

JOURNAL of SUSTAINABLE DESIGN

Eco Web Town

Rivista semestrale on line | Online Six-monthly Journal ISSN 2039-2656

Edizione Spin Off SUT - Sustainable Urban Transformation

#27



EWT/EcoWebTown

Rivista semestrale on line | Online Six-monthly Journal

Rivista scientifica accreditata ANVUR

ISSN: 2039-2656

Edizione Spin Off SUT - Sustainable Urban Transformation
Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara
Registrazione Tribunale di Pescara n° 9/2011 del 07/04/2011

Direttore scientifico/Scientific Director

Alberto Clementi

Comitato scientifico/Scientific committee

Pepe Barbieri, Paolo Desideri, Gaetano Fontana,
Mario Losasso, Anna Laura Palazzo, Franco Purini,
Mosè Ricci, Michelangelo Russo, Fabrizio Tucci

Comitato editoriale/Editorial committee

Tiziana Casaburi, Marica Castigliano, Claudia Di Girolamo,
Monica Manicone, Maria Pone, Domenico Potenza,
Ester Zazzero

Caporedattore/Managing editor

Filippo Angelucci

Segretaria di redazione/Editorial assistant

Claudia Di Girolamo

Coordinatore redazionale/Editorial coordinator

Ester Zazzero

Web master

Giuseppe Marino

Traduzioni/Translations

Tom Kruse

#27

I/2023

http://www.ecowebtown.it/n_27/

INDICE

- 1 Un nuovo riformismo urbanistico. È possibile? | Alberto Clementi
- RIFLESSIONI**
- 5 Le esperienze urbanistiche sono cambiate, ma restano incerte implicazioni e conseguenze del mutamento | Pier Carlo Palermo
- DOSSIER. Bologna, piano progetti e politiche**
a cura di Patrizia Gabellini e Martina Massari
- 15 Condizioni e piano urbanistico: la questione della continuità | Patrizia Gabellini
- 21 Dal Piano al progetto dello spazio pubblico: l'Impronta Verde e la Città 30 | Valentina Orioli
- 28 Il "Parco della Luna" di Bologna. Il nuovo Parco Nord, un bosco per la città | G. Ginocchini,
M. Lanteri Cravet
- 34 Il complesso di Villa Aldini nel quadro della rigenerazione dell'area sud di Bologna | M. Faustini Fustini,
F. Legnani
- 40 La via della conoscenza come infrastruttura portante della Città della conoscenza | F. Betta, R. Corbia,
C. Girotti
- 48 Intervista a Raffaele Laudani | Patrizia Gabellini
- 56 La spinta dell'emergenza pandemica verso una nuova mobilità scolastica | C. Girotti, C. Magrini,
L. Tedeschi, A. Bettini
- 62 Piani e progetti per la rigenerazione metropolitana | A. Delpiano, M. Ricci,
S. Bernardi, F. Selmi
- 66 Strategica, tattica e sperimentale: la progettazione europea a Bologna e alcune lezioni apprese | Martina Massari
- 72 L'assemblea cittadina per il clima a Bologna | M. Bigi, M. Milani
- 77 Intervista al Sindaco Matteo Lepore | Patrizia Gabellini
- EVENTI**
- 83 Ferrara slack city: il ruolo dello spazio pubblico per le città di medie dimensioni | Francesco Alberti
- DIECI ANNI DI EWT parte 2**
- 89 Il progetto per la transizione tecnologica | Fabrizio Tucci

>>



>>

**Call for paper:
TRAIETTORIE DI RICERCA INTERDISCIPLINARI
E PROGETTO URBANO**

- | | | |
|------------|---|--|
| 97 | Green city e mitigazione climatica: un modello di intervento progettuale per la riqualificazione energetica e climatica di quartieri ERP a Roma | F. Tucci, C. Dalsasso |
| 115 | Evoluzione progettuale e prospettive sperimentali per una comunità a misura d'uomo | P. Gallo, A. Donato |
| 126 | Attrezzature emergenti per lo spazio urbano. Processi di upcycling per filiere circolari | E. Attaianese, C. Castellano, M.F. Clemente, F. Pagliarola, M. Rigillo |
| 136 | Nature-based solutions, green infrastructure e materiali innovativi per la biodiversità urbana e il cambiamento climatico | R. Romano, R. Bologna, A. Sore |

Green city e mitigazione climatica: un modello di intervento progettuale per la riqualificazione energetica e climatica di quartieri ERP a Roma

Fabrizio Tucci, Caterina Dalsasso

Parole chiave: Simulazione e modellazione; Research through design; Decarbonizzazione; Riqualificazione energetica; Transizione ecologica

Keywords: Simulation and modeling; Research through design; Decarbonization; Energy retrofit; Ecological transition

Abstract:

IT) Il contributo definisce un protocollo per la rigenerazione del patrimonio edilizio residenziale pubblico, attraverso un'indagine approfondita delle possibili strategie di mitigazione climatica e processi di decarbonizzazione. Obiettivo della ricerca è proporre un nuovo modello architettonico, spaziale, funzionale ed energetico. La metodologia, applicata ad un caso studio romano, è il *research through design*. Attraverso la modellazione e simulazione *ex ante / ex post*, definisce modelli progettuali ascari fondati sulla fluidodinamica e ne permette la misurazione dell'efficacia attraverso la quantificazione delle emissioni di CO₂. Risultati attesi sono l'aumento del comfort ambientale, la riduzione del fabbisogno energetico e l'abbattimento delle emissioni di Co₂.

EN) *The paper defines a protocol for the regeneration of the public residential building stock, through an in-depth investigation of possible climate mitigation strategies and decarbonization processes. The objective of the research is to propose a new architectural, spatial, functional and energy model. The methodology, applied to a Roman case study, is the research through design. Through modelling and ex ante / ex post simulation, it defines ascalar design models based on fluid dynamics and allows the measurement of their effectiveness through the quantification of CO₂ emissions. Expected results are increased environmental comfort, reduced energy demand and lower CO₂ emissions.*

L'urgenza di nuove prospettive

Il seguente contributo è incentrato sul ruolo che il processo di retrofit energetico del patrimonio edilizio residenziale pubblico riveste nel favorire lo sviluppo di processi di transizione energetica ed ecologica all'interno di una visione globale, integrata e sostenibile di intervento.

La *National Oceanic and Atmospheric Administration* riporta la soglia raggiunta in termini di Co₂ pari a 421ppm, precisamente il 50% in più rispetto all'epoca preindustriale. A questo proposito, l'attuale crisi energetica, impone un immediato e radicale cambiamento nel modo di fare architettura, con particolare attenzione e sensibilità alla gestione sostenibile delle risorse naturali. Un nuovo approccio diviene imprescindibile in ogni intervento di rigenerazione e nel raggiungimento del giusto comfort per gli occupanti, mediante strategie passive e attive basate sull'impiego di fonti rinnovabili (Tucci, 2018).

