

Sommario

1. Int	roduzione	1 -
_	funzioni e gli spazi: le 3 macro aree e i 5 quartieri	
2.1.	Energia	
2.1.	Servizi Ecosistemici	
2.2.	Mobilità/accessibilità	
2.3. 2.4.	Testaccio	
2.4.	Balduina	
2.5. 2.6.	Prima Porta	
2.0. 2.7.	Tor Bella Monaca	
2.7.	Mazzini	
2.6. 2.9.	Gli spazi aperti di prossimità	
2.9.	Gii spazi aperti di prossinita	0 -
3. DE	SCRIZIONE del metodo di lavoro	8 -
3.1.	Energia - Testaccio	8 -
3.2.	Energia – Balduina	17 -
3.3.	Energia – Tor Bella Monaca	19 -
3.4.	Servizi Ecosistemici – Testaccio	19 -
3.5.	Mobilità/accessibilità – Prima Porta	27 -
4. Ou	tput	29 -
Biblioara	fia	30 -

1. INTRODUZIONE

Il progetto di ricerca si propone di esplorare le possibilità di mitigazione dei gas serra in ambito urbano. Nello specifico si vuole misurare e studiare le potenzialità che gli spazi aperti di prossimità possono offrire in tal senso. Questi spazi, infatti, sono spesso dei "non luoghi", frutto dell'espansione urbana che inevitabilmente lascia dei "vuoti" che finiscono spesso per divenire luoghi non pienamente sfruttati (se non addirittura luoghi inospitali) che invece presentano delle ottime potenzialità. Anzitutto perché rappresentano degli spazi disponibili per vari usi in luoghi dove lo spazio è una risosi molto importante: i centri città. Inoltre, grazie al fatto che una città è tappezzata di questi luoghi, formano una rete densa ed omogenea tale da formare un sistema piuttosto capillare all'interno del tessuto urbano.

La ricerca affronta questa tematica degli spazi aperti di prossimità attraverso tre macroaree e su 5 quartieri caratteristici di diversi tessuti urbani. Le macroaree sono: Energia, Servizi Ecosistemici e Mobilità/accessibilità. I quartieri: Testaccio, Tor Bella Monaca, Balduina, Mazzini e Prima Porta. Il fine ultimo della ricerca è quello di identificare dei possibili usi di questi spazi al fine di offrire servizi ma soprattutto ridurre le emissioni di CO₂ del quartiere, e, una volta identificati questi usi, trovare un sistema valutativo degli stessi al fine di fornire un ausilio alla progettazione e la pianificazione urbana futura.

Di seguito si prosegue con l'esposizione del lavoro compiuto in tale direzione nell'anno di Assegno di Ricerca svolto nel contesto del "PRIN 2017_Tech-start - key enabling technologies and smart environnement in the age of green economy. Convergent innovations in the open space/building system for climate mitigation".

2. LE FUNZIONI E GLI SPAZI: LE 3 MACRO AREE E I 5 QUARTIERI

Come detto l'approccio proposto dalla ricerca è stato quello di esplorare le potenzialità offerte dagli spazi aperti di prossimità verso la decarbonizzazione delle città. Questo è stato analizzato da tre macroaree che rappresentano diversi approcci e materie di vedere e progettare l'ambiente urbano: l'energia, ossia tutto ciò che riguarda i consumi e la produzione di energia; i servizi ecosistemici, ossia la rete ecologica e ambientale della città; la mobilità/accessibilità, quindi tutto ciò che riguarda il muoversi e la fruizione delle persone/beni all'interno dell'ambiente urbano. Queste tematiche rappresentano chiaramente degli aspetti caratteristici e fondamentali della città ed esplorarne lo stato attuale e le possibili declinazioni future, rappresenta un tentativo particolarmente approfondito di interrogarsi sul percorso che porta alle città sostenibili.

Queste tematiche, tuttavia, hanno delle declinazioni completamente differenti da caso a caso, soprattutto in funzione delle caratteristiche morfologiche, architettoniche, spaziali etc. di ogni luogo della città. Questo indurrebbe a dedurre che sarebbe opportuno un progetto specifico per ogni situazione con conseguente approfondimento di ogni aspetto che esso necessita per essere compreso a fondo. Tuttavia, lo scopo della ricerca è proprio in direzione opposta: ossia la creazione di uno strumento per il pianificatore/progettista dell'ambiente urbano tale che possa semplificare il ruolo di quest'ultimo in tale direzione a prescindere dalla situazione specifica e particolare. È stato quindi necessario uscire dalla classica dinamica progettuale e di pianificazione in cui per ogni luogo è necessario un progetto specifico, verso un approccio più generale ed olistico che tuttavia riuscisse comunque a cogliere tutte le molte sfaccettature che compongono le aree rubane. Per questo motivo è stata scelta una città come Roma, la quale raccoglie un insieme vasto e variegato di tessuti urbani, e 5 quartieri differenti che possano essere esemplificativi di uno scenario vasto a tal punto da racchiudere in sé uno spaccato piuttosto totalitario delle situazioni urbane nazionali.

Di seguito si prosegue con l'esposizione sia delle macroaree di intervento sia con i tessuti selezionati.

2.1. ENERGIA

L'energia è uno degli elementi fondante della società contemporanea. Essa, infatti, rappresenta la possibilità di compiere "lavori" e beni oltre che regolare artificialmente gli ambienti vissuti quotidianamente. Per questo importanza è la principale causa di produzione di gas climalteranti nel mondo. Per questo motivo la tematica del consumo/produzione di energia è fondamentale nel discorso ampio della lotta ai gas serra.

In questo senso l'ambiente urbano è fortemente energivoro, proporzionalmente alla densità urbana e alle tipologie di funzioni presenti nell'area. Pertanto, è chiaramente opportuno, prima di ogni altra cosa, lavorare seriamente alla riduzione e contenimento dei consumi, soprattutto per quanto riguarda il "costruito". A tal proposito, negli ultimi anni, si è vista una crescente consapevolezza riguardo la riduzione dei consumi energetici degli edifici in ambiente urbano. Attraverso incentivi e semplificazioni burocratiche si sono visti molti interventi di efficientamento del patrimonio edilizio (soprattutto privato). Tuttavia, è opportuno comprendere ulteriormente l'importanza della riduzione dei fabbisogni dell'edificato al fine di continuare in tale direzione se si vogliono ottenere dei risultati accettabili in termini di mitigazione dei gas serra.

Per quanto riguarda invece la situazione della produzione energetica, la situazione è un po' più indietro in termini sia di dibattito sia di effettiva realizzazione di interventi. Infatti, solo ultimamente si è cominciato a porre l'attenzione sulle tematiche della produzione energetica rinnovabile in ambiente urbano con conseguente aumento dell'efficienza dell'intero sistema e riduzione degli sprechi. Le CER rappresentano in tale direzione un esempio estremamente interessante e dalle grandi potenzialità e su cui anche a livello normativo si sta sempre più avanzato e progredendo. Ancora la tematica del mix energetico e più in generale dei vincoli posti dalle soprintendenze riguardo l'ambiente costruito, tuttavia, pongono grossi limiti al pieno sviluppo e sfruttamento di queste tematiche. In tal senso è quindi necessario e urgente un rinnovamento del pensiero e quindi della normativa a riguardo al fine di sia preservare il patrimonio storico, artistico e paesaggistico, ma allo stesso tempo permettere un apporto concreto e incisivo sulla tematica della sostenibilità delle città.

2.2. SERVIZI ECOSISTEMICI

La linea di ricerca sul potenziale rafforzamento dei *Servizi Ecosistemici* (di seguito SE) *negli Spazi di Prossimità* (di seguito SP) si è posta come finalità quella di verificare in quale misura gli SP presenti nelle cinque aree di studio fossero in grado di erogare (allo stato attuale oppure con riferimento a scenari futuri di mutamento) i SE riconducibili a quelli propri dell'ambiente urbano, intesi come una componente significativa per il perseguimento degli orizzonti della città sostenibile.

Nella consapevolezza che si sarebbe trattato di un tema di grande complessità, sono stati introdotti livelli significativi di semplificazione che è indispensabile esplicitare prima di riassumere il percorso intrapreso.

Un primo livello di semplificazione è consistito nella scelta di misurare quantitativamente una sola prestazione dei SE, ovvero la loro capacità di attenuare i picchi di calore (cooling capacity), prestazione fondamentale ai fini dell'adattamento climatico urbano.

Un secondo livello di semplificazione riguarda le modalità di costruzione degli scenari; la ricerca ha inteso infatti non solo misurare (nei limiti di cui si è ora detto) le prestazioni attuali dei SE in ognuna delle aree di studio, ma anche testare le loro opportunità di incremento, e questo avrebbe comportato la prefigurazione - per ciascuna area - di possibili scenari evolutivi.

Tenuto conto della molteplicità di variabili in gioco e delle risposte che sarebbe stato necessario fornire, variabili e risposte non solo tecniche (quale sarebbe stato l'assetto degli SP capace di erogare il massimo dei SE?) ma anche sociali (quali variazioni - ad esempio la trasformazione di un parcheggio in bosco, per fare un esempio estremo - sarebbero state ritenute accettabili dagli abitanti e quali no?) ed economiche (quante risorse sarebbero state disponibili per gli interventi tesi ad incrementare i SE?) si è rinunciato ad elaborare modelli di ottimizzazione (sostanzialmente ingestibili, almeno con le competenze esprimibili dal gruppo di ricerca) optando per la

costruzione di scenari *progettuali* ispirati ad una logica definibile di *ragionevolezza utopica*, ovvero scevri da ipotesi di radicale ripensamento dell'impianto urbano originario (ad esempio demolizioni, riconfigurazioni del tessuto originario, etc.) ma dall'altro sufficientemente diversi dall'oggi da poter apprezzare gli effetti di nuove visioni degli SP.

