300	2
	VE	R. SERRAGLIO	0,13	20	2,7	20	0,12	40	1,6	80	8	40	18	40	981	40	280	2
	VE	S. PIONCA	0,83	10	2,4	20	0,18	20	3,0	40	13	20	36	10	6199	10	130	3
	VE	S. TERGOLINO	0,82	10	3,3	20	0,23	20	4,0	40	14	20	37	10	1033	20	140	3
	VE	TAGLIO NUOVISSIMO	0,11	20	2,0	20	0,09	40	3,0	40	8	40	15	40	978	40	240	2
	VE	S. FIUMICELLO	0,36	20	1,9	20	0,16	20	4,0	40	27	5	32	10	601	40	155	3
	PD	C. ALTIPIANO	0,29	20	2,5	20	0,16	20	5,0	20	21	10	48	10	437	40	140	3

Allegato D – Tabella dell'uso del suolo

	ha	km ²	%
Non urbanizzato o scarsamente urbanizzato	5.116,91	40,48	43,41%
Altre colture permanenti	60,2	0,60	0,64%
Altre linee ferroviarie	12,51	0,13	0,13%
Arboricoltura da legno	4,15	0,04	0,04%
Arbusteto	7,11	0,07	0,08%
Aree incolte nell'urbano	22,02	0,22	0,24%
Aree sportive (calcio, atletica, tennis, ecc.)	176,34	1,76	1,88%
Aree verdi private	42,22	0,34	0,36%
Bacini senza manifeste utilizzazione produttive	1,31	0,01	0,01%
Bosco di latifoglie	85,9	0,76	0,82%
Campeggi, strutture turistiche ricettive a bungalows o simili.	1,43	0,01	0,02%
Canali e idrovie	92,74	0,72	0,77%
Fiumi, torrenti e fossi	118,76	0,64	0,68%
Frutteti	6,13	0,06	0,07%
Giardini botanici	3,11	0,03	0,03%
Ippodromi e spazi associati	27,8	0,25	0,27%
Parchi urbani	180,25	1,78	1,90%
Saliceti e altre formazioni riparie	25,93	0,23	0,25%
Sistemi colturali e particellari complessi	24,52	0,24	0,25%
Superfici a copertura erbacea: graminacee non soggette a rotazione	159,95	1,57	1,68%
Superfici a prato permanente ad inerbimento spontaneo, comunemente non lavorata	179,04	1,49	1,60%
Terreni arabili in aree irrigue	3.564,29	26,75	28,69%
Terreni arabili in aree non irrigue	118,86	0,82	0,88%
Vigneti	41,73	0,41	0,44%
Ville Venete	43,27	0,42	0,45%
Aree verdi associate alla viabilità	117,34	1,13	1,21%
Urbanizzato	5.634,54	52,78	56,59%
Aeroporti civili per volo sportivo e da diporto	55,83	0,56	0,60%
Aree abbandonate	27,95	0,28	0,30%
Aree adibite a parcheggio	62,13	0,62	0,67%
Aree destinate a servizi pubblici, militari e privati (non legati al sistema dei trasporti)	112,13	1,12	1,20%
Aree destinate ad attività commerciali e spazi annessi	99,83	0,99	1,06%