La transizione energetica ed ecologica è ormai oggetto delle principali strategie promosse dalle maggiori istituzioni internazionali. Sono numerosissimi i programmi strategici in atto per incentivare la riqualificazione del patrimonio residenziale edilizio pubblico in chiave sostenibile: l'Agenda 2030 adottata dall'Assemblea generale delle Nazioni Unite, il *Green Cities Programme*, l'*European Green Deal* ne sono solo alcuni esempi. In Italia, il PNRR riveste particolare importanza. Inserito all'interno del programma *Next Generation Eu*, intende porsi come obiettivo quello di contrastare i rischi dovuti ai cambiamenti climatici sfruttando al contempo le opportunità offerte dalla tecnologia, e finanziare l'efficientamento del patrimonio edilizio e la gestione della transizione verde e digitale. All'interno di questo complesso scenario le città sono chiamate ad affrontare dunque importantissimi processi di trasformazione urbana: per dare delle risposte credibili è necessario porre al centro del dibattito il cambio di visione generale dai fenomeni di espansione urbana ad interventi rigenerativi sul patrimonio edilizio esistente in cui possano trovare spazio i valori produttivi, civili e ambientali. Grazie ai processi di transizione energetica ed ecologica, il tema del retrofit urbano e architettonico, come anticipato al centro ormai da tempo delle prospettive di governance dei processi di trasformazione, individua la qualità ambientale come valore aggiunto alla trasformazione.

La rigenerazione urbana è un processo fondamentale per lo sviluppo di strategie volte al superamento delle criticità della città contemporanea nell'ottica di un progresso durevole delle condizioni economiche, fisiche, sociali e ambientali. Le strategie e le soluzioni dei numerosi programmi di intervento strategici di cui sopra, non possono prescindere da processi di programmazione e progettazione che includano componenti socioeconomiche: è fondamentale lo sviluppo e la conduzione di attività di comunicazione e partecipazione. Appare ormai infatti acquisito che la gestione di processi complessi, quale quello della trasformazione urbana, richiedono competenze multidisciplinari e l'apporto di contributi di conoscenza da parte di tutti i soggetti coinvolti (Burdett, 2015).

I processi di rigenerazione urbana ed architettonica sono strettamente collegati al concetto di resilienza urbana e ai processi di *retrofit* edilizio per i quali è possibile prefigurare la simulazione dei comportamenti e delle alternative di risposta. È fondamentale comprendere che la necessità di un *retrofit* urbano non deve necessariamente scaturire da esigenze di modifica delle parti fisiche degli edifici, quanto piuttosto - all'interno di un'ottica di profondo rinnovamento - riguardare l'inserimento e l'utilizzo di sistemi energetici da fonti rinnovabili, sistemi di mobilità intelligente, reti di connessione e sistemi di circolarità delle risorse e di raccolta, trattamento e riutilizzo/riciclo degli scarti materiali e liquidi avanzati.

In questo modo si inserisce all'interno della città il tema della quantificazione scientifica prodotta dai risultati dei sistemi di cui sopra, divenendo accessibile l'informazione su elementi, infrastrutture e luoghi della città stessa, che insieme costituiscono il meccanismo gestionale della città. La necessità di oggettivare la strategia di intervento, lavorando attraverso un metodo scientifico, è determinante al fine di comprendere il reale 'funzionamento' della città e, in base a questo, prefigurare gli interventi da realizzare secondo un appropriato coinvolgimento della classe politica e imprenditoriale (Burdett, 2015).

La città sostenibile dunque si rigenera, lasciando intendere che i processi prioritariamente impostati secondo logiche di 'demolizione e ricostruzione' rappresentino ormai un poco praticabile approccio al problema (Losasso, 2015).

All'interno di tale scenario scientifico e culturale, la progettazione tecnologica ambientale deve interfacciarsi con i nuovi limiti imposti dall'architettura e con gli innovativi sviluppi interdisciplinari. La rigenerazione urbana, infatti, richiede attenzioni puntuali a problematiche specifiche e costanti riflessioni su ampie tematiche dibattute all'interno del panorama nazionale e internazionale.

Obiettivo della ricerca condotta da anni dal gruppo diretto dal prof. Tucci nell'ambito della Sapienza Università di Roma¹, di cui un'applicazione fortemente sperimentale è presentata in questo contributo, è quello di proporre, nell'ambito di un approccio che è proprio della Progettazione

Tecnologica Ambientale, un nuovo modello d'intervento *climate-proof*, che coinvolga tutti gli aspetti architettonici, spaziali, funzionali, ambientali, bioclimatici, ecologici ed energetici, dove il progetto di architettura diventi lo strumento per porre all'attenzione di tutti i soggetti coinvolti nel processo - dai committenti, agli amministratori, ai progettisti, agli imprenditori, ai produttori, ai fruitori, agli abitanti - tematiche urgenti e ormai improrogabili.

Il contributo va ad illustrare i risultati ottenuti dall'attività di ricerca con l'intento di definire strategie specifiche per l'utilizzo di sistemi tecnologici, attivi e passivi, bioclimatici ed ecologici, nel processo di rigenerazione e *retrofit* urbano ed architettonico del patrimonio edilizio residenziale pubblico, con l'ausilio della formulazione di modelli predittivi di calcolo dinamici, di supporto al progetto, articolati in: quadro di dati di riferimento; simulazioni sullo stato dell'arte; valutazioni critiche dei risultati ottenuti a seguito della adozione di scenari di intervento, modificando reiteratamente assetto e funzioni in modo da offrire sempre elevate prestazioni rispetto agli obiettivi prefissati e alle strategie poste in atto per raggiungerli (Tucci, Cecafosso, Altamura, & Giampaolletti, 2022).

Metodologia e fasi operative della ricerca

La metodologia adottata come approccio all'indagine scientifica è il *research through design* che impiega la progettazione come strumento di validazione della ricerca. Tale impianto metodologico-applicativo segue una prassi già validata in diverse ricerche nazionali e internazionali incentrate sull'identificazione di scenari di rigenerazione e riqualificazione del patrimonio edilizio residenziale pubblico all'interno di distretti urbani.

La ricerca si è articolata in diverse fasi. Inizialmente sono stati raccolti tutti i dati microclimatici ed i principali fattori ambientali. A seguito di tale operazione, sono state individuate delle macroaree rappresentative del comportamento bioclimatico del distretto romano oggetto di studio attraverso l'osservazione diretta *in situ* e strumenti come *Google Earth*. Successivamente sono state definite le caratteristiche del contesto: materiali, vegetazione e altezze dell'ambiente urbano, successivamente inseriti all'interno del *software* di fluidodinamica *ENVI-met* per la lettura predittiva del microclima. Numerosi parametri ambientali sono emersi dalle simulazioni, quali: temperatura dell'aria, temperatura media radiante, temperatura fisiologica equivalente, velocità del vento, nonché parametri per il calcolo del benessere psicofisico delle persone rispetto all'ambiente in cui vivono. La fase progettuale-sperimentale consiste nell'integrare e verificare strategie e soluzioni bioclimatiche che una volta sottoposte alle simulazioni *post operam* attraverso la realizzazione di un modello progettuale a-scalare fondato su parametri di fluidodinamica, possano dare i risultati supposti e perseguiti. Sulla base dei risultati ottenuti, è stato possibile definire un quadro di riferimento e identificare le soluzioni tecnologiche più adatte per l'intervento di *retrofit* e rigenerazione urbana. Solo a seguito di ciò, sono state sviluppate le soluzioni progettuali che tengono in considerazione l'intero processo di analisi svolto. Infine, i risultati ottenuti hanno reso possibile determinare l'efficacia delle soluzioni adottate e la quantificazione della riduzione delle emissioni di CO₂ derivanti dal complesso sistema che include energia, acqua, rifiuti e mobilità. L'esito atteso dalla ricerca mira all'ottenimento di un maggiore *comfort* ambientale nello spazio *indoor* e *outdoor* nonché all'interno degli spazi intermedi; la riduzione del fabbisogno energetico; l'abbattimento delle emissioni di carbonio. La finalizzazione di questi obiettivi è determinata da una serie di azioni e soluzioni confrontabili, replicabili e misurabili in termini sia di *performance* climatiche che di benessere ambientale.