2.3. MOBILITÀ/ACCESSIBILITÀ

Per quanto riguarda la mobilità e l'accessibilità del tessuto urbano è stato eseguito un downscaling per ogni quartiere scelto. Infatti, la quantità di informazioni necessarie a questo lavoro non permetteva un approccio così ampio come quello di quartiere.

Lo scopo di questo lavoro è principalmente quello di indentificare il rapporto fra ambiente costruito e non e di studiarne le connessioni. Come per le altre 2 macroaree si è optato per la descrizione e mappatura dello stato di fatto e con la proposta di vari scenari: uno più utopico ed estremo che faccia da chiara evidenza delle potenzialità del luogo; e uno maggiormente reale e quindi realizzabile.

2.4. TESTACCIO

Il quartiere di Testaccio è stato scelto come rappresentante del tessuto urbano della città storica con tipologia edilizia prevalente ad *isolato* di epoca otto-novecentesca. Inoltre, in questo quartiere sono presenti edifici di carattere ex-industriale della stessa epoca (come, ad esempio, tutta l'area dell'Ex Mattatoio) e di epoca contemporanea (zona produttiva dell'area del cimitero acattolico). Vi sono all'interno anche molti edifici e spazi di carattere pubblico e delle ampie zone verdi. Tute queste caratteristiche lo hanno reso un'area ottima per la sperimentazione di questa ricerca in quanto esemplificativa di molte zone della città di Roma.



Figura 1 - Quartiere Testaccio

2.5. BALDUINA

Il tessuto prevalente di questo quartiere è caratterizzato da edilizia residenziale novecentesca a tipologia libera. Essendo nato e cresciuto senza una pianificazione urbanistica forte, è caratterizzato da un tessuto frutto di espansione libera e quindi è povero di spazi ed edifici pubblici. Inoltre, la quasi totalità degli edifici presenti è di natura residenziale.



Figura 2 - Quartiere Balduina

2.6. PRIMA PORTA

In questo quartiere la pianificazione urbanistica è quasi del tutto assente: è infatti un 'area urbana caratterizzata dall'espansione abusiva e non ancora consolidata. Per questo motivo è caratterizzato da una forma della città piuttosto caotica e priva di gerarchie. Così come per i servizi pubblici che sono perlopiù assenti. La presenza di spazi ed edifici pubblici, tuttavia, non è così carente in quanto vi è una presenza abbastanza importante di edifici pubblici (quali scuole e poste) che tuttavia non presentano un disegno razionale ed efficiente nella loro collocazione. Vi è una importante presenza di spazi verdi nella maggior parte dei casi selvaggi ed incolti. A differenza degli altri due quartieri visti fino ad ora, questo ha una caratteristica funzione di filtro fra l'ambiente urbano fortemente antropizzato e quello più rurale e selvaggio. Questa



Figura 3 - Quartiere Prima Porta

caratteristica si riscontra perfettamente anche nella tipologia degli spazi non edificati dello stesso che vanno dalle piazze pedonali ai campi semi agricoli; dalle strade agli orti (urbani e rurali).

2.7. TOR BELLA MONACA

Nato negli '60, '70 e soprattutto '80 è un esempio emblematico dei quartieri di espansione edilizia residenziale ad alta densità degli '70/'80. Tipicamente rispetto a questa tipologia di quartieri presenta ampissimi spazi verdi (che spesso sono incolti e abbandonati) alternati a blocchi residenziali ad alta densità abitativa (in questo caso le tipologie edilizie prevalenti sono: in linea, a torre e a corte. Sono presenti anche nel quadrante Sud-Ovest delle case a schiera sicuramente postume alle altre tipologie). Vi sono molti luoghi pubblici (prevalentemente scuole) e di grandi dimensioni. In questo quartiere sono anche presenti aree adibite a commerciale intensivo (centri commerciali). Vi sono arterie viarie principali ad alto scorrimento alternate da strade secondarie più lente. La presenza di parcheggi è, secondo il costume del periodo di edificazione, è molto diffusa ma rarefatta nel territorio. Nel quadrante Sud-Est è presente anche un'area di ex edilizia abusiva caratterizzata da un tessuto edificato denso e poco organizzato.



Figura 4 - Quartiere Tor Bella Monaca

2.8. MAZZINI

Il quinto e ultimo quartiere è emblematico della città storica e del centro della città di Roma. Estremamente denso di "costruito" è caratterizzato principalmente da edifici a blocco di epoca otto-novecentesca. Lo spazio pubblico è piuttosto piccolo e integrato nell'ambiente costruito. I servizi sono densi e capillari ma gli spazi a disposizione sono perlopiù inesistenti. Tipico della città storica rappresenta un classico esempio di quasi totale impossibilità di intervento in quanto ogni metro quadrato che lo compone è composto da elementi urbani storici e consolidati nel tempo.



Figura 5 - Quartiere Mazzini

2.9. GLI SPAZI APERTI DI PROSSIMITÀ

Gli spazi aperti di prossimità (SP) sono stati articolati in due tipologie, ovvero Spazi aperti di quartiere e Sedimi stradali, intendendo questi ultimi come quelli dedicati in senso lato alla mobilità.

La tassonomia messa a punto ricomprende i seguenti elementi:

2.9.1. SPAZI APERTI DI QUARTIERE

- 1. aree di verde pubblico e piazze
- 2. aiuole spartitraffico
- 3. giardini privati
- 4. giardini condominiali e/o corti
- 5. chiostrine (< 200 mg)
- 6. aree archeologiche
- 7. spazi aperti di pertinenza servizi pubblici
- 8. spazi aperti di pertinenza di servizi privati e di attività produttive
- 9. orti urbani
- 10. aree relitte/inutilizzate/sottoutilizzate
- 11. aree ripariali
- 12. tetti piani/terrazze condominiali

2.9.2. SEDIMI STRADALI

- 1. marciapiede
- 2. pista ciclabile
- 3. strada locale
- 4. strada principale
- 5. strada interquartiere
- 6. parcheggio pubblico
- 7. parcheggio privato

Per ciascuna delle cinque aree di studio assunte dalla ricerca è stata redatta una cartografia GIS descrittiva della consistenza e distribuzione degli SP, denominata *Mappa delle Opportunità*; a titolo esemplificativo – e per chiarezza espositiva - si riporta la *Mappa delle Opportunità* redatta per il caso di studio di Testaccio e Balduina:



Figura 6 - Spazi aperti di prossimità - Testaccio



Figura 7 - Spazi aperti di prossimità - Balduina

3. DESCRIZIONE DEL METODO DI LAVORO

3.1. ENERGIA - TESTACCIO

3.1.1. STATO ATTUALE - CONSUMI

La "mappatura" dei consumi energetici rappresenta il punto di partenza di qualsiasi ragionamento riguardo eventuali strategie energetiche del quartiere, presenti e future. I valori reali riguardo i consumi energetici del quartiere non è stato possibile reperirli¹, pertanto si è deciso di ricavarli attraverso un calcolo parametrico partendo dai valori presenti nel report 2019

¹ I dati riguardo i consumi elettrici reali del quartiere ci sono stati inviati da ARETI. Tuttavia, questi dati si riferiscono esclusivamente ai consumi energetici elettrici e non termici (gas e combustibili fossili in generale). Pertanto, si è deciso di non prenderli in considerazione a favore di un sistema uniforme come quello del PNIEC che invece presenta entrambi i valori.

del PNIEC [1]. In questo rapporto vengono esposti i valori medi nazionali dei consumi energetici



a metro quadro per varie tipologie di edifici:

Questi valori sono su base unitaria, ossia sono espressi per metro quadro (kWh/m² anno). Pertanto, per avere dei valori riguardo l'intero quartiere è necessario applicare questi valori unitari in base alle superfici del quartiere e alle relative destinazioni d'uso. Per fare ciò è stata prodotta una base cartografica informativa mediante software GIS² del quartiere Testaccio, su cui, per ogni geometria presente, sono state inserite una serie di informazioni, fra cui i consumi energetici. Questi consumi sono stati divisi in Elettrici Attuali (ossia i consumi elettrici derivanti dal rapporto PNIEC esclusivamente per il consumo elettrico); i Consumi Termici (i consumi termici attuali derivanti dal PNIEC); i Consumi Termici PDC (ossia i consumi termici trasformati in elettrici. Riguardo questo punto si rimanda al capitolo successivo in cui viene spiegato nel dettaglio il metodo adottato); i Consumi Elettrici TOT (la somma dei Consumi Elettrici Attuali + i Consumi Elettrici PDC). Di seguito si riportano i valori applicati in base alla tipologia di edificio: Elettrici Attuali:

- Residenziale e dormitori: $(a \times b) 21 kWh/m^2 anno$
- Scuole, università, chiese e caserma VF: $(a \times b) 17 \, kWh/m^2 \, anno$
- Commercio, locali e attività produttive³: $(a \times b)$ 448 kWh/m^2 anno
- **Uffici**: $(a \times b) 111 kWh/m^2 anno$

Termici Attuali:

• Residenziale e dormitori: $(a \times b) 123 \, kWh/m^2 \, anno$

• Scuole, università, chiese e caserma VF: $(a \times b)$ 89 kWh/m^2 anno

• **Uffici**: $(a \times b) 45 \, kWh/m^2 \, anno$

a = impronta a terra edificio. Questo valore viene calcolato dal software in base alla geometria

 $\mathbf{b} =$ numero di piani dell'edificio. Spesso i piani di un edificio non sono tutti uguali. Pertanto, questo valore non è un numero intero ed è stato identificato per ogni edificio considerando la percentuale di "riempimento" di ogni piano. Quindi, ad esempio, un edificio che abbia un piano terra che si sviluppa per tutta la grandezza dell'impronta dell'edificio stesso e un piano primo che invece occupa solo la metà dello stesso, avrà un valore $\mathbf{b} = 1,5$

In questo modo sono stati trovati i consumi energetici per ogni edificio del quartiere, calcolati su base parametrica, e quindi generali, come indicato pocanzi.