Aree destinate ad attività industriali e spazi annessi	906,21	8,38	8,99%
Aree in trasformazione	9,95	0,10	0,11%
Cantieri e spazi in costruzione e scavi	23,93	0,24	0,26%
Cimiteri non vegetati	39,46	0,39	0,42%
Cimiteri vegetati	0,8	0,01	0,01%
Complessi agro-industriali	2,01	0,02	0,02%
Complessi residenziali comprensivi di area verde	149,75	1,48	1,58%
Depositi di rottami a cielo aperto, cimiteri di autoveicoli.	0,74	0,01	0,01%
Grandi impianti di concentrazione e smistamento merci (interporti e simili).	40,67	0,41	0,44%
Infrastrutture per approvvigionamento idrico, difese costiere e fluviali, barriere frangiflutti, dighe	1,72	0,02	0,02%
Infrastrutture tecnologiche di pubblica utilità: impianti di smaltimento rifiuti, inceneritori e di depurazione acque	49,26	0,49	0,53%
Luoghi di culto (non cimiteri)	49,77	0,50	0,53%
Parchi di divertimento (Aquapark, Zoosafari e simili).	17,15	0,17	0,18%
Rete ferroviaria con territori associati	87,4	0,83	0,89%
Rete stradale principale e superfici annesse (strade statali)	134,84	1,30	1,40%
Rete stradale secondaria con territori associati (strade regionali, provinciali, comunali ed altro)	395,27	3,30	3,54%
Scuole	70,18	0,70	0,75%
Strade a transito veloce e superfici annesse (autostrade, tangenziali)	61,36	0,55	0,59%
Strutture residenziali isolate (discrimina le residenze isolate evidenziando il fatto che sono distaccate da un contesto territoriale di tipo urbano)	156,07	1,50	1,61%
Strutture socio sanitarie (ospedali e case di cura)	49,76	0,50	0,53%
Suoli rimaneggiati e artefatti	5,38	0,05	0,06%
Tessuto urbano discontinuo denso con uso misto (Sup. Art. 50%-80%)	1.862,29	17,80	19,08%
Tessuto urbano discontinuo medio, principalmente residenziale (Sup. Art. 30%-50%)	729,41	6,31	6,76%
Tessuto urbano discontinuo rado, principalmente residenziale (Sup. Art. 10%-30%)	331,37	3,14	3,37%
Centro città con uso misto, tessuto urbano continuo molto denso	91,17	0,91	0,98%
Discariche e depositi di cave, miniere, industrie e collettività pubbliche.	10,75	0,11	0,12%
Totale complessivo	10.751	93,26	100,00%