La sperimentazione sul caso del quartiere ERP Vigne Nuove a Roma

La sperimentazione su un caso studio all'interno del panorama romano evidenzia l'esigenza di agire sul patrimonio edilizio residenziale pubblico prediligendo interventi capaci di restituire benefici concreti sia alla scala architettonica e urbana che a quella socioeconomica.

All'interno dell'ampissimo scenario che coinvolge il patrimonio edilizio pubblico, il contributo intende porre l'attenzione su un caso-studio di notevole rilevanza: il maxi-complesso di Vigne Nuove, realizzato negli anni '70 del secolo scorso, costituito da una pluralità di organismi edilizi distribuiti su una superficie di circa otto ettari. Ubicato tra il quartiere Tufello e Val Melaina in Roma, il Piano di zona di Vigne Nuove, data la sua complessità morfologica, topografica e compositiva, costituisce una grande sfida per il perseguimento degli obiettivi di decarbonizzazione e mitigazione dei cambiamenti climatici. Il progetto di *retrofit* e rigenerazione del quartiere prevede un miglioramento del microclima del luogo attraverso l'aumento e la valorizzazione della vegetazione autoctona della zona, mira a mitigare il fenomeno dell'isola di calore, a contribuire alla riduzione delle emissioni di carbonio, a favorire l'ombreggiamento, a ridurre il fenomeno del ruscellamento superficiale delle acque lungo le strade. Inoltre, l'intervento si articola anche in una progettazione architettonica ed energetica, includendo aspetti tipologici, tecnologici ed energetici attraverso i quali riesce ad introdurre nuove attività e funzioni per promuovere il mix funzionale e la socialità e convivialità tra gli abitanti.

Lo studio architettonico è iniziato con l'analisi del progetto esistente, delle planimetrie del sito e degli edifici, delle sezioni e prospetti che hanno portato alla conoscenza degli accessi, degli spazi esterni ed interni, e hanno dato un'idea della quantificazione abitativa e dimensionale del complesso nonché dei materiali interni, esterni e costruttivi. Tutti i dati sono stati verificati attraverso diversi sopralluoghi. Le misure specifiche del complesso sono state ottenute con l'utilizzo di rilievi fotografici e planimetrici.

L'analisi demografica condotta ha messo in evidenza la domanda abitativa della popolazione: si evince la discrepanza tra la richiesta attuale e quella di cinquant'anni fa. Il taglio degli appartamenti dimostra la complessità della ricerca: oggi il distretto è parzialmente abitato (capienza effettiva: 524 alloggi per circa 3.300 abitanti).

Lo studio architettonico si è concluso con l'analisi ambientale. *Software* come *Revit* ed *Envi-met* si sono rivelati fondamentali per l'estrapolazione dei dati ambientali: per comprendere l'esposizione solare e il guadagno solare il primo; per comprendere il complesso comportamento microclimatico il secondo (fig. 1).

Lo studio dei flussi di traffico nelle varie ore della giornata e nei diversi giorni della settimana ha invece permesso di avere una visione chiara e di poter calcolare la quantità di polveri sottili, ozono e anidride carbonica emessa dal passaggio continuo dei veicoli a motore dovuti al trasporto pubblico e a quello privato.

La ricerca è poi proseguita con la mappatura dello stato di degrado delle facciate e l'analisi dei materiali utilizzati per le strutture, tamponature, partizioni interne, elementi di infisso nonché le pavimentazioni esterne e la loro quantificazione. La messa a sistema dei risultati ha permesso di calcolare accuratamente la CO₂ incorporata nei materiali esistenti (70.937.884,39 KgCO_{2eq}/a) così da poter fare delle considerazioni relativamente alle possibili demolizioni, recupero *off-site/on-site* e reinserimento e riutilizzo di questi nella fase di progetto (fig. 2).

L'analisi del luogo è proseguita con lo studio degli spazi aperti di carattere naturale e delle specie vegetazionali arboree e arbustive presenti. In primo luogo, è stato condotto un rilievo analitico grazie alla consulenza esterna di un tecnico naturalista che ha permesso la mappatura *in loco* della vegetazione: sono state individuate le singole specie, categorizzate in caducifoglie e sempreverdi, analizzate secondo le loro capacità di assorbimento della CO₂.

La definizione del Masterplan meta-progettuale (fig.3) ha permesso di delineare le principali strategie di intervento. Sono state quindi messe in atto strategie di adattamento e mitigazione dei cambiamenti climatici attraverso l'intervento sui singoli sistemi: bioclimatico, mobilità e servizi, acqua, verde ed assetto artificiale del terreno a livello di Piano di Zona, fino ad arrivare alla scala di dettaglio dell'edificio. Non perdendo di vista gli obiettivi che hanno guidato questa ricerca (mitigazione dei cambiamenti climatici, con l'obiettivo ultimo della neutralità climatica), è stato delineato uno scenario progettuale in grado di riflettere le esigenze sociali, economiche e culturali massimizzando il *retrofit* architettonico e l'efficienza energetica per ottenere risultati ottimali di *comfort* abitativo e un grande abbattimento delle emissioni di CO₂.

Il masterplan mette in evidenza il nuovo assetto architettonico del Piano di Zona. Il ripensamento delle sezioni stradali ha cambiato completamente l'assetto della mobilità: l'inserimento di percorsi pedonali e ciclabili lungo tutto il perimetro del lotto e il loro collegamento con le strade urbane circostanti, permette in questo modo agli abitanti di uscire e raggiungere i punti di scambio più vicini con facilità.

L'utilizzo di pavimentazioni permeabili in concomitanza con l'inserimento di *green blue infrastructures* quali *rain garden* e *bioswales* (dimensionate attraverso l'utilizzo del metodo di Bennerman e Considine) prevengono il fenomeno del *run-off*.

La progettazione di tetti verdi e specchi d'acqua, l'aumento di superfici vegetate e specie vegetazionali presenti, svolge un ruolo di fondamentale importanza nel processo di mitigazione del problema dell'isola di calore.

Gli spazi destinati ai servizi sono stati aumentati. I piani *pilotis* e garage sono stati trasformati in parte in laboratori e attività commerciali di diversa natura e in parte in parcheggi per le biciclette. Nuove piazze sono state generate per colmare l'assenza di luoghi di aggregazione all'aperto. Un centro disabili, già presente nel complesso, è stato mantenuto nonché ingrandito e adeguato alla normativa vigente.

Il sistema bioclimatico è stato sviluppato alle diverse scale. A livello planimetrico distrettuale, sono stati inseriti due atri bioclimatici che svolgono la funzione di serbatoi di calore e che ospitano al proprio interno un'attività di *vertical farming* da cui si genera una parte della microeconomia di quartiere. L'inserimento e posizionamento strategico di *air-pipes* in funzione dei risultati scaturiti dall'analisi del vento, permettono di innescare un sistema di ventilazione naturale.