3.1.2. Consumi Elettrici PDC

Come detto, i valori del PNIEC forniscono delle indicazioni riguardo i consumi elettrici e termici degli edifici. Sebbene tali valori siano espressi sempre in kWh/m² anno i consumi elettrici sono differenti da quelli termici, in quanto i primi sono Watt elettrici e i secondi sono Watt termici. Per

² Il software utilizzato è QGIS: https://www.qgis.org. Per la base cartografica è stata utilizzato il database open source OpenStreetMap: https://www.openstreetmap.org per poi essere adattato e aggiornato in base alle attuali morfologie del luogo e secondo alle esigenze della ricerca.

³ Per questi settori non sono previsti dal PNIEC dei valori di consumi termici in quanto si presuppone che questi edifici abbiano un sistema di riscaldamento elettrico.

avere un valore univoco (anche in previsione del fatto che i sistemi di produzione energetica da FER ipotizzati sono anch'essi espressi in Watt elettrici: fotovoltaico) si è scelto di ipotizzare che tutti gli edifici attuali passino ad un sistema di generazione termica elettrico: le Pompe di Calore (PDC). Dal punto di vista normativo è necessario che le PDC rispettino determinati requisiti di prestazione energetica. Per ricadere nella classe energetica A+++ le PDC a doppio condotto devono avere un $COP_{nominale} \geq 4,60$ e a singolo condotto un $COP_{nominale} \geq 3,60$ [2]. Il COP (Coefficient of Performance) rappresenta l'efficienza di una PDC ed è dato dal rapporto tra energia resa (calore ceduto all'ambiente da riscaldare) ed energia elettrica consumata. Per comodità quindi se scelto di utilizzare un COP generico di 4 (in modo sia che potesse essere vicino alla media fra i due valori sia essere facilmente applicato ai calcoli).

Quindi, per avere un valore di consumi termici, ma espresso in Watt elettrici (ossia quanta elettricità fosse necessaria a riscaldare ogni edificio), si è proceduto dividendo per 4 (COP) i consumi termici calcolati dai valori del PNIEC.



Figura 8 - Consumi Elettrici Attuali kWh/m² anno



Figura 9 - Consumi Elettrici PDC kWh/m² anno



3.1.3. Stato di Progetto - Produzione

Una volta ottenuti dei valori di partenza, ossia i consumi, si è proceduto con l'analisi delle potenzialità del quartiere di autoprodurre l'energia di cui necessita. Questo processo, sempre di natura parametrica generale, ha permesso di generare dei valori di potenziale produzione per

ogni edificio o area presa in esame. I valori trovati (così come per i consumi) non sono frutto di una simulazione dinamica accurata e non rappresentano dei valori assoluti, quindi, non servono a stimare l'effettiva produzione di eventuali impianti fotovoltaici posizionati nella data area. Al contrario, questi numeri servono a comprendere le potenzialità generali e di massima delle aree prese in analisi dal punto di vista del rapporto consumi/autoproduzione. Perciò, si è ritenuto opportuno non soltanto analizzare le potenzialità rispetto allo stato attuale, ma anche, attraverso l'elaborazione di diversi scenari, di ipotizzare diverse reazioni del quartiere in base a possibili evoluzioni future. Questo lavoro è molto importante per la ricerca perché permette di evidenziare l'evoluzione del quartiere in base alle scelte inerenti alla materia energetica e quindi contribuire a definire delle regole generali di intervento al fine di produrre, quindi, mezzi di ausilio al pianificatore e/o progettista.

Per lo studio della produzione energetica da FER del quartiere sono stati presi in considerazioni i tetti del quartiere e un'area aperta destinata attualmente a parcheggio. Questo perché Testaccio è un quartiere storico e dalle elevate qualità paesaggistiche/architettoniche e quindi si è scelto di puntare su sistemi di produzione energetica da FER quanto più possibile meno impattanti sul quartiere: fotovoltaico sul tetto e pensiline fotovoltaiche sul parcheggio pubblico.

Per calcolare una stima di produzione del FV sono state applicate le seguenti regole:

$$PVP \times R \times T \times C$$

PVP = Potenza di picco impianto: m^2 disponibili per impianto (per i tetti piani: 60% della superficie per gli edifici residenziali e 80% per i non residenziali. Questo per lasciare una quota parte dei tetti piani a disposizione dell'edificio) diviso per 6,25 (è stato considerato un pannello fotovoltaico da 400 Wp ed efficienza del modulo > 20% e con ottimizzatori. Quindi, ogni 10 m^2 di superficie piana destinata a FV si avranno circa 4 pannelli per un totale di 1,6 kWp. Questo vuole dire che si avrà una potenza media di 1 kWp ogni 6,25 m^2 di superficie piana)⁴

 $R = 1.562 \text{ kWh/m}^2 \text{ anno} \rightarrow \text{radiazione solare media annua per la latitudine di Roma}$

T = Tilt, ossia il coefficiente di variazione del rendimento di un pannello fotovoltaico in base alla sua esposizione e inclinazione. Per la latitudine di Roma:

Orientamento	Tilt 0°	Tilt 10°	Tilt 15°	Tilt 20°	Tilt 30°	Tilt 40°	Tilt 60°	Tilt 90°
0° Sud	1,00	1,07	1,09	1,11	1,13	1,12	1,03	0,72
± 15°	1,00	1,07	1,09	1,11	1,12	1,12	1,02	0,72
± 30°	1,00	1,06	1,08	1,09	1,10	1,09	0,99	0,71
± 45°	1,00	1,04	1,06	1,07	1,07	1,05	0,96	0,70
± 90° Est- Ovest	1,00	0,99	0,97	0,96	0,92	0,87	0,76	0,56

C = Costante che tenga conto delle perdite $\rightarrow 20\%$

• Free-standing: $PVP \times 1.562 \, kWh/m^2 \, anno \times 1,13 \times 0,8$

• Su falda a Sud: $PVP \times 1.562 \, kWh/m^2 \, anno \times 0.96 \times 0.8$

• Su falda diverso da Sud: $PVP \times 1.562 \, kWh/m^2 \, anno \times 1,00 \times 0.8$

• **Edifici misti**: $PVP \times 1.562 \ kWh/m^2 \ anno \times 1,09 \times 0,8$

Seguendo questi valori è stata applicata la formula a tutti gli edifici. Prima, però, sono state identificate le superfici a disposizione degli impianti per ogni singolo edificio.

⁴ 6,25 è indicativo, infatti per avere un valore preciso di kWp/m² bisognerebbe calcolarlo per ogni singolo impianto in base alla geometria (lo spazio disponibile) e alle ostruzioni. Inoltre, è diversa la quantità di spazio disponibile per un impianto freestanding e uno su falda: nel primo caso, infatti, si deve considerare l'ombra portata dei pannelli davanti mentre nel secondo caso no; quindi, si avrebbe un impianto decisamente più fitto nel caso di posizionamento su falda rispetto al freestanding. È stato applicato un valore generico a tutti gli impianti per avere una stima di potenzialità del quartiere.



Figura 10 - Aree selezionate per la produzione

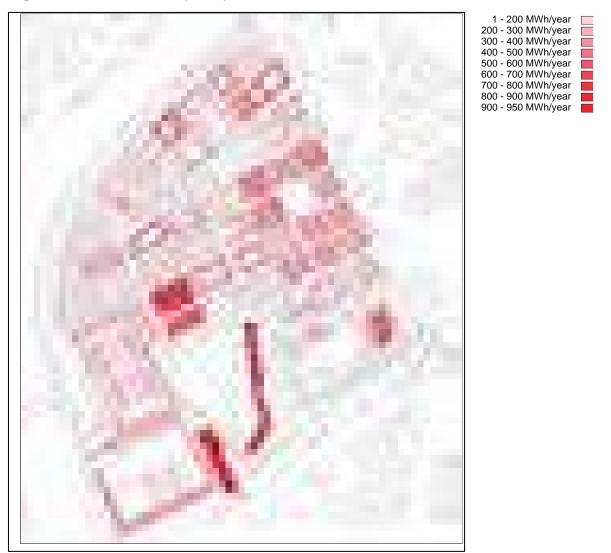


Figura 11 - Produzione elettrica annua stimata Testaccio

Una volta identificate le aree idonee, è stata applicata la formula e conseguentemente è stato identificato un valore di medio stimato di produzione annua per ogni edificio:

In questa figura sono espresse le potenzialità massime del quartiere. Per raggiungere uno scenario del genere, tuttavia, andrebbero utilizzati tutti i tetti e le aree evidenziate e questo è piuttosto irreale. Infatti, esistono nel quartiere una serie di vincoli normativi, di carattere

paesaggistico, che renderebbero impossibile, o comunque poco probabile, l'utilizzo di così tante aree per la realizzazione di impianti fotovoltaici. Quindi, questa mappa serve soltanto a comprendere le potenzialità e le disponibilità potenziali massime del quartiere.