Allegato E – Superficie di verde urbano (m²) negli anni 2011-2020.

COMUNI	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
TRENTO (a)	47.292.595	47.373.831	47.409.250	47.415.117	47.418.394	47.421.065	47.422.414	47.422.414	47.422.774	47.444.428
ROMA (a)	44.200.576	44.828.519	45.194.112	45.194.112	45.287.554	45.288.154	45.303.154	45.508.913	46.335.785	46.472.511
MILANO	21.847.358	22.211.498	22.472.838	22.861.268	23.515.819	24.146.445	24.496.901	24.794.952	24.973.287	25.082.722
BOLZANO - BOZEN	20.840.570	20.842.120	20.842.120	20.842.997	20.842.997	20.849.430	20.849.430	20.850.524	20.850.524	20.851.180
TORINO (a)	19.533.503	19.541.945	19.552.589	19.553.264	19.607.342	19.612.596	19.812.596	19.840.807	19.840.807	20.020.807
PARMA	18.784.012	18.784.012	18.784.012	18.784.012	18.846.193	18.846.193	18.990.744	19.182.276	19.189.453	19.189.453
TERNI	16.725.920	16.727.240	16.727.240	16.744.376	16.755.615	16.754.815	16.754.815	16.754.815	16.755.012	16.749.378
RIETI	15.768.988	15.773.988	15.774.988	15.774.988	15.774.988	15.774.988	15.774.988	15.774.988	15.774.988	15.774.988
TRIESTE	12.461.168	12.462.008	12.462.008	12.465.458	12.465.458	12.465.458	12.465.458	12.465.458	12.465.458	12.467.521
NAPOLI (a)	11.625.177	11.625.177	11.792.427	11.856.369	11.856.549	11.937.192	12.053.997	12.053.997	12.053.997	12.053.997
GENOVA	11.911.650	11.916.050	11.916.350	11.916.350	11.916.350	11.921.390	11.921.390	11.921.390	11.921.390	11.977.263
VENEZIA	10.160.352	10.247.863	10.553.552	10.762.282	11.003.892	11.003.892	11.003.892	11.003.892	11.003.892	11.067.154
POTENZA	10.518.395	10.518.395	10.518.395	10.522.295	10.522.295	10.522.295	10.522.295	10.522.295	10.522.295	10.522.295
MODENA	10.129.436	10.160.454	10.174.812	10.250.885	10.292.452	10.382.452	10.382.452	10.382.452	10.451.001	10.451.001
PERUGIA (a)	10.230.981	10.230.981	10.250.823	10.317.544	10.416.282	10.417.786	10.417.786	10.417.786	10.433.266	10.433.266
REGGIO NELL'EMILIA	9.846.633	9.951.215	10.192.031	10.233.037	10.233.037	10.233.987	10.265.137	10.266.135	10.263.335	10.263.335
REGGIO DI CALABRIA	10.087.500	10.087.500	10.087.500	10.087.500	10.087.500	10.087.500	10.087.500	10.087.500	10.087.500	10.087.500
FIRENZE (a)	8.892.171	8.892.171	8.897.250	8.897.250	8.906.250	8.951.063	8.951.063	8.951.063	8.951.063	8.951.063
BOLOGNA	7.587.358	7.714.172	7.718.171	8.070.763	8.152.716	8.216.230	8.330.937	8.587.622	8.600.962	8.611.837
FERRARA (a)	7.615.570	7.659.103	7.681.329	7.770.114	8.080.525	8.086.008	8.121.819	8.154.992	8.209.225	8.278.167
VERONA	7.643.750	7.674.794	7.754.729	7.754.729	7.897.221	7.897.221	7.964.221	8.088.221	8.139.790	8.195.169
PADOVA	7.685.441	7.685.441	7.722.311	7.734.414	7.734.814	7.734.814	7.743.814	7.751.079	7.982.186	8.068.342
RAVENNA	6.504.543	6.513.305	6.526.462	6.813.992	6.817.081	6.866.966	6.931.226	7.030.256	7.200.330	7.677.198
PALERMO	7.068.400	7.388.440	7.518.440	7.647.300	7.654.000	7.659.000	7.659.000	7.659.000	7.634.000	7.634.000
MONZA (a)	7.107.541	7.107.541	7.107.541	7.107.541	7.193.175	7.222.133	7.223.260	7.223.260	7.234.325	7.322.157
SONDRIO	6.369.338	6.377.583	6.388.069	6.388.069	6.393.069	6.396.419	6.416.225	6.420.225	6.420.225	6.420.225
PRATO (a)	6.061.268	6.072.349	6.092.647	6.103.003	6.166.645	6.166.645	6.166.676	6.166.676	6.255.632	6.255.632
CAGLIARI	5.992.962	5.993.488	5.994.363	6.046.656	6.091.756	6.090.891	6.090.891	6.090.891	6.128.891	6.128.891
PORDENONE	5.614.330	5.625.023	5.661.570	5.666.026	5.682.121	5.697.071	5.697.071	5.697.071	5.697.071	5.718.394
AGRIGENTO	5.478.395	5.478.395	5.478.395	5.478.395	5.479.395	5.479.395	5.479.395	5.494.395	5.494.395	5.494.395