Gli alloggi sono stati svuotati di tutti gli elementi di tamponatura e ripartizione e trasformati in alloggi di metratura più contenuta, in funzione della domanda abitativa attuale. Gli appartamenti sono stati dotati di pareti mobili che conferiscono ad essi una spiccata flessibilità (fig.4).

Il sistema bioclimatico trova nuovamente spazio, concretizzandosi attraverso l'inserimento di serre bioclimatiche, sistemi di schermatura e *buffer space*, integrati talvolta da sistemi di pareti solari ad aria, con particolare riferimento alla tipologia dei Muri di *Trombe* (fig.5).

Discussione dei risultati

La messa a sistema dei risultati finali permette una visione olistica del protocollo utilizzato.

Grazie alla conservazione di alcuni materiali edilizi, all'introduzione di nuovi materiali con ridotta *Embodied Carbon* (EC), nonché al riutilizzo degli scarti edili per il rifacimento degli spazi aperti, è stato possibile un risparmio di circa il 57% rispetto allo stato di fatto (14.300.000 KgCO_{2eq}) (fig.6).

I risultati delle analisi ambientali del *post-operam* (fig.7), effettuate sull'assetto del progetto nelle quattro aree omogenee prese in considerazione come punti chiave rappresentativi del comportamento microclimatico, mostrano una diminuzione della temperatura dell'aria in estate di circa 1,7 °C e un aumento di circa un grado in inverno. La temperatura media radiante (TMR) presenta una diminuzione di 7,8 °C in estate e un aumento di 3,8 °C in inverno nelle aree considerate. Le soluzioni tecnologiche utilizzate hanno permesso una riduzione della temperatura

percepita in estate di 4,6 °C e un aumento di 2 °C in inverno. Anche la ventilazione naturale mostra dei risultati positivi: la velocità del vento aumenta di 0,5 m/s in estate in tutte le aree, mentre in inverno è meglio controllata nelle zone più esposte, diminuendo di 1 m/s (nei punti A e B) e di 0,5 m/s nelle altre aree. Relativamente ai valori legati al benessere psico-fisico degli abitanti, il PMV (*Predicted Mean Vote*) riporta una diminuzione media di 1 punto in estate, mentre presenta un aumento di 1,6 punti in inverno riducendo così la percentuale di insoddisfazione che in estate passa dall'85% al 62%, e in inverno dal 47% al 28%.

Durante la progettazione è stato di fondamentale importanza, ai fini dell'efficace perseguimento della mitigazione dei cambiamenti climatici, l'integrazione del progetto del sistema di raccolta, trattamento e riutilizzo dei rifiuti nel più ampio quadro delle scelte progettuali di rigenerazione del quartiere. Allo stato attuale, si è potuto stimare una produzione di rifiuti solidi urbani (RSU) pari a circa 1.548.598 Kg/a. Considerato il tasso di raccolta della differenziata della città di Roma (47%), risultano finire in discarica circa 820.757 kg/a di rifiuti prodotti all'interno del distretto, determinando così una produzione di emissioni di CO₂ pari a 4.103.784,7 KgCO_{2eq}/a. Questo procedimento, messo a sistema con la previsione e la tipologia di veicoli destinati alla raccolta e il trasporto, determinano emissioni pari a 9.427 KgCO_{2eq}/a. L'inserimento di un sistema pneumatico di raccolta dei rifiuti, associato alla previsione di abbattimento della produzione di RSU del 10% data dall'uso di un sistema più consapevole e dall'aumento del tasso di raccolta fino al 70%, ha permesso di stimare circa 1.393.738 Kg/a di rifiuti di cui 975.617 Kg/a di raccolta differenziata. Questo comporta di conseguenza emissioni di CO₂ pari a 2.090.607,3 KgCO_{2eq}/a (il 49% in meno rispetto all'*ante operam*). Ipotizzando di ridurre il numero di passaggi di raccolta a settimana da sette a cinque, di diminuire i Km percorsi nel quartiere grazie a un'ottimizzazione dei punti di raccolta e di sostituire i veicoli a Diesel con veicoli a Metano, è stata prevista una riduzione delle emissioni di CO₂ per il trasporto rifiuti nel quartiere del 92% (554,44 KgCO_{2eq}/a).

Il fabbisogno di acqua residenziale, grazie all'inserimento di sistemi di riutilizzo delle acque grigie e meteoriche è pari a 74.385,54 mc/a che corrispondono a circa 23.201 KgCO_{2eq}/a, il 60% in meno rispetto allo stato di fatto (57.287 KgCO_{2eq}/a), apportando così un risparmio idrico di 109,282 mc/a. Il fabbisogno di acqua non residenziale, invece, attraverso l'inserimento di sistemi di riutilizzo delle acque grigie e meteoriche è diminuito del 74% (6.202 mc/a) riducendo notevolmente le emissioni di CO_{2eq}/a che nell' *ante operam* corrispondevano a 7.466 KgCO_{2eq}/a e nel *post operam* sono: 1.934 KgCO_{2eq}/a. Il fabbisogno idrico di acqua potabile dei residenti nel *post operam* corrisponde a circa 80.588 mc/a riducendo del 61% le emissioni di CO₂ (25.136 KgCO_{2eq}/a). Il fabbisogno idrico di progetto per l'irrigazione degli spazi verdi (9.828 mq), ripartito tra tetti verdi (9.828 mq) e verde di pertinenza (15.319 mq) è di 12.199 mc/a = 1.470 KgCO_{2eq}/a. L'utilizzo di sistemi di recupero delle acque grigie permette di risparmiare 25.136 KgCO_{2eq}/a. La presenza di grandissime superfici captanti inoltre permette il recupero di 10.746,85 mc/a di acqua, apportando un risparmio di 1.816 KgCO_{2eq}/a (fig.8).

Lo studio approfondito delle specie vegetazionali e la piantumazione di nuove (in funzione della loro collocazione geografica), l'aumento delle superfici vegetate e la loro capacità di assorbimento della CO₂ ha permesso di ottenere risultati importanti di decarbonizzazione. La CO_{2eq}/a assorbita grazie all'azione delle superfici vegetate e delle specie arboree e arbustive corrisponde a 251.482,5 KgCO_{2eq}/a.

La mobilità privata, invece, basa la strategia principale sull'incentivo della mobilità dolce. Sono stati previsti in fase progettuale, infatti, 2000 metri lineari di percorsi ciclabili, 618 parcheggi per le biciclette e 156 postazioni di ricarica per le auto elettriche (50% del totale). Nel progetto l'utilizzo del mezzo privato diminuisce del 19% secondo la soglia europea di possesso medio dell'auto per abitante (0.5) rispetto allo 0.62 di Roma. Ipotizzando l'esclusivo utilizzo di auto elettriche e/o ibride, le emissioni di CO₂ dovute alla mobilità privata sono di 1.418.818 KgCO_{2eq}/a. Pertanto, il totale di

emissioni dovute alla mobilità nel *post operam* è di 1.483.894 KgCO_{2eq}/a, il 61% in meno rispetto alla situazione attuale (fig.9).