Di seguito si procede invece con gli scenari ipotizzati e studiati sul quartiere.

Si prosegue con l'esposizione degli scenari elaborati fino a questo momento. Questa fase è molto importante perché rappresenta l'**Output** della ricerca. <u>Questi scenari, tuttavia, non vanno presi come un risultato applicabile di per sé. Infatti, l'**Outcome** di questo lavoro è da identificarsi nell'utilizzo che ne deriverebbe per i pianificatori e i progettisti: questi scenari vogliono fornire un ventaglio delle opportunità, immediate e futuribili, del territorio in questione in modo da essere uno strumento di ausilio alla progettazione e pianificazione futura dello stesso territorio.</u>

3.1.4. GLI SCENARI

a. Scenario 01

Questo scenario è quello applicabile nel minor tempo possibile e con il minor impiego di risorse. Esso, infatti, prende in analisi i consumi elettrici attuali e propone un'autoproduzione con FV istallati solo sui tetti di edifici pubblici senza vincoli (viene quindi esclusa tutta l'area dell'EX Mattatoio) e sull'area del parcheggio pubblico di Piazza Monte Testaccio (immaginando una pensilina FV).



Figura 12 - Scenario 01 - Consumi elettrici attuali e Produzione solo su aree utilizzabili

Come si vede, benché questo scenario sia il più semplice e rapido da ottenere, si avrebbe una copertura dei consumi mediante FER decisamente molto bassa (13%). Questo dato è, come più volte ribadito, di massima e frutto di valori parametrici, ma è molto utile a capire l'ordine di grandezza dello scenario: infatti è chiaro che il contributo di autoproduzione di questo scenario si aggirerebbe intorno al 15%.

b. Scenario 02

Lo scenario seguente aggiunge delle variazioni sia sui consumi che sulla produzione. Nello specifico per quanto riguarda i consumi viene introdotta la possibilità di passare tutti i generatori termici all'elettrico (come spiegato nel paragrafo 2.1.1.); mentre per la produzione si presenta l'opzione piuttosto irreale dell'utilizzo di tutte le aree possibili nel quartiere.



Figura 13 - Scenario 02 - Consumi elettrici + PDC e produzione su tutte le aree disponibili

In questo caso la produzione supera le metà dei consumi. Questo scenario sarebbe piuttosto auspicabile in quanto per un quartiere del centro storico riuscire ad autoprodurre circa il 70% dei propri consumi, sarebbe un risultato decisamente interessante, considerando il bilancio complessivo della città. Tuttavia, rimane difficile ipotizzare un utilizzo così massivo, e quindi invasivo, dei tetti del quartiere.

Un altro elemento importante da evidenziare di questo scenario è la possibilità di trasportare tutti i generatori termici verso l'elettrico. Infatti, questa ipotesi potrebbe sembrare utopica e antieconomica, ma gli ultimi risvolti nazionali ed internazionali hanno dimostrato il contrario. Infatti, da una parte le agevolazioni fiscali (EcoBonus e SuperBonus 110%), che hanno reso decisamente più abbordabile e conveniente l'istallazione di PDC come generatori termici, e dall'altra il continuo fluttuare del prezzo del combustibile fossile, hanno visto un incremento esponenziale degli edifici climatizzati con PDC. Pertanto, se da lato produzione questo scenario è forse poco reale, da quello dei consumi invece si potrebbe dire che rappresenta un futuro possibile.

c. Scenario 03

È stato ipotizzato un intervento sull'efficientamento degli edifici con relativo abbattimento dei consumi degli stessi. È stato ipotizzato di ridurre i consumi degli edifici del 20%.

Per quanto riguarda la produzione è stato utilizzato il medesimo criterio dello Scenario 02: utilizzo di tutti la ara possibili pel quartiore

di tutti le are possibili nel quartiere.



Figura 14 - Scenario 03a - Consumi ridotti del 20% e produzione su soli tetti pubblici

Come si può vedere in questo scenario si avrebbe un rapporto produzione/consumi di circa il 10%. Da questo scenario si evince chiaramente che un intervento sui consumi degli edifici è il primo passo necessario per poter lavorare sull'abbattimento incisivo delle emissioni del quartiere: infatti, il primo ostacolo da superare è che il parco edilizio italiano, soprattutto quello dei centri storici, presenta dei consumi decisamente alti a causa delle dispersioni e in generale delle inefficienze sia dei sistemi generativi sia degli edifici stessi. Quindi, questo scenario è decisamente utile a capire che la priorità è sicuramente la riduzione dei consumi che attualmente sono troppo alti.

d. Scenario 03b

In questo caso si prosegue con la logica dello scenario precedente, la riduzione dei consumi, ma del 50% di riduzione. Anche per la produzione si propone la situazione più fattibile e reale dello scenario 01.



Figura 15 - Scenario 03b - Consumi ridotti del 50% e produzione su soli tetti pubblici

In questo caso avremmo una produzione inferiore al 20%. Questo scenario potrebbe essere visto come un punto di partenza di una strategia più ampia e che preveda necessariamente dei contributi da quartieri limitrofi e con una disponibilità di spazio utilizzabile (senza vincoli normativi e paesaggistici) maggiore e quindi una produzione energetica da FER a disposizione per essere condivisa con il quartiere Testaccio.

Questi valori di produzione da FER sono troppo bassi per rappresentare un punto di arrivo di una strategia completa di abbattimento delle emissioni del quartiere, tuttavia, è comunque un ottimo punto di partenza realizzabile in relativamente poco tempo e può rappresentare una valida indicazione per le amministrazioni per capire dove concentrare gli sforzi (come è stato ad esempio per i vari incentivi fiscali nazionali sull'efficientamento energetico degli edifici). Inoltre, si evidenzia chiaramente come le aree pubbliche, già a disposizione della PA, possano rappresentare un punto iniziale di esempio ed enzima per un processo di auto sviluppo del quartiere verso le direzioni sopra citate.

3.2. ENERGIA - BALDUINA

Di seguito si procede, come per Testaccio con l'esposizione dei dati trovati per i vari Scenari:

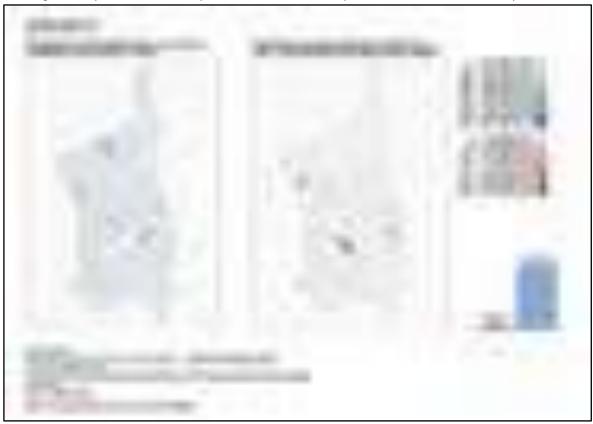




Figura 16 - Scenario 01 e 02 - Balduina

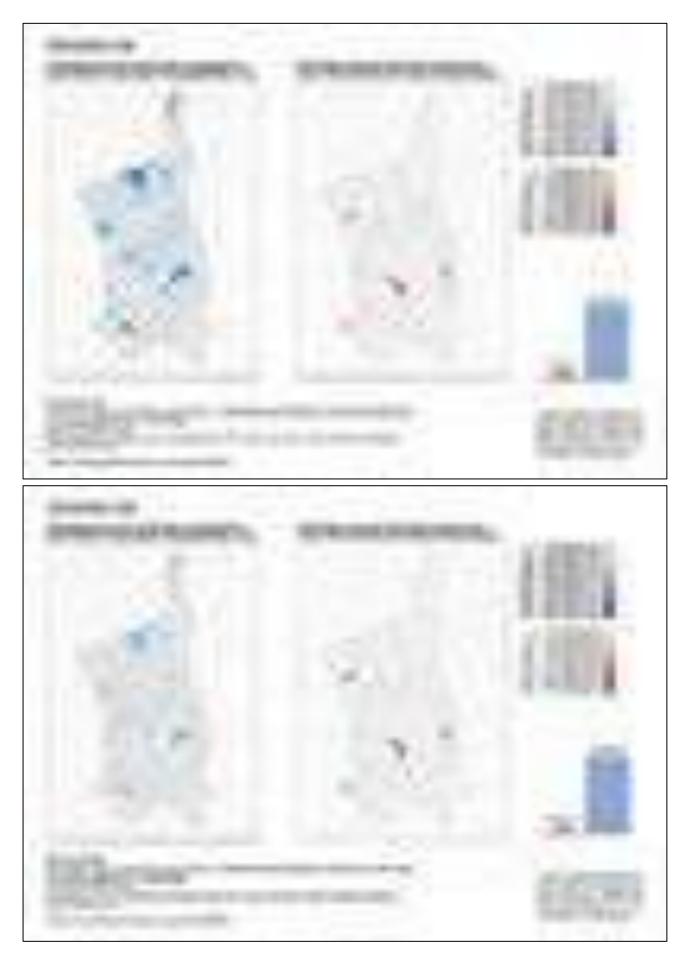


Figura 17 - Scenario 03a e 03b - Balduina

3.3. ENERGIA - TOR BELLA MONACA

Per quanto riguarda Tor Bella Monaca sono state eseguite, ad ora, solo le simulazioni del quartiere senza esaminare i dati. Si riportano le mappe di questo lavoro:

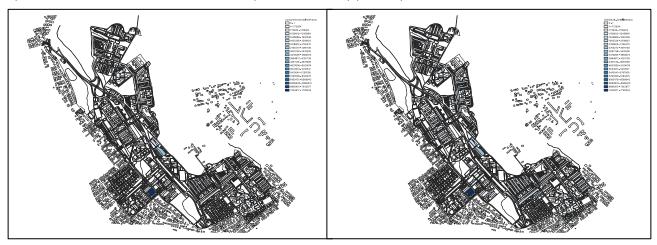


Figura 18 - Consumi Tor Bella Monaca: a) Attuali solo elettrici; b) Attuali elettrici + termici con PDC

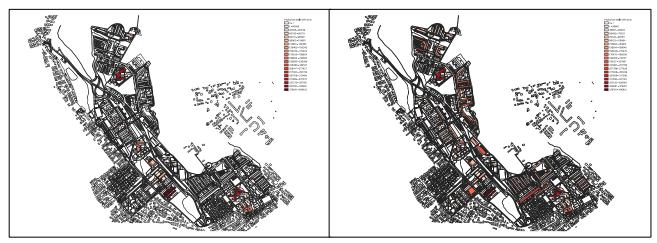


Figura 19 - Produzione Tor Bella Monaca: a) Solo tetti edifici pubblici; b) Tutti i tetti del quartiere

3.4. SERVIZI ECOSISTEMICI - TESTACCIO

Il versante di ricerca su *Spazi di Prossimità* e *Servizi Ecosistemici* è concettualmente articolato in tre fasi:

- La prima fase è stata dedicata alla definizione di alcuni riferimenti propedeutici, ed in particolare della *Tassonomia degli Spazi di Prossimità* (ovvero la classificazione tipologica dei luoghi fisici della città potenzialmente utili per l'incremento dei SE), della *Tassonomia dei Servizi Ecosistemici* suscettibili di essere rafforzati in ambito urbano ed infine della *Matrice di Correlazione* tra i due insiemi, che indica quali *Servizi Ecosistemici* possono essere ragionevolmente collocati o rafforzati nelle diverse tipologie di *Spazi di Prossimità*. Sotto il profilo spaziale, l'applicazione della *Tassonomia degli Spazi di Prossimità* alle aree di studio selezionate (cinque tessuti urbani espressivi della molteplicità delle forme insediative di Roma; Testaccio, Balduina, Prima Porta, Tor Bella Monaca, Mazzini) ha condotto alla redazione per ciascun tessuto della *Mappa delle Opportunità*, espressiva della attuale consistenza e distribuzione delle differenti tipologie degli SP.
- La seconda fase ha avuto come focus la costruzione per ciascuno degli ambiti di studio

 sia di uno Scenario Baseline espressiva dell'attuale erogazione di SE sia di due
 differenti Scenari evolutivi, denominati rispettivamente Cooling Capacity Rafforzata
 (Scenario 1) e Multifunzionalità dei Servizi Ecosistemici (Scenario 2). Questa Fase è stata

- ispirata ai metodi utilizzati in una recente ricerca sviluppata dalla Università di Trento, ripercorrendone e in qualche misura innovandone i differenti passaggi.
- La Terza Fase è stata sviluppata congiuntamente con altre due linee di ricerca ed è attualmente in definizione essendo quella conclusiva.

3.4.1. FASE 1 - TASSONOMIA DEGLI SPAZI APERTI DI PROSSIMITÀ

La prima fase consiste nell'identificazione delle potenzialità dello stato attuale e quindi dell'identificazione degli spazi aperti di prossimità (identificati nel par. 2.9). Questi sono i luoghi dell'intervento, ossia gli spazi a disposizione da utilizzare per i SE.

La persistenza e il possibile incremento dei SE erogabili dalla Natura negli SP debbono necessariamente essere alimentati da loro generatori⁵, intesi come specifici assetti dello spazio fisico (e di conseguenza biologico) - esistente o da realizzare con determinati interventi che possono essere letti sotto molteplici angolature: come consistenza o rafforzamento delle Green and Blue Infrastructures, come incremento della varietà dei SE classificati nel Millennium Ecosystem Assessment, come applicazione del Green Soil Recycling, come dispositivi ispirati alle Nature Based Solutions, come tassello di un più ampio Biodiversity Plan, come applicazione del paradigma operativo del Biotope Area Factor e dei Green Points.

Per sistematizzare in maniera unitaria il novero dei SE potenzialmente erogabili negli SP si è ritenuto utile adottare l'articolazione proposta da Vallecillo et al. (2016)⁶ che distingue tra:

- Nature4Nature: i generatori di questa tipologia erogano SE suscettibili incrementare la qualità della natura in sé, e consistono quindi sia in spazi naturali o seminaturali esistenti ma anche ampliabili sia attraverso l'Incremento della vegetazione arborea in senso lato, sia in formazioni di determinate essenze in grado di supportare la vita selvatica, ad esempio piccoli alberi da frutta per l'alimentazione di uccelli oppure arbusti costituenti quelli che vengono chiamati ristoranti per le farfalle, utili anche per un ampio novero di insetti, compresi gli impollinatori. Questo secondo insieme viene di seguito denominato Facilities per la vita selvatica; appartengono concettualmente a questa tipologia anche gli interventi minimi (ma non per questo meno importanti) riferibili ai Green Points (ad esempio bird boxes, bat boxes, terrazzi fioriti, etc.) che tuttavia non si è ritenuto utile considerare in quanto di ridottissime dimensioni, sostanzialmente ubiquitari e quindi non apprezzabili (computabili) alla scala di applicazione della ricerca;
- Nature4People: che ricomprende generatori dei SE inerenti il Provisioning,⁷ ad esempio gli Orti urbani, oppure la Regulation, ad esempio i Percorsi e le isole fresche (in sostanza si tratta dei SE di raffrescamento assicurati dalle alberature in sedimi stradali o in altri sedimi dedicati alla mobilità) ed interventi ispirati al paradigma delle Nature Based Solutions quali swales, retention basin e green roofs⁸ (interventi di regolazione del ciclo delle acque tipici dell'adattamento climatico urbano). Appartengono infine a Nature4People i Cultural services quali Parchi e giardini pubblici (anche arricchiti da

⁵ La nozione di *generatore di Servizi Ecosistemici* intende evidenziare come l'erogazione di un dato *Servizio* Ecosistemico sia conseguente a determinati assetti dello spazio fisico, esistenti o da realizzare. Un orto urbano, per fare un esempio, non è un Servizio Ecosistemico in sé, bensì un particolare uso del suolo in grado di erogare Servizi Ecosistemici inerenti il provisioning (secondo la classificazione del Millennium Ecosystem Assessment). Nell'economia del presente discorso, nello Scenario Baseline (Cfr. successivo) si farà riferimento ai Servizi Ecosistemici erogati da generatori esistenti, mentre negli Scenari verrà ipotizzata la realizzazione - attraverso specifici interventi - di nuovi generatori suscettibili di rafforzare o ampliare l'erogazione di Servizi Ecosistemici.

⁶ Vallecillo, S. et al. (2016). Synergies and conflicts between the delivery of different ES and biodiversity conservation: Spatial planning for investment in green infrastructure and ecosystem restoration across the EU. OpenNESS D3.3

⁷ Ci si riferisce al Millennium Ecosystem Assessment

⁸ Farebbero parte di questo novero anche dispositivi per la raccolta e il riutilizzo delle acque piovane cadute sui tetti di singoli edifici, che sono state per semplicità tralasciati data la loro dimensione ridotta, puntuale e sostanzialmente ubiquitaria.

- sentieri natura per una loro fruizione dinamica e consapevole), Aree di gioco per i bambini/aule natura per l'educazione ambientale e le Aree archeologiche fruibili;
- <u>Nature4Restore</u>: che ricomprende gli interventi finalizzati alla ricostituzione di habitat naturali in contesti degradati, sottoutilizzati, impermeabilizzati (senza usi connessi) o inquinati (*Habitat restoration*).

Le tre fattispecie ora descritte vengono assunte per chiarezza espositiva, pur nella consapevolezza che - come quasi tutte le classificazioni di elementi complessi - nascondono fisiologici trade-off, in quanto i SE generati possono risultare in molti casi trasversali; ad esempio le alberature finalizzate alla creazione di percorsi freschi (Nature4People) hanno effetti positivi anche per la biodiversità (Nature4Nature), così come interventi ispirati alle Nature Based Solutions (sempre Nature4People) possono, a secondo del luogo in cui vengono realizzati, essere configurati come interventi di habitat restoration (Nature4Restore).

La Tassonomia degli Spazi di Prossimità e quella dei generatori di SE sono state utilizzate per alimentare una Matrice di Correlazione, indispensabile per tener conto del fatto che le caratteristiche peculiari di ciascuno dei generatori rendono possibile (o comunque ragionevole in termini di costi ed efficacia) la loro presenza e soprattutto rafforzamento in determinati SP e non in altri.

La matrice di correlazione, in questo senso, evidenzia per ciascun potenziale generatore di SE la sua collocazione fisiologica in ciascuno SP; la matrice ha ovviamente svolto un ruolo fondamentale nella costruzione degli Scenari di cui si tratterà nel successivo Par.