**Suddivisione delle aree verdi
Padova Nord**

Tavola 1
Scala 1:35.000

Legenda

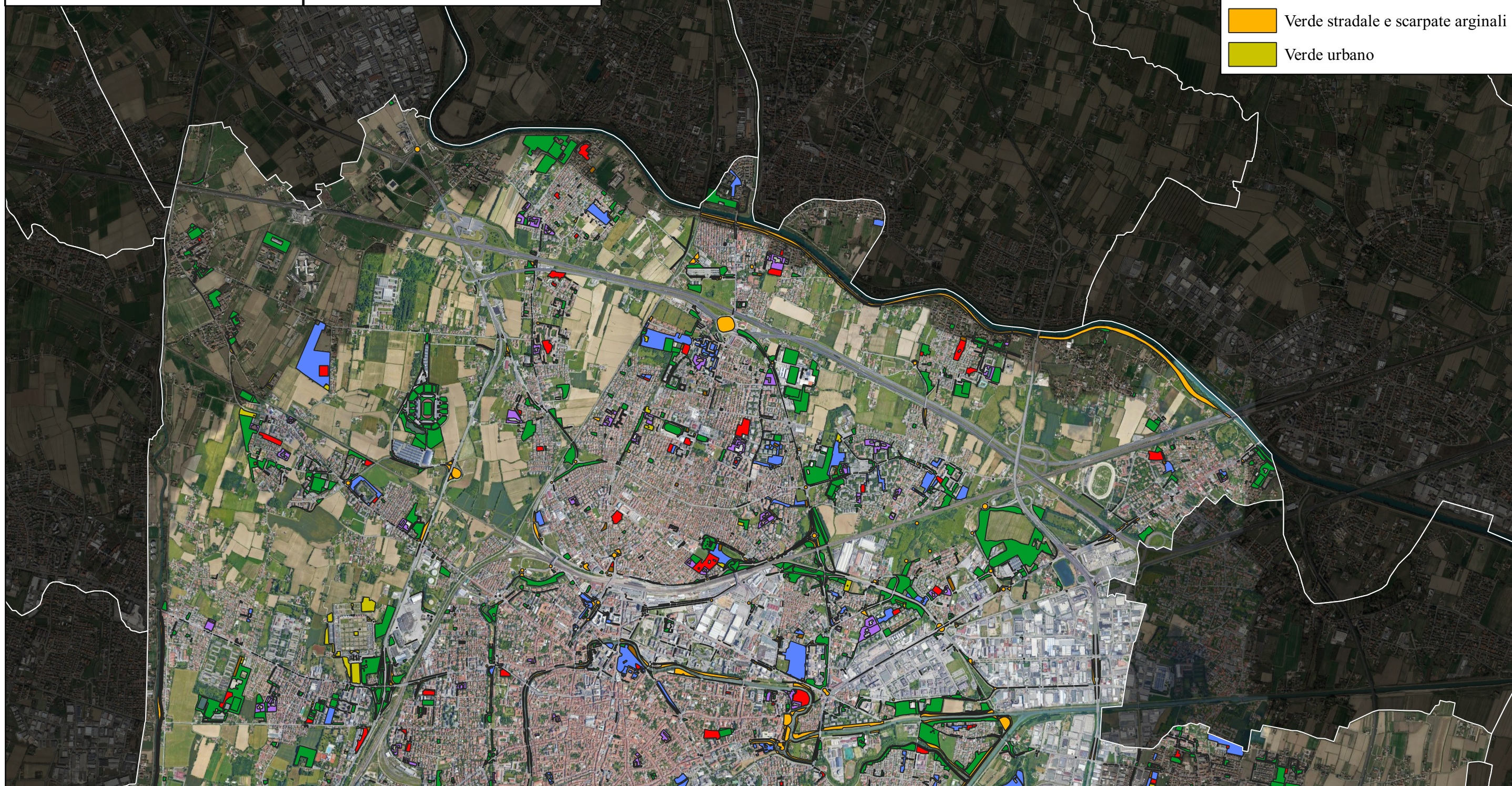
Aree Verdi

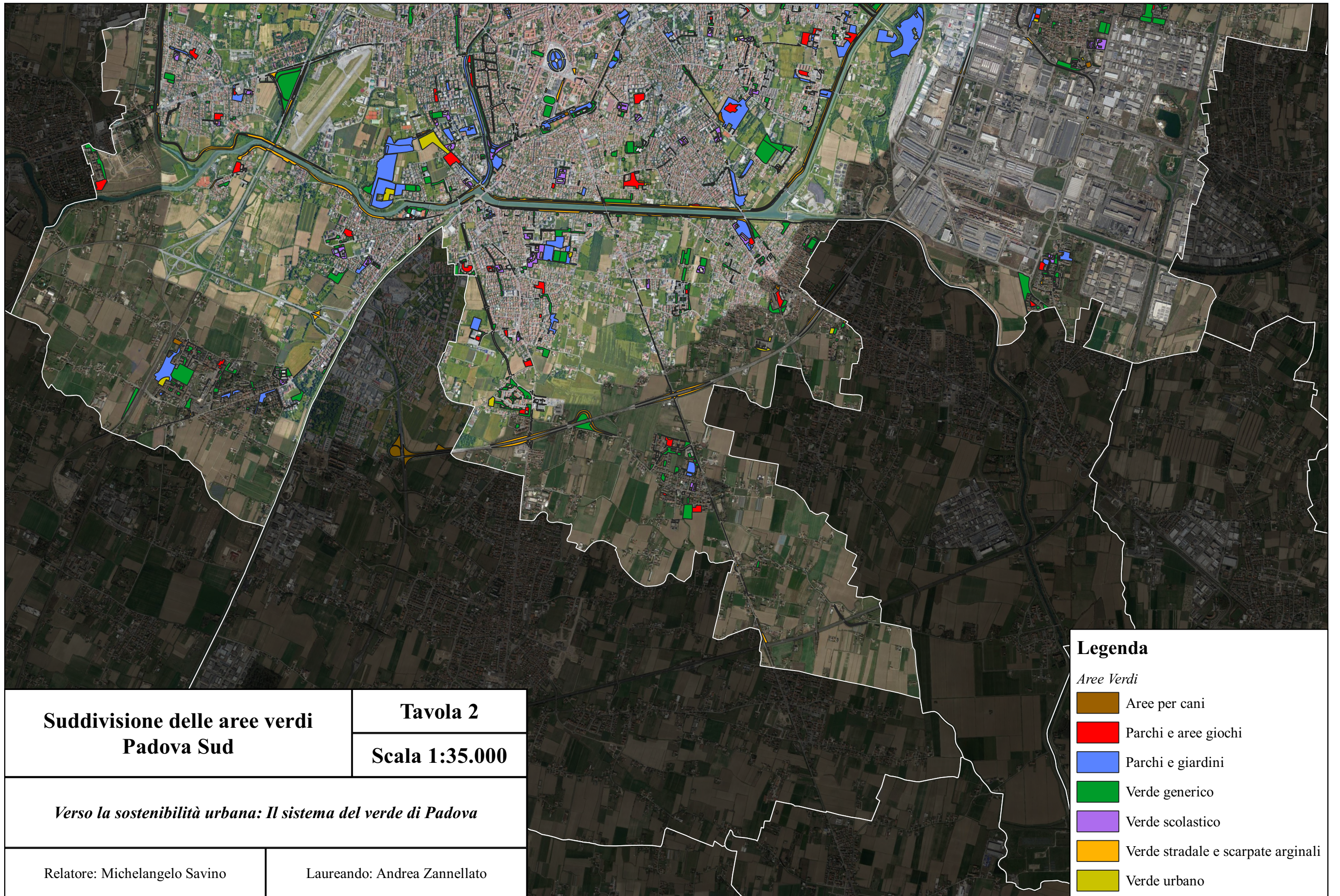
-  Aree per cani
-  Parchi e aree giochi
-  Parchi e giardini
-  Verde generico
-  Verde scolastico
-  Verde stradale e scarpate arginali
-  Verde urbano

Verso la sostenibilità urbana: Il sistema del verde di Padova

Relatore: Michelangelo Savino

Laureando: Andrea Zannellato





Legenda

- Aree Verdi*
- Aree per cani
 - Parchi e aree giochi
 - Parchi e giardini
 - Verde generico
 - Verde scolastico
 - Verde stradale e scarpate arginali
 - Verde urbano

Suddivisione delle aree verdi Padova Sud		Tavola 2
		Scala 1:35.000
<i>Verso la sostenibilità urbana: Il sistema del verde di Padova</i>		
Relatore: Michelangelo Savino	Laureando: Andrea Zannellato	