L'insieme di azioni di efficientamento di involucro e impianti, dispositivi a risparmio energetico, illuminazione a led, ascensori con recupero di energia in frenata e recupero di calore dal sistema delle acque grigie, (ipotizzando quindi una classe A+++), ha permesso di stimare un fabbisogno energetico totale pari a 8.830.871 Kwh/a. Nell'ottica di interventi di mitigazione microclimatica, è possibile stimare una riduzione del fabbisogno di raffrescamento e di riscaldamento per un totale di 8.562.967 Kwh/a. L'utilizzo di sistemi di riscaldamento e raffrescamento passivo permette di abbattere ulteriormente questi ultimi: riscaldamento: 1.416.754 Kwh/a, raffrescamento: 67.947 Kwh/a. Inoltre, l'utilizzo di sistemi ICT permette un ulteriore ribasso fino al 70% rispetto ai dati di partenza: 6.527.162 Kwh/a. Il fabbisogno energetico residenziale (consumi ed usi comuni, consumi elettrici, consumi per l'illuminazione, riscaldamento, raffrescamento, acqua calda sanitaria), ipotizzando nell' *ante operam* situazioni di base *standard* sulla base della tipologia edilizia, passa da 21.927.058 Kwh/a (5.443.963 KgCO_{2eq}/a) a 6.527.162 Kwh/a (2.121.119 KgCO_{2eq}/a), con una riduzione delle emissioni di CO₂ del 61%. L'illuminazione pubblica, attraverso l'utilizzo delle lampade a led con il fotovoltaico integrato, permette un risparmio pari a 41.382 Kwh/a, con una riduzione rispetto allo stato di fatto del 100%.

La richiesta energetica del quartiere pari a 6.527.162 Kwh/a viene soddisfatta interamente da fonti energetiche rinnovabili. La somma dell'energia prodotta dalle fonti rinnovabili è pari al 100% sul totale del fabbisogno energetico, ottimizzando al massimo i processi di decarbonizzazione: sotto questa voce le emissioni di CO₂ risultano pari a zero (fig.10).

Sulla base di alcune considerazioni fatte in fase analitica relativamente al trasporto pubblico e privato, è stato stimato un totale di emissioni di CO₂ pari a 3.832.748 KgCO_{2eq}/a. Nella fase di progetto per il trasporto pubblico è stato previsto l'aumento della mobilità pubblica del 20% e l'inserimento esclusivo di autobus elettrici che comportano emissioni di CO₂ pari a 65.075 KgCO_{2eq}/a.

Il confronto generale dei risultati ottenuti nei singoli ambiti di applicazione e reti di intervento di cui sopra, dimostra che la ricerca con carattere sperimentale-applicativo condotta sul Piano di Zona di Vigne Nuove, puntando su un intervento di rigenerazione dove al centro siano posti processi di decarbonizzazione concepiti a rete e con approccio ecosistemico, porta a una diminuzione delle emissioni di CO₂ del 76%, cioè ben oltre il 55% fissato dall'Europa al 2050.

Conclusioni

La ricerca presenta i risultati raggiunti dall'impiego sistemico di interventi *climate-proof* supportati dall'utilizzo di modelli di simulazione fluidodinamica, bioclimatica, termofisica ed energetica, e di modelli di calcolo predittivi multiscalarari di carattere tecnologico-ambientale all'interno del progetto di architettura, con l'obiettivo di perseguire e affrontare le sfide dell'adattamento climatico e della mitigazione, puntando ad applicarlo in modo flessibile e adattivo in contesti dalle caratteristiche e dalle problematiche simili, e al contempo permettendo una costante evoluzione del processo metodologico quale parte integrante del senso e dello spirito della ricerca.

La diminuzione delle emissioni di gas serra non può prescindere da un approccio olistico che integri tutte le componenti coinvolte nel processo e minimizzi l'utilizzo di risorse fossili e gli impatti ambientali. L'utilizzo di *software* per lo sviluppo delle simulazioni sopra citate è un fondamentale supporto per la definizione delle risposte progettuali, ambientali ed energetiche necessarie, in quanto ne consente la misurazione e il controllo dei fattori qualitativi e quantitativi, e per questo si può affermare che la metodologia proposta garantisce un solido quadro di riferimento per la fase progettuale-sperimentale che comprende, come parte integrante e imprescindibile, attività di modellazione e simulazione. L'obiettivo è lo sviluppo di un protocollo di indagine e di costruzione di

un quadro mèta progettuale per la rifunzionalizzazione e rigenerazione del patrimonio edilizio residenziale pubblico e dei quartieri ERP, attraverso un'indagine approfondita delle possibili strategie di mitigazione climatica - integrate con quelle di adattamento climatico e concepite in maniera evolutiva verso l'obiettivo della piena neutralità climatica - e dei possibili processi di decarbonizzazione, al fine di offrire risposte concrete alle sfide proposte dai cambiamenti climatici, oltre che, in parallelo, a quelle della progressiva scarsità di risorse e dell'apparentemente inarrestabile diminuzione della qualità ambientale.

A livello internazionale si è cominciato, in modo sempre più determinato e consapevole, a indirizzare la politica verso la rigenerazione e il recupero di intere aree urbane, sulla dimensione del quartiere e del distretto: lo scenario progettuale proposto nella ricerca è un caso esemplificativo dell'implementazione di un approccio volto all'attuazione di una piena transizione energetica, alla riduzione - fino all'azzeramento - delle emissioni carboniche e al conseguimento di una completa circolarità delle risorse. L'applicazione esemplificativa del modello proposto dalla ricerca attraverso la progettazione di scenari di *retrofit* urbano, con il supporto di simulazioni fluidodinamiche e bioclimatiche specifiche e l'applicazione del modello di calcolo della riduzione delle emissioni di CO₂ dalla situazione *ex ante* a quella *ex post*, ha reso possibile valutare soluzioni, metodologie, procedure e strumenti che possano guidare gli interventi rimanendo in linea con gli obiettivi prefissati. Questo approccio metodologico consente di esplorare la stessa applicabilità ed efficacia delle azioni e delle strategie proposte in termini architettonici, ambientali, sociali ed economici. Il settore è soggetto attualmente a ingenti finanziamenti per il rinnovo sostenibile degli edifici e la ricerca scientifica è di fondamentale importanza per il reale, consapevole ed efficace perseguimento degli obiettivi sopra enunciati. L'applicazione sperimentale sul patrimonio edilizio residenziale pubblico rappresenta la vera opportunità per convalidare la ricerca attraverso il coinvolgimento di esperti valutatori nonché tecnici del settore. Se la città è la cristallizzazione della saggezza umana (Hongyuan Mei, 2015), una riqualificazione e rigenerazione della città e delle sue parti che fonda i suoi principi sull'integrazione tra benessere psicofisico dell'uomo, riduzione degli impatti dell'antropizzazione sul Clima e sull'Ambiente e tutela degli equilibri naturali, ha indiscutibilmente una ricaduta concreta sul modo e sulla qualità dell'abitare e del vivere delle persone, in una visione che punti non solo a garantire un futuro alle prossime generazioni, ma un futuro più desiderabile.

Riferimenti bibliografici

Burdett, R. (2015). Infrastrutture, spazio pubblico ed edilizia di alta qualità nei processi di rigenerazione urbana a Londra. *Journal of Technology for Architecture and Environment*, 19-23.

Hongyuan Mei, Y. Z. (2015). Rigenerazione urbana - progetti di sviluppo. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, 36.