											AZI DI F	PROSSIN	ΛΙΤΑ'								
							SPAZ	I APERT	I DI QUART	TIERE							SEDIM	ISTRAE	ALI		
			VERDE PUBBLICO/PIAZZE	AIUOLE SPARTITRAFFICO	GIARDINI PRIVATI	GIARDINI CONDOMINIALI	CHIOSTRINE	AREE ARCHEOLOGICHE	SPAZI APERTI SERVIZI PUBBLICI	SPAZI APERTI SERVIZI ATTIVITA' PRIVATE	ORTI URBANI	AREE RELITTE	VEGETAZIONE RIPARIALE	TETTI PIANI	MARCIAPIEDE	PISTA CICLABILE	STRADA LOCALE	STRADA PRINCIPALE	STRADA INTERQUARTIERE	PARCHEGGIO PUBBLICO	PARCHEGGIO PRIVATO
	NATURE4NATURE	INCREMENTO ALBERATURE	Х	х	х	х			х	х		х	х		х	Х	х	x	х	х	х
	NATURE4NATURE	FACILITIES VITA SELVATICA	х	х	х	х			х	х	х	х	х							х	х
		ORTI URBANI	х						х		х	х									
		PERCORSI/ISOLE FRESCHE	х						х						х		х	x	х	х	х
GENERATORI DI		SWALES	х	х		х			х	х	х	х								х	х
SERVIZI	NATURE4PEOPLE	RETENTION BASINS	х																		
ECOSISTEMICI	WATORE4FEOFEE	GREEN ROOFS												x							
		PARCHI PUBBLICI	х									х									
		AREE GIOCO BAMBINI	х									х									
		AREE ARCHEOLOGICHE FRUIBILI						x													
	NATURE4RESTORE	HABITAT RESTORATION										х	х								

Figura 20 - Matrice di correlazione - Testaccio

3.4.2. FASE 2 - SCENARI

a. Scenario Baseline

Lo *Scenario Baseline* intende misurare – come già detto in ciascuna area di studio - la capacità degli attuali spazi di prossimità di erogare SE; una misurazione quantitativa per il SE della *Cooling Capacity*, qualitativa (presenza/assenza) per gli altri SE.

Alla *Mappa della Cooling Capacity Baseline* si è pervenuti operando tre passaggi in sequenza:

- Attribuzione, a ciascun poligono della *Mappa delle Opportunità*, della percentuale attuale di copertura arborea (*Tree canopy coverage*), stimata attraverso fotointerpretazione speditiva e ricondotta a cinque classi di copertura (in progressione 1-20%, 20-40%, 40-60%, 60-80%, 80-100%), ottenendo in tal modo la *Mappa dello Shading Assessment* esemplificata, per l'area di studio di Testaccio. Alle superfici di copertura dell'edificato è stato attribuito il valore 0;
- Attribuzione, sempre a ciascun poligono della *Mappa delle Opportunità*, di una delle cinque classi di copertura del suolo considerate [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10] [11] [12] *sealed, bare soil, heterogeneous, grass, water* al fine di tener conto (in maniera proxy) della componente di evotraspirazione (*evotranspiration assessment*) in quanto potenzialmente rafforzativa in maniera

- crescente nell'ordine delle cinque classi ora proposto (esclusa water) della *Cooling capacity* generata dalla *Tree canopy coverage*. Questa operazione ha condotto alla redazione della *Mappa del Soil Cover Baseline*
- Integrazione tra le due precedenti *Mappe* ottenuta attribuendo a ciascun poligono un valore derivante dalla combinazione tra la sua classe di *Tree canopy coverage* e la sua classe di *Soil cover*. I valori attribuiti a ciascun poligono sono stati derivati da una tabella elaborata anch'essa da una precedente ricerca⁹, assumendo come riferimenti quelli inerenti la Regione Mediterranea e, considerando la frammentazione delle aree di studio, quelli previsti per i poligoni di superficie unitaria inferiore ai 2 ha. Questa operazione ha determinato la *Mappa della Cooling Capacity*

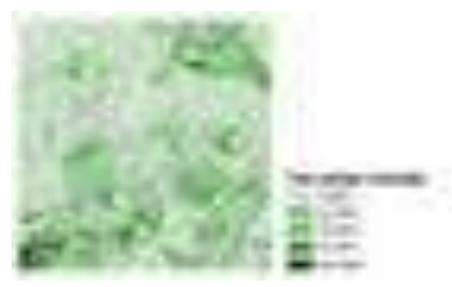


Figura 21 - Tree canopy coverage - Amsterdam

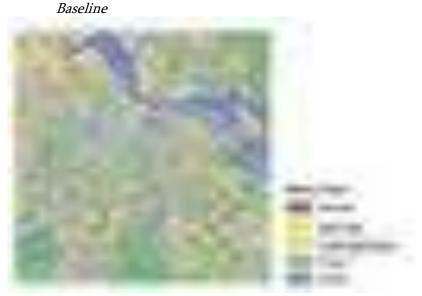


Figura 22 - Soil cover - Amsterdam

-

⁹ Zardo L, Geneletti D, Pérez-Soba M, Van Eupen M (2017) Estimating the cooling capacity of green infrastructures to support urban planning. Ecosyst Serv 26:225–235; sono stati ovviamente utilizzati I valori inerenti la Regione Mediterranea.

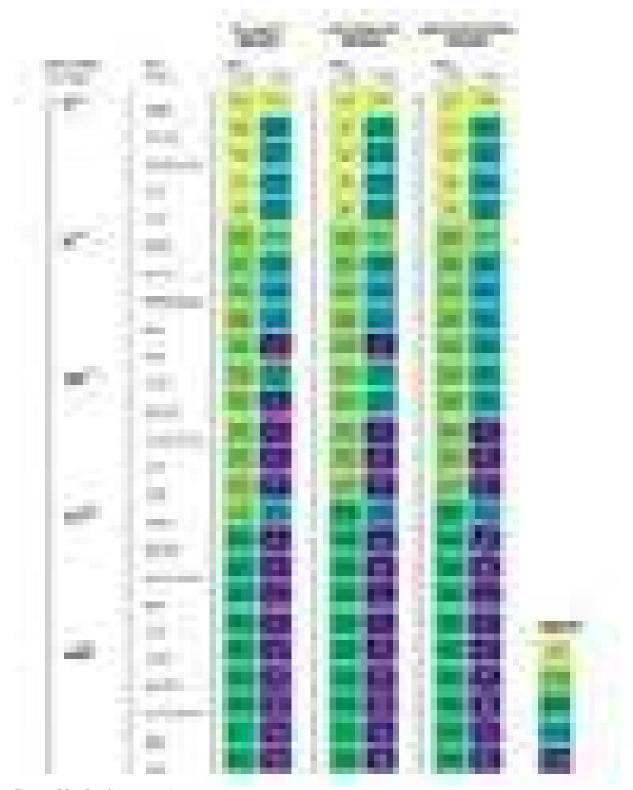


Figura 23 - Cooling capacity

Elaborando i dati ottenuti, si è proceduto alla definizione della *cooling capacity media* dell'area di studio, espressa dalla sommatoria dei valori di *cooling capacity* di ciascun poligono moltiplicati per la sua superficie, sommatoria divisa successivamente per la superficie totale dell'area di studio. Il risultato di questa operazione ha consentito di valutare il potenziale contributo dello *Scenario Baseline* alla attenuazione dei picchi di calore, sulla base di parametri indicati dalla già citata ricerca.

Questo dato è stato ripreso in seguito, utilizzandolo per il confronto con gli altri Scenari.

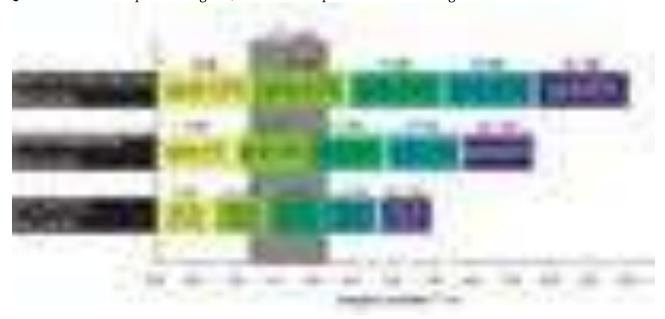


Figura 24 - Potenziale contributo della Canopy coverage nella attenuazione delle temperature urbane (Fonte: Zardo L, Geneletti D, Pérez-Soba M, Van Eupen M (2017) Estimating the cooling capacity of green infrastructures to support urban planning. Ecosyst Serv 2

										SP	AZI DI P	ROSSIN	ΛΙΤΑ'								
							SPAZ	I APERT	I DI QUART	ΓIERE							SEDIM	I STRAD	ALI		
			VERDE PUBBLICO/PIAZZE	AIUOLE SPARTITRAFFICO	GIARDINI PRIVATI	SIARDINI CONDOMINIALI	CHIOSTRINE	AREE ARCHEOLOGICHE	SPAZI APERTI SERVIZI PUBBLICI	SPAZI APERTI SERVIZI ATTIVITA' PRIVATE	ORTI URBANI	AREE RELITTE	VEGETAZIONE RIPARIALE	TETTI PIANI	MARCIAPIEDE	PISTA CICLABILE	STRADA LOCALE	STRADA PRINCIPALE	STRADA INTERQUARTIERE	PARCHEGGIO PUBBLICO	PARCHEGGIO PRIVATO
		INCREMENTO ALBERATURE																			
	NATURE4NATURE	FACILITIES VITA SELVATICA																			
		ORTI URBANI																			
		PERCORSI/ISOLE FRESCHE																Х			
GENERATORI DI		SWALES																			
SERVIZI	NATURE4PEOPLE	RETENTION BASINS																			
ECOSISTEMICI	NATURE4PEOPLE	GREEN ROOFS																			
		PARCHI PUBBLICI	Х																		
		AREE GIOCO BAMBINI	Х																		
		AREE ARCHEOLOGICHE FRUIBILI						Х													
	NATURE4RESTORE	HABITAT RESTORATION																			

Figura 25 - Matrice correlazioni - Testaccio Baseline

b. <u>Scenario 01 - Cooling capcity rafforzata</u>

Lo Scenario 1 è stato costruito utilizzando gli spazi offerti dalla Mappa delle Opportunità ed ipotizzando, rispetto allo Scenario Baseline, l'incremento più ampio possibile (nei limiti della ragionevolezza, pur trattandosi comunque di uno Scenario in qualche modo estremo¹⁰) della Tree Canopy Coverage. In parallelo, e sempre nei limiti della ragionevolezza, si è operato per migliorare delle caratteristiche di evotraspirazione delle coperture del suolo, ad esempio eliminando superfici sealed e sostituendole a seconda dei casi con le classi bare soil, heterogeneus oppure, ove possibile, con grass.