**Alberature del sistema del verde
Padova Nord**

Tavola 3
Scala 1:35.000

Verso la sostenibilità urbana: Il sistema del verde di Padova

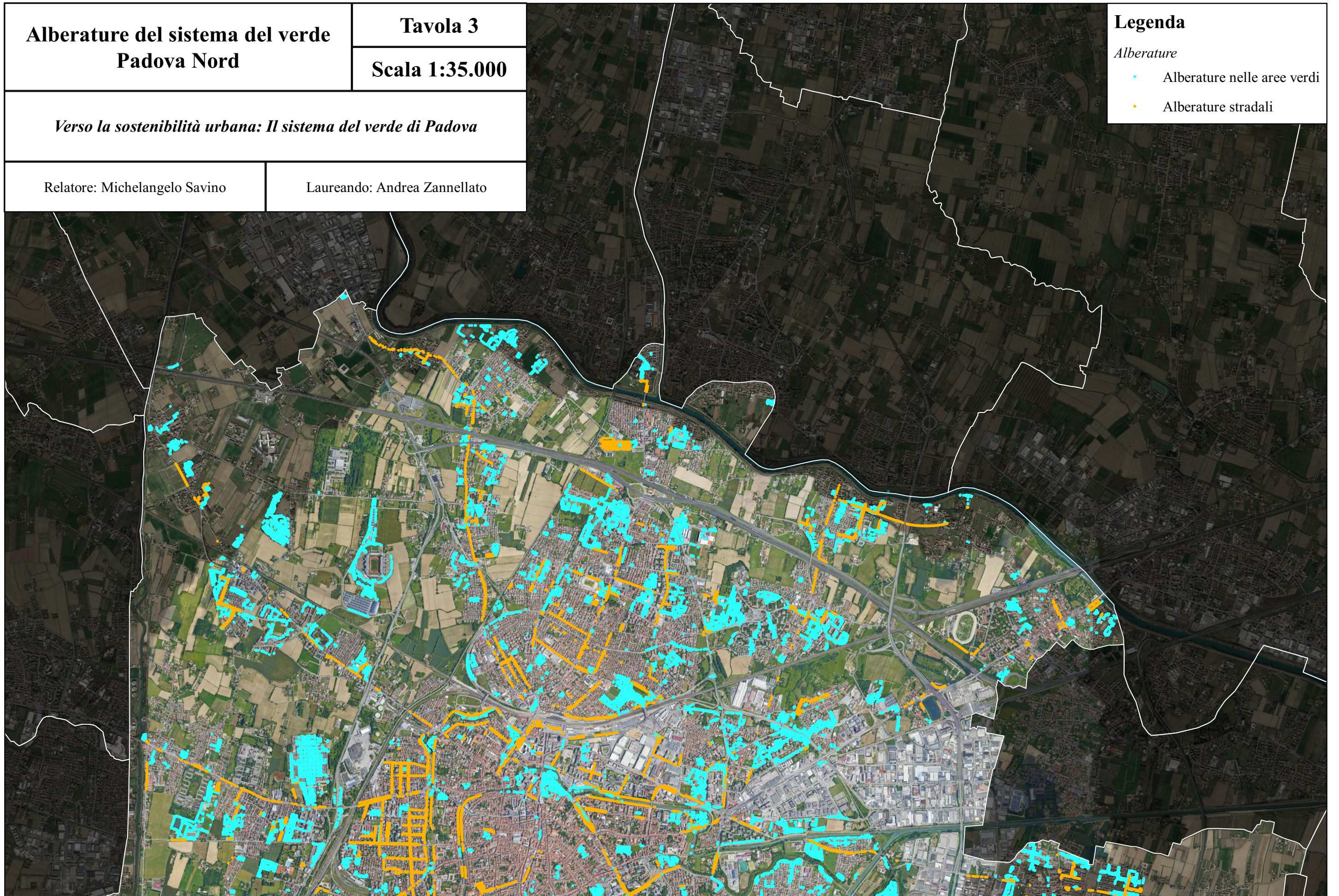
Relatore: Michelangelo Savino

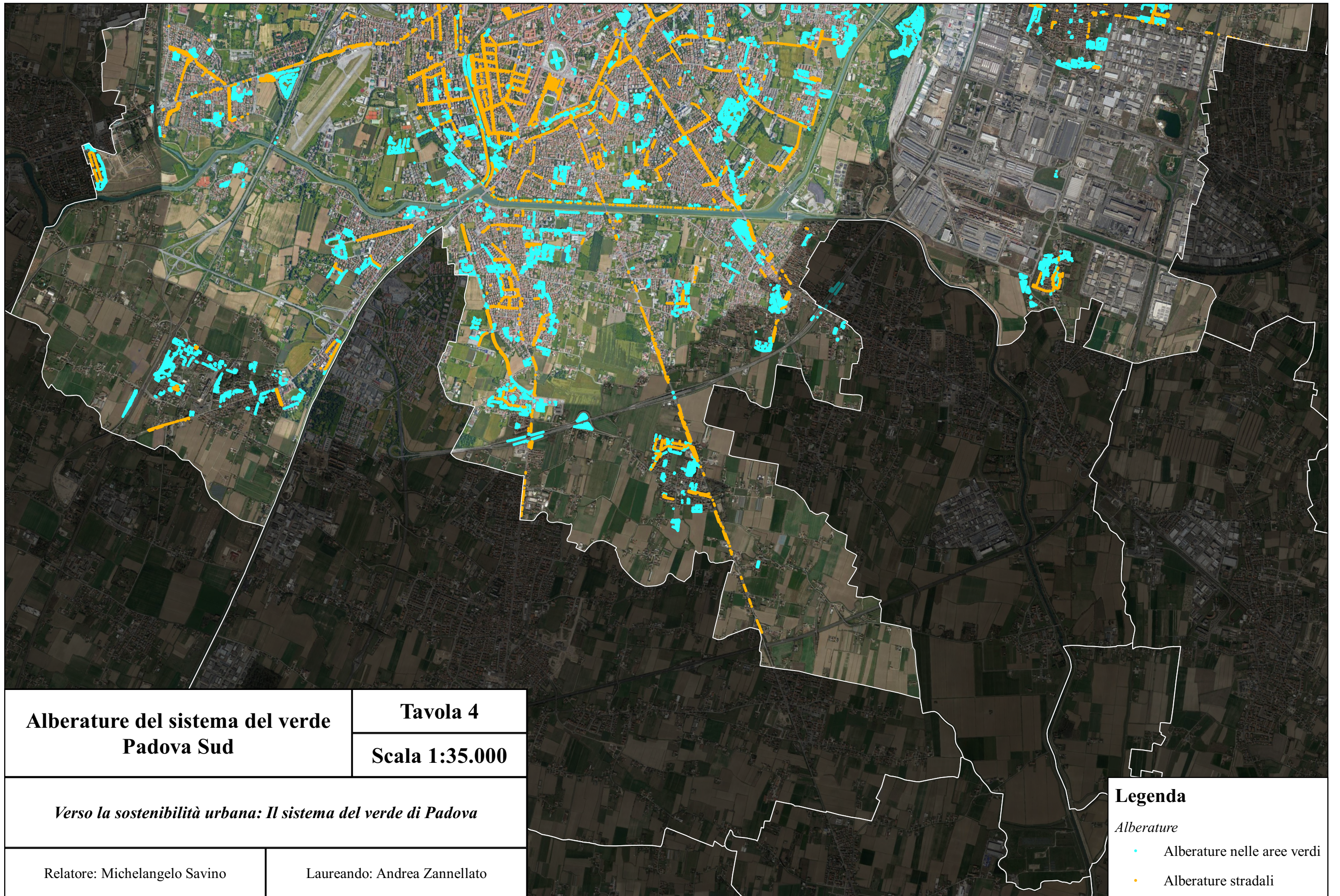
Laureando: Andrea Zannellato

Legenda

Alberature

- Alberature nelle aree verdi
- Alberature stradali





**Alberature del sistema del verde
Padova Sud**

Tavola 4
Scala 1:35.000

Verso la sostenibilità urbana: Il sistema del verde di Padova

Relatore: Michelangelo Savino

Laureando: Andrea Zannellato

Legenda

Alberature

- Alberature nelle aree verdi
- Alberature stradali

Bibliografia

United Nations. Department of Economic and Social Affairs. Population Division. 2017. World Population Prospects: The 2017 Revision. New York.

Carrington D.. 2021. Rain falls on peak of Greenland ice cap for first time on record. The Guardian. <https://www.theguardian.com/world/2021/aug/20/rain-falls-peak-greenland-ice-cap-first-time-on-record-climate-crisis>.

Van Maanen N., Theokritoff E., Lanson A., Menke I., e Schleussner C.. 2020. Impatti del clima in Italia. Climate Analytics. <https://giudiziouniversale.eu/wp-content/uploads/2021/06/CA-Report-impatti-IT.pdf>.

Evans A., Kommenda N. e Longden B.. 2020. Environment now. The Guardian. <https://www.theguardian.com/environment/ng-interactive/2020/oct/05/climate-data-dashboard-carbon-atmosphere-sea-level-arctic-ice>.

Beretta S. 2011-2012. Gli effetti del verde sulla mitigazione dell'isola di calore urbana. Relatore Concilio G.. Dipartimento di Architettura e studi urbani. Facoltà di Architettura e Società. Politecnico di Milano. Milano.