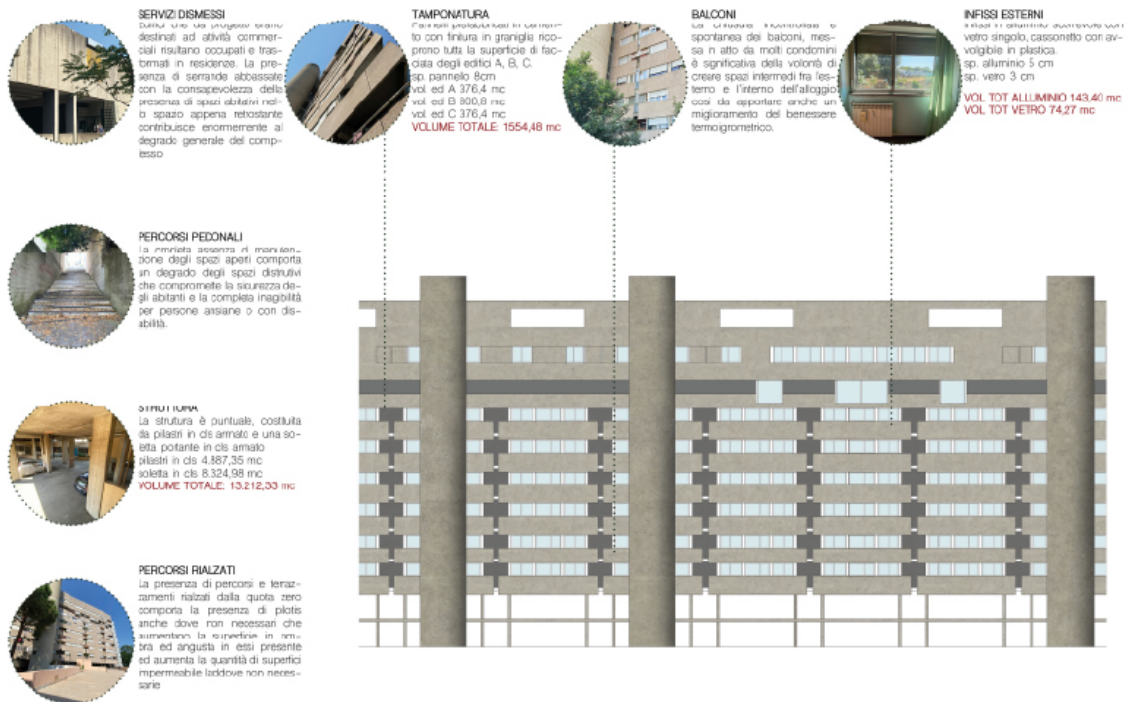
Losasso, M. (2015). Rigenerazione Urbana: Prospettive di innovazione. *TECHNE Journal of Technology for Architecture and Environment*.

Tucci, F. (2018). *Costruire e abitare green – Approcci, strategie, sperimentazioni per una progettazione tecnologica ambientale | Green Building and Dwelling - Approaches, strategies, experimentation for an environmental technological design*. Firenze: Altralea Edizioni.

Tucci, F., Cecafosso, V., Altamura, P., & Giampaolletti, M. (2022). Simulation and modeling for climate adaptation and mitigation. Experiences of environmental renovation in Rome. *AGATHÓN International Journal of Architecture, Art and Design*, 12,, 106 -121.



Fig. 1 Simulazioni fluidodinamiche ante-operam realizzate con il software ENVI-met.



PDZ N°7	MATERIALI EDIFICI ESISTENTI	VOLUME TOTALE [m3]	PESO SPECIFICO [kg/m3]	PESO TOTALE [Kg]	PESO TOTALE [t]	CO2 INCORPORATA UNITARIA [Kg CO2/Kg]	CO2 INCORPORATA TOTALE [Kg Co2]
STRUTTURA	Struttura portante in c.a.	4887,35	2400	11.729.641,60	11.729,64	0,36	4.222.670,98
	Corpo cilindrico vaso scala in c. [sp. 30 cm]	3.603,60	2400	8.648.640,00	8.648,64	0,15	1.297.236,00
	soletta portante in c.a. [sp. 30 cm]	6.324,98	2400	19.975.945,60	19.979,95	0,36	7.192.730,42
TAMPONATURA	parete in cls [sp. 30 cm]	1.730,28	2400	4.128.674,17	4.128,67	0,38	1.568.896,18
	Isolante in fibra minerale [sp. 1 cm]	151,45	1000	151.450,00	151,45	0,13	19.488,65
	Pannelli pref.gesso [sp. 10 cm]	1.938,06	600	1.162.836,00	1.162,84	0,38	441.877,68
	Pannello pref. in cemento con finitura in graniglia [sp. 8 cm]	1.554,48	2200	3.419.856,00	3.419,86	1,17	4.001.231,52
	Isolante in fibre minerali [sp. 7 cm]	1.362,70	40	54.508,00	54,51	1,20	65.409,60
INFISSI ESTERNI	Aluminio [fin. alluminio sp. 5 cm]	143,40	7050	1.010.970,00	1.010,97	1,60	1.637.552,00
	Vetro [sp. 3 mm]	74,27	2500	185.675,00	185,69	0,85	157.873,79
	Acciaio zincato (parapetto) [sp. 4 cm]	15,52	2700	41.904,00	41,90	1,80	75.427,20
TRAMEZZI	Pannelli pref.gesso [sp. 10 cm]	3.469,55	600	2.081.729,00	2.081,73	0,38	791.057,04
	Intonaco di gesso [sp. 1,5 cm]	1.036,42	1000	1.036.417,53	1.036,42	0,13	134.736,28
	Pannello pref. in cemento con finitura in graniglia [sp. 8 cm]	202,728	2200	446.601,60	446,00	1,17	521.821,87
PAVIMENTAZIONI ESTERNE	GOMMA SINTETICA IN ROTOLI	64,65	1200	77.580,00	77,58	0,63	49.291,40
	GRESS PORCELLANATO	10,60	20	212,00	0,21	1,95	413,40
	ASFALTO	413,30	1300	537.290,00	537,29	90,10	48.356.100,00
				TOT	54.808,62	TOT	70.937.884,39

Fig. 2 Mappatura dello stato di degrado e calcolo dell'*Embodied carbon* presente nei materiali esistenti.



Fig. 3 Analisi SWOT e Masterplan Metaprogettuale con la definizione delle strategie di intervento.