Pur comportando esiti anche radicalmente differenti nelle cinque aree di studio, i criteri utilizzati per la definizione dello *Scenario 1* sono stati i medesimi, così riassumibili:

- Un deciso rafforzamento delle alberature lungo tutte le tipologie di sedimi stradali, nelle aree verdi pubbliche e nelle piazze nonché nelle aiuole spartitraffico, applicando un tree canopy coverage di 60-80% e ove possibile 80-100%;
- Un analogo rafforzamento delle alberature nelle aree di parcheggio (pubblico o privato) oggi scoperte, che acquisiranno un *canopy coverage* di 60-80%;
- Negli spazi di pertinenza dei servizi pubblici il canopy è stato portato al 60-80%
- L'incremento della copertura vegetale ed arbustiva nei cortili condominiali è stato portato fino alla classe di copertura 40-60%, e negli spazi di pertinenza dei servizi privati, nonché delle attività produttive, fino alla classe 20-40%;
- Si è ipotizzata la realizzazione di *green roof* nella totalità dei tetti piani degli edifici (il soil cover diviene di conseguenza grass; la tree canopy coverage 1-20%);
- Il desealing viene esteso a tutte le aree relitte, inutilizzate o sottoutilizzate censite come sealed nella Mappa del Soil Cover Baseline, e viene prevista la loro piantumazione intensiva (il soil cover passa da seal a grass; la tree canopy coverage attinge la quota 80-100%)

Su queste basi, con la metodologia descritta per lo *Scenario Baseline*, è stata calcolata la *Cooling Capacity Rafforzata*.

Analogamente a quanto operato per lo Scenario Baseline, è stata popolata la Matrice di Correlazione, espressiva della presenza/assenza dei Servizi Ecosistemici erogati nello Scenario 1.

											AZI DI F	ROSSIN	ита'									
							SPAZ	TAPERT	I DI QUART	IEKE							SEDIM	ISIKAL	STRADALI			
			/ERDE PUBBLICO/PIAZZE	AIUOLE SPARTITRAFFICO	GIARDINI PRIVATI	SIARDINI CONDOMINIALI	CHIOSTRINE	AREE ARCHEOLOGICHE	SPAZI APERTI SERVIZI PUBBLICI	SPAZI APERTI SERVIZI ATTIVITA' PRIVATE	ORTI URBANI	AREE RELITTE	VEGETAZIONE RIPARIALE	FETTI PIANI	VIARCIAPIEDE	PISTA CICLABILE	STRADA LOCALE	STRADA PRINCIPALE	STRADA INTERQUARTIERE	PARCHEGGIO PUBBLICO	PARCHEGGIO PRIVATO	
	NATUREANATURE	INCREMENTO ALBERATURE	Х	Х					Х	Х		Х			х	Х		Х	Х	Χ	Х	
	NATURE4NATURE	FACILITIES VITA SELVATICA																				
		ORTI URBANI																				
		PERCORSI/ISOLE FRESCHE	Х												Х	Х	Х	Х	Х	Х	Х	
GENERATORI DI		SWALES																				
SERVIZI	NATURE4PEOPLE	RETENTION BASINS																				
ECOSISTEMICI	NATURE4PEOPLE	GREEN ROOFS												Х								
		PARCHI PUBBLICI	Х																			
		AREE GIOCO BAMBINI	Х																			
		AREE ARCHEOLOGICHE FRUIBILI				ĺ		X														
	NATURE4RESTORE	HABITAT RESTORATION																				

Figura 26 - Matrice correlazioni - Testaccio Scenario 01

_

¹⁰ La logica sottesa al confronto è quella dei cosiddetti *scenari contrastati*.

c. Lo Scenario 2: Multifunzionalità dei Servizi Ecosistemici

Lo Scenario Multifunzionalità dei SE propone un approccio progettuale che, sempre con riferimento alla Mappa delle Opportunità, punta contestualmente sia ad un deciso incremento della Tree Canopy Coverage, sia alla introduzione - sempre osservando i criteri di ragionevolezza richiamati in precedenza - di SE oggi assenti, o presenti in maniera molto limitata, negli Scenari Baseline di ciascuna area di studio.

Lo Scenario Multifunzionalità è stato costruito quindi proponendo:

- Un deciso rafforzamento delle alberature lungo tutte le tipologie di sedimi stradali, nelle aree verdi pubbliche e nelle piazze nonché nelle aiuole spartitraffico, applicando un tree canopy coverage di 80-100% (SE rafforzati o introdotti: alberature, percorsi freschi);
- Un analogo rafforzamento delle alberature nelle aree di parcheggio (pubblico o privato) oggi scoperte, che acquisiranno un *canopy coverage* di 60-80%; (SE rafforzati o introdotti: *alberature*, *percorsi freschi*)
- Negli spazi di pertinenza dei servizi pubblici il *canopy* è stato portato al 40/60% e sono introdotte *aree gioco bambini* (superficie minima 500 mq.; *tree canopy cover* 20-40%) oppure *orti urbani* (superficie minima 1.000 mq. *tree canopy cover* 20-40%;)
- L'incremento della copertura vegetale ed arbustiva nei cortili condominiali è stato portato fino alla classe di copertura 40-60% attraverso la piantumazione di facilities per la vita selvatica e la realizzazione di swales per il drenaggio delle acque provenienti dalle coperture e/o dalle pavimentazioni impermeabili; analogo trattamento viene proposto negli spazi di pertinenza dei servizi privati, nonché delle attività produttive, fino alla classe 20-40%;
- La realizzazione di *green roof* nella totalità dei tetti piani degli edifici (il *soil cover* diviene di conseguenza *grass*; la *tree canopy coverage* 1-20%);
- Il desealing viene esteso a tutte le aree relitte, inutilizzate o sottoutilizzate censite come sealed nella Mappa del Soil Cover Baseline e viene prevista in tutto od in parte, in funzione della loro estensione la realizzazione di parchi e giardini pubblici (minimo 1.000 mq.; il Soil cover passa da seal a grass; la Tree canopy coverage attinge la quota 60-80%) e/o la realizzazione di retention basin per lo stoccaggio di acque piovane (minimo 300 mq.; il soil cover passa da seal a grass; la tree canopy coverage attinge la quota 40-60%) e/o orti urbani (superficie minima 1000 mq.; il soil cover passa da seal a grass; la tree canopy coverage attinge la quota 20-40%);
- Interventi di *habitat restoration* (con estensione delle formazioni arboree e/o arbustive eventualmente già presenti) delle aree di vegetazione ripariale (*Tree canopy coverage* 80/100%);
- L'incremento della fruibilità delle aree archeologiche (senza aumentarne l'attuale Tree canopy coverage).

Su queste basi, con la metodologia già descritta per lo *Scenario Baseline* ed utilizzata nello *Scenario 1*, è stata calcolata la *Cooling Capacity* dello *Scenario 2*.

È stata quindi popolata la Matrice di Correlazione (Fig. 2.18.), espressiva della presenza/assenza dei SE erogati nello Scenario 2.

										SP	Δ71 DI P	ROSSIN	ΛΙΤΔ'								
							SPAZ	I APERT	I DI QUART		ALI DI I	ICO33IIC	IIIA				SEDIM	STRAE	ALI		
			VERDE PUBBLICO/PIAZZE	AIUOLE SPARTITRAFFICO	GIARDINI PRIVATI	GIARDINI CONDOMINIALI	CHIOSTRINE	AREE ARCHEOLOGICHE	SPAZI APERTI SERVIZI PUBBLICI	SPAZI APERTI SERVIZI ATTIVITA' PRIVATE	ORTI URBANI	AREE RELITTE	VEGETAZIONE RIPARIALE	FETTI PIANI	WARCIAPIEDE	PISTA CICLABILE	STRADA LOCALE	STRADA PRINCIPALE	STRADA INTERQUARTIERE	PARCHEGGIO PUBBLICO	PARCHEGGIO PRIVATO
		INCREMENTO ALBERATURE	_	X					Х	х		X			X	x		X		Х	X
	NATURE4NATURE	FACILITIES VITA SELVATICA				x			х			х									
		ORTI URBANI							х												
		PERCORSI/ISOLE FRESCHE	Х												Х	Х	Х	X	Х	Х	Х
GENERATORI DI		SWALES		х					x	х										L	
SERVIZI	NATURE4PEOPLE	RETENTION BASINS										x								L	
ECOSISTEMICI	NATORE4FEOFEE	GREEN ROOFS												Х						L	
		PARCHI PUBBLICI	Х						x												
		AREE GIOCO BAMBINI	Х						х												
		AREE ARCHEOLOGICHE FRUIBILI						Х													
	NATURE4RESTORE	HABITAT RESTORATION										x	x								