Fonti L.. 2006. Parchi, reti ecologiche e riqualificazione urbana. Alinea. Firenze.

Loasso M., Lucarelli M. T., Rigillo M. e Valente R.. 2020. Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale. Maggioli Editore.

Legambiente. 2017. Le città alla sfida del clima. Gli impatti dei cambiamenti climatici e le politiche di adattamento. Legambiente. Roma.

Tredje Natur. Det Første Klimakvarter. <https://www.tredjenatur.dk/portfolio/klimakvarter/>.

Gabrieli C., Millini R., Baldan P., Cosma E., Lanzoni C., Pagano A. e Rebeschini S.. 2019. Campagna di monitoraggio della qualità dell'aria. Comune di Padova – Via San Crispino. Periodo di attuazione 19/07/2018 - 05/09/2018 (1a campagna) 26/10/2018 - 05/12/2018 (2a campagna). ARPAV. Padova.

Cason M., Ragusa F., Tanduo I., Vazzoler P. e Dal Col M.. 2020. Stato delle acque superficiali del Veneto corsi d'acqua e laghi anno 2019. ARPAV. Padova.

Garlato A., Obber S., Vinci I., Ragazzi F., Pocaterra F., Zamarchi P., Mozzi P., Sartori G., Minelli R. e Fantinato L.. 2019. Carta dei Suoli del Veneto in scala 1:250.000. ARPAV. Padova

Musco F., Maragno D., Magni F., Innocenti A., Negretto V., Mazzetto P., Luise D. e Zuin M.. 2016. Padova Resiliente. Linee guida per la costruzione del piano di adattamento al cambiamento climatico. Padova.

Sitografia

The Guardian: <https://www.theguardian.com/>

Tredje Natur: <https://www.tredjenatur.dk/>

SLA: <https://www.sla.dk/>

ARPAV: <https://www.arpa.veneto.it/>

Istat: <https://www.istat.it/>

Padovanet: <https://www.padovanet.it/>

Stefano Boeri Architetti: <https://www.stefanoboeriarchitetti.net/>

Ringraziamenti

Giunto al termine del mio percorso universitario sento il dovere morale di ringraziare le persone che mi hanno aiutato a tenere il morale alto, soprattutto a causa della difficoltà data dalla pandemia che non ha giovato sull'umore. Perciò la mia gratitudine va alle seguenti persone:

A mia madre e a mio padre che hanno sempre creduto in me. Mi siete stati vicini, mi avete insegnato l'educazione e la forza, mi avete aiutato a rialzarmi quando ne avevo bisogno e a credere nelle mie capacità. Voi mi avete spinto ad intraprendere la carriera universitaria, avete appoggiato ogni mia scelta sotto il punto di vista formativo senza mai far prevalere la vostra idea ma portandomi a considerare ogni variabile che le mie scelte avrebbero comportato.

A mia sorella che ha sempre cercato di tirarmi su di morale. Non solo venivi da me a portarmi un po' di allegria quando la carriera universitaria si faceva dura, ma in tutte le occasioni in cui ero pensieroso e silenzioso. Anche quando rifiutavo il tuo affetto o le tue preoccupazioni tu mi sei sempre stata vicina con quel tuo sorriso contagioso.

A mia nonna che si è sempre interessata ai miei studi e che ha sempre pregato affinché tutto andasse nel verso giusto, sia nella mia carriera universitaria sia per il mio stato di salute.

A mio nonno che non c'è più. Hai sempre creduto in me, so che non potrai essere presente ed assistere alla fine di questo mio percorso e so che non potrai mai leggere queste parole, ma sappi che oggi tu sei qui con me, nel mio cuore, e che i tuoi insegnamenti mi hanno reso forte e mi hanno aiutato a raggiungere questo mio obiettivo. Sono certo che, da lassù, tu sei orgoglioso di me.

Ai miei compagni di studi. Seguire le lezioni e trascorrere giornate intere all'università con voi è stato bello, soprattutto per il legame d'amicizia che si è creato. Lo spirito di condivisione e collaborazione durante lo studio è la base di ogni percorso formativo, sia nello studio che nella vita.