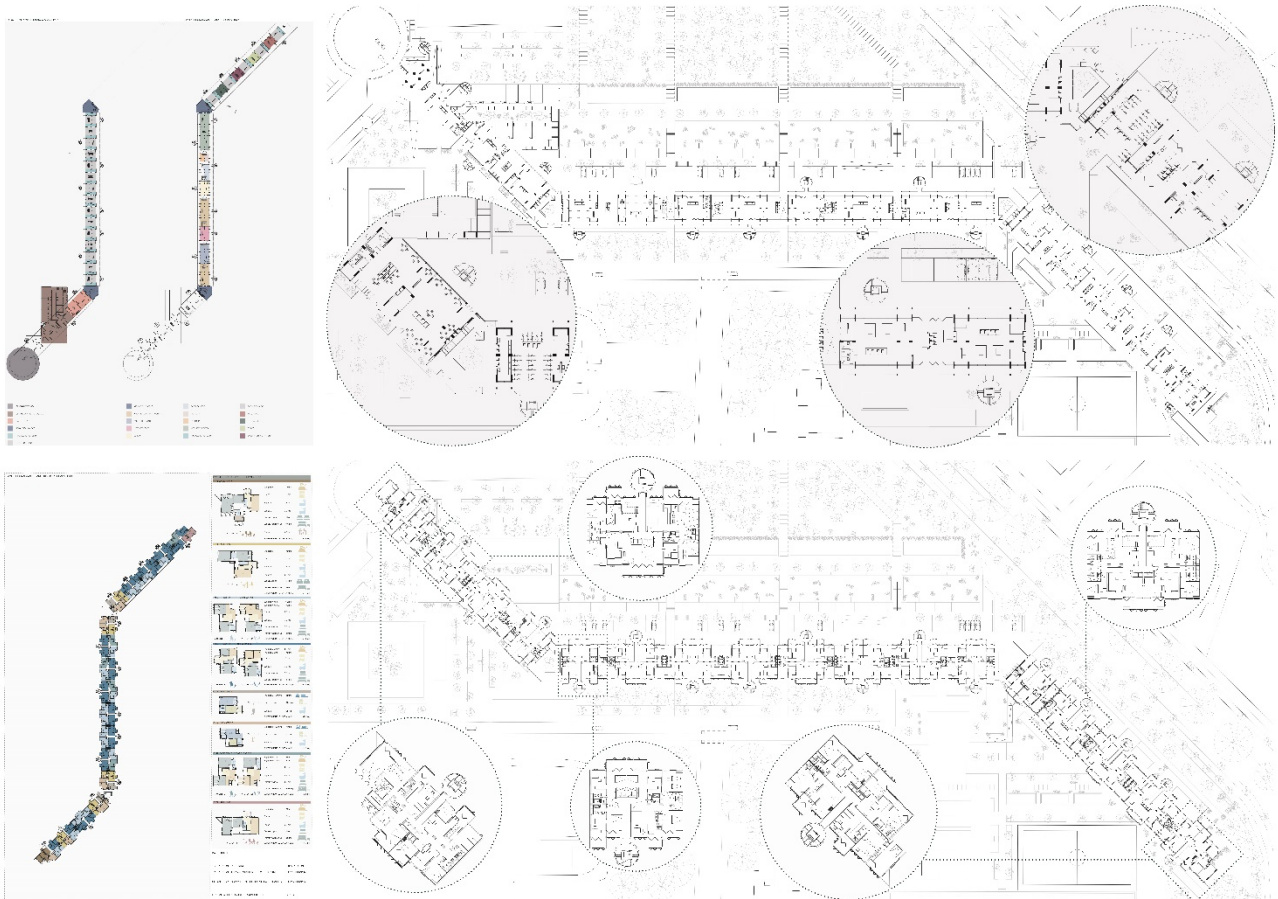


Fig. 4 Layout funzionale, pianta del piano terra e piano tipo con zoom sui nodi principali

BRISE-SOLEIL

Sistema di schermatura Creare una schermatura e filtrare nel vano in legno fissa per la protezione delle radiazioni solari.

ESIAIE
La schiuma a foce consente la circolazione dell'aria e la buona ventilazione. Inoltre, il sistema di schermatura è in grado di filtrare la luce e di ridurre il riscaldamento dell'ambiente.

INVERNO
La schiuma a foce, permette l'isolamento dell'edificio e il risparmio dei costi di riscaldamento.

MESE
ESTATE
INVERNO

SERRA BIOCLIMATICA E MURO DI TROMBE

LA SERRA BIOCLIMATICA è un contributo di riscaldamento ed è realizzato in legno.

ESIAIE
La schiuma a foce, permette l'isolamento dell'edificio e il risparmio dei costi di riscaldamento.

INVERNO
La schiuma a foce, permette l'isolamento dell'edificio e il risparmio dei costi di riscaldamento.

ESIAIE
La schiuma a foce, permette l'isolamento dell'edificio e il risparmio dei costi di riscaldamento.

INVERNO
La schiuma a foce, permette l'isolamento dell'edificio e il risparmio dei costi di riscaldamento.

BUFFER SPACE

Il buffer space è lo spazio vuoto, ed è presente in tutti i punti dell'edificio. Il buffer space è lo spazio vuoto, ed è presente in tutti i punti dell'edificio.

ESIAIE
Il buffer space è lo spazio vuoto, ed è presente in tutti i punti dell'edificio.

INVERNO
Il buffer space è lo spazio vuoto, ed è presente in tutti i punti dell'edificio.

ATRIO SOLARE

Il sistema di schermatura Creare una schermatura e filtrare nel vano in legno fissa per la protezione delle radiazioni solari.

ESIAIE
La schiuma a foce consente la circolazione dell'aria e la buona ventilazione. Inoltre, il sistema di schermatura è in grado di filtrare la luce e di ridurre il riscaldamento dell'ambiente.

INVERNO
La schiuma a foce, permette l'isolamento dell'edificio e il risparmio dei costi di riscaldamento.

VERTICAL FARMING

Il sistema di schermatura Creare una schermatura e filtrare nel vano in legno fissa per la protezione delle radiazioni solari.

ESIAIE
La schiuma a foce consente la circolazione dell'aria e la buona ventilazione. Inoltre, il sistema di schermatura è in grado di filtrare la luce e di ridurre il riscaldamento dell'ambiente.

INVERNO
La schiuma a foce, permette l'isolamento dell'edificio e il risparmio dei costi di riscaldamento.

VENTILAZIONE GEOTERMICA E TORRI DI VENTILAZIONE

Il sistema di schermatura Creare una schermatura e filtrare nel vano in legno fissa per la protezione delle radiazioni solari.

ESIAIE
La schiuma a foce consente la circolazione dell'aria e la buona ventilazione. Inoltre, il sistema di schermatura è in grado di filtrare la luce e di ridurre il riscaldamento dell'ambiente.

INVERNO
La schiuma a foce, permette l'isolamento dell'edificio e il risparmio dei costi di riscaldamento.

Fig. 5 Schemi funzionali relativi ai temi dell'Atrio Solare, del Vertical Farming e degli Air pipes e i sistemi bioclimatici applicati al sistema degli alloggi.