Figura 27 - Matrice correlazioni - Testaccio Scenario 02

3.5. MOBILITÀ/ACCESSIBILITÀ - PRIMA PORTA

Per quanto riguarda la Mobilità/Accessibilità è stato necessariamente dovuto effettuare un DownScaling. Infatti, la quantità di informazioni necessarie a delineare questa macroarea ha necessariamente imposto un cambio di scala. Di seguito si riportano le are scelte per questo downscaling di quartiere:



Per il quartiere Prima Porta (da esportare a tutti gli altri) è stata fatta un'analisi puntuale al fine di identificare lo stato attuale del quartiere dal punto di vista del rapporto costruito/non costruito e delle disponibilità per abitante di tutti quei servizi e spazi riconducibili appunto alla mobilità e accessibilità:

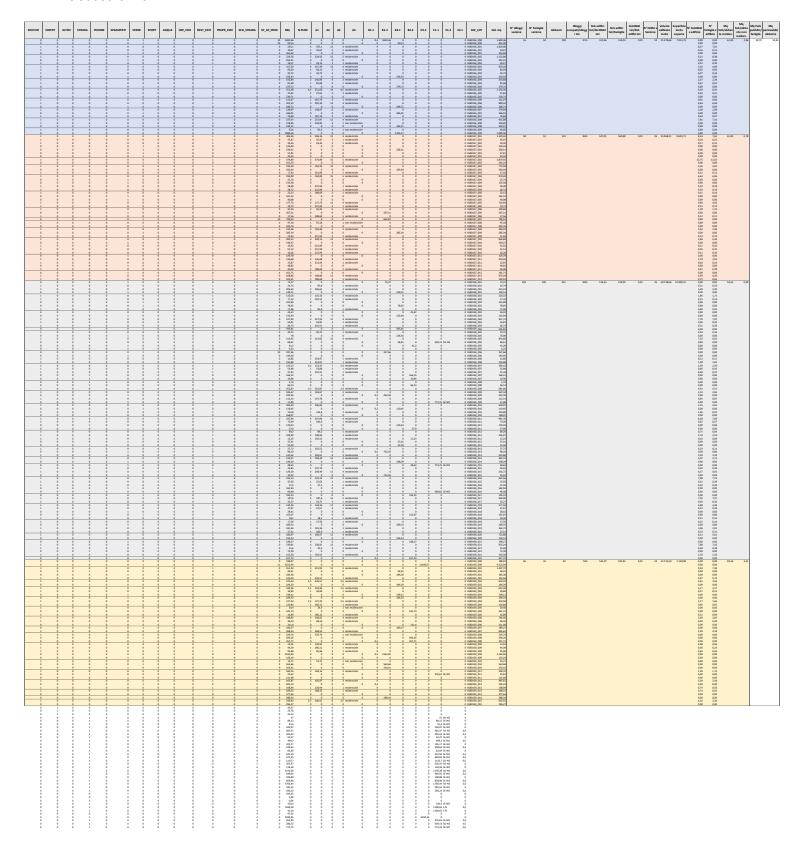


Figura 28 - Tabella totale Prima Porta

Sezione	N° Alloggi sezione	N° Famiglie sezione		Alloggi occupati/ alloggi tot	SUL edifici tot/ALLOGGI tot	SUL edifici tot/Famiglie	tot/SIII	N° Edifici x Sezione	Volume edificato lordo	Superficie lorda coperta		SUL/abitante	Mq Park pubblici/ famiglia	Mq permeabili/ abitante
156	55,00	50,00	109,00	91%	121,86	134,05	0,01	18,00	21.478,66	7.013,79	61,49	2,86		
157	58,00	53,00	124,00	86%	147,01	160,88	0,01	26,00	25.968,31	8.623,71	61,49	0,78	18.79	14,85
158	109,00	100,00	241,00	88%	118,35	129,00	0,01	45,00	38.738,06	12.900,15	53,53	0,00	10,79	14,03
159	46,00	35,00	81,00	76%	146,79	192,92	0,01	22,00	22.176,50	7.120,98	83,36	4,55		

Figura 29 - Tabella Prima Porta dettaglio dati

4. OUTPUT

Nell'anno di lavoro svolto sono state prodotte delle pubblicazioni (alcune in fase di pubblicazione). Si riporta di seguito l'elenco delle pubblicazioni svolte e in corso:

- "Tecnologie e spazi di prossimità: strumenti per scelte consapevoli nella transizione ecologica" Paola Marrone, Ilaria Montella, Federico Fiume. In pubblicazione rivista cartacea Techne n. 25
- "Città e Comunità Energetiche Rinnovabili: gli spazi di prossimità a supporto dei sistemi energetici decentrati" Paola Marrone, Ilaria Montella, Federico Fiume, Roberto D'Autilia. Contributo convegno pubblicato convegno GSINU XIII
- "Distributed energy systems: constraints and opportunities in urban environments" Paola Marrone, Federico Fiume, Antonino Laudani, Ilaria Montella, Martina Palermo, Francesco Riganti Fulginei. Paper approvato per la rivista scientifica Energies
- "Architettura per la condivisione energetica. Sperimentazione sulle Comunità Energetiche Rinnovabili verso la cultura del risparmio" Francesco Asdrubali, Paolo Civiero, Federico Fiume, Dante Maria Gandola, Antonino Laudani, Paola Marrone, Ilaria Montella, Martina Palermo, Alberto Raimondi, Francesco Riganti Fulginei. Contributo convegno in elaborazione convegno CIRIAF XXIII

Oltre alle pubblicazioni è stata svolta in collaborazione con A.T.E.R. Civitavecchia una DUT call Europea: "Urban simulation tools to foster developement of PEDS and reinforce decision-making processes" cordinata da Istitute for Energy Research Catalonia (IREC). La pre proposal è stata accettata ed è in lavorazione la final proposal da consegnare entro maggio 2023.

BIBLIOGRAFIA

- [1] T. M. T. H. Marc Gallet, «Estimation of the energy demand of electric buses based on real-world data T for large-scale public transport networks,» *Applied Energy*, vol. 230, pp. 344-356, 2018.
- [2] C. I. K. K. Dionysios Tzamakos, «Electric bus charging station location optimization considering queues,» *International Journal of Transportation Science and Technology In press*.
- [3] A. R. Alonzo Sierra, «Designing innovative solutions for solar-powered electric mobility applications,» *Prog Photovolt Res Appl.*, vol. 29, p. 802-818, 2021.
- [4] A. Caputo, «Fattori di emissione atmosferica di gas a effetto serra nel settore elettrico nazionale e nei principali paesei Europei,» ISPRA, 2020.
- [5] Q. W. S. J. J. Z. J. W. G. H. H. L. Y. Z. L. W. Y. Z. Yong Zhao, «Irrigation water and energy saving in well irrigation district from a water-energy nexus perspective,» *Journal of Cleaner Production 267 (2020) 122058*, vol. 267, p. 122058, 2020.
- [6] «A new optimization approach for the use of hybrid renewable systems in the search of the zero net energy consumption in water irrigation systems,» *Renewable Energy*, vol. 195, pp. 853-871, 2022.
- [7] K. M. E. K. M. O. H. P. E. M. Nea Teerioja, «Pneumatic vs. door-to-door waste collection systems in existing urban areas: a comparison of economic performance,» *Waste Management*, vol. 32, p. 1782-1791, 2012.
- [8] E. M. N. T. K. M. E. K. Henna Punkkinen, «Environmental sustainability comparison of a hypothetical pneumatic waste collection system and a door-to-door system,» *Waste Management*, vol. 32, p. 1775–1781, 2012.
- [9] J. S. C. K. Benjamin Miller, «Costs and benefits of pneumatic collection in three specific New York City cases,» *Waste Management*, vol. 34, p. 1957-1966, 2014.
- [10] S. O.-L. M. M. J. L. A. B. P. F. M. R. A. I. R. A. Isabel Garcia-Herrero, «Life Cycle Energy Assessment of Pneumatic Waste Collection Static Systems: A Case Study of Energy Balance for Decision-Making Process,» *Chemical Engineering Transactions*, vol. 70, pp. 1699-1704, 2018.
- [11] C.-Y. C. Y.-C. C. Bwo-Ren Ke, «Minimizing the costs of constructing an all plug-in electric bus transportation system: A case study in Penghu,» *Applied Energy*, vol. 177, p. 649-660, 2016.
- [12] X. L. Y. O. S. K. F. Ran Wei, «Optimizing the spatio-temporal deployment of battery electric bus system,» *Journal of Transport Geography*, vol. 68, p. 160-168, 2018.
- [13] MISE; MATTM; MIT, «Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima,» 2019.
- [14] ENEA, «L'etichetta energetica per i climatizzatori dell'aria,» 15 maggio 2019. [Online]. Available: https://www.efficienzaenergetica.enea.it/servizi-per/cittadini/interventi-diefficienza-e-risparmio-energetico-nelle-abitazioni/etichetta-energetica/etichetta-energetica-apparecchi/l-etichetta-energetica-per-i-climatizzatori-dell-aria.html. [Consultato il giorno 05 novembre 2022].
- [15] C. C. L. Z. B. A. E. Davide Geneletti, Planning for Ecosystem Services in Cities, Cham, Switzerland: Springer Open.