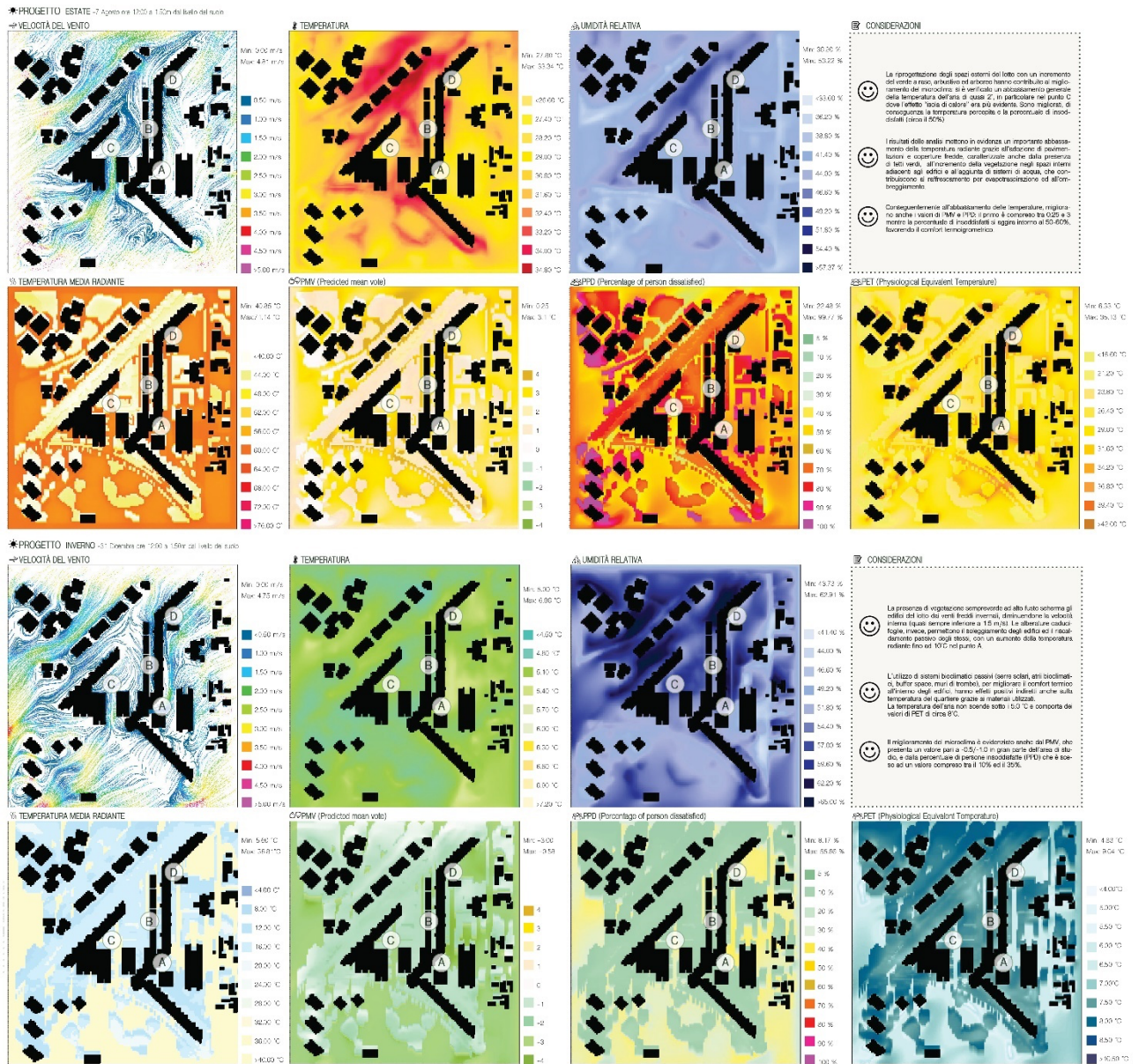


Fig. 7 Simulazioni fluidodinamiche post-operam realizzate con il software ENVI-met.

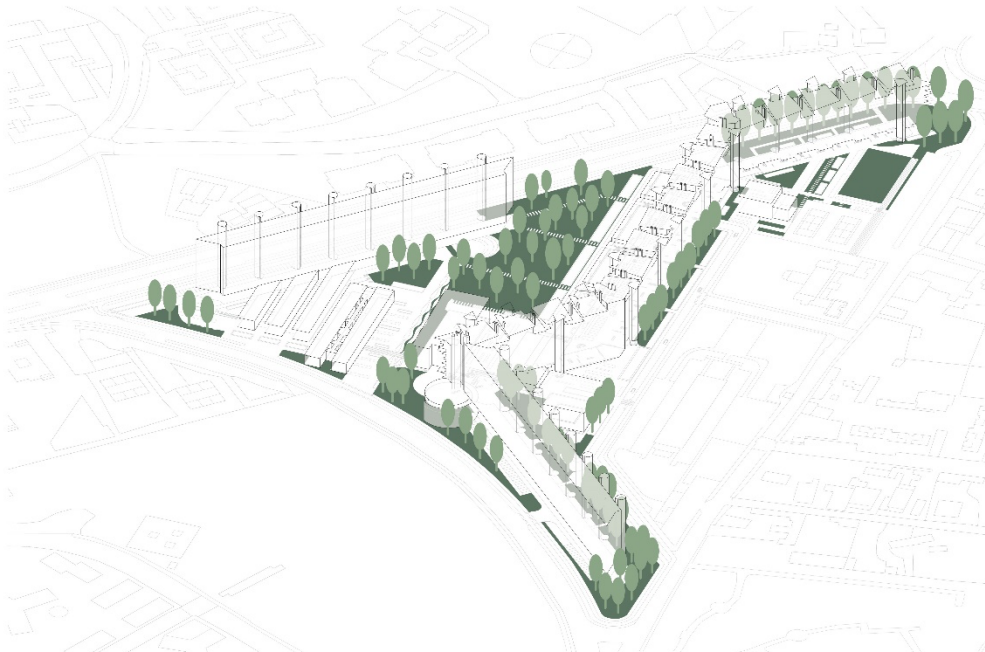
RETE DEL VERDE
 Tra le specie e tra le sottospecie delle 201 le maggiori specie di riciclaggio della CO2

Nome specie	N 20 ANNI (T/A)	N°
Aster conyzoides	35,60	7
Bambusa nana	177,60	58
Clematis vitalba	31,50	71
Cornus mas	46,60	456
Cupressus sempervirens	64,00	80
Glicine elzabeta	128,20	46
Laurus nobilis	37,40	127
Picea abies	43,00	37
Ulmus campestris	25,20	83

SUPERFICIE TOTALE DEL PZ (M ²)	52.220 M ²
Superficie 100% di verde vegetale	21.120 M ²
SUPERFICIE VERDE DI PROGETTO DI RIGENERAZIONE	25.800 M ²
Superficie in verde vegetale CO2	34.800 M ²
SUPERFICIE TOTALE VERDE DI PROGETTO	66.700 M ²

N° di alberi esistenti	002.000.000
CO2 equivalente per le superfici verdi esistenti	24.800.000 KgCO2/a
N° di alberi di progetto	14.100
CO2 equivalente per le superfici verdi di progetto	21.100.000 KgCO2/a

N° di alberi PzS Operativi	1.000
CO2 equivalente per le superfici verdi di progetto	36.700.000 KgCO2/a
CO2 equivalente per le superfici verdi di progetto	21.100.000 KgCO2/a
TOTALE	57.800.000 KgCO2/a



RETE DELLA MOBILITÀ

STATO DI FATTO

Temporaneo pubblico	0
N° linee	0
N° passaggi strada	0
N° di linee pubbliche in servizio sul quartiere	0
Chiusura dell'offerta di CO2 del 1° servizio pubblico	191.000 KgCO2/a

Chiusura CO2 servizi di trasporto pubblico	80.000 KgCO2/a
--	----------------

Temporaneo privato

N° di passaggi medio del auto per anno allo stato di fatto è pari a 0,32	0,32
N° auto	1.500.000
N° auto in media per anno	1.500.000

Chiusura CO2 nuove auto	3.681.748 KgCO2/a
-------------------------	-------------------

TOT: 3.832.748 KgCO2/a

PROGETTO

MOBILITÀ PUBBLICA

La mobilità pubblica aumenta del 20%

- Incremento CO2 servizi di trasporto pubblico, servizio per autobus urbano
- Incremento CO2 servizi di trasporto pubblico, servizio per tram
- Incremento CO2 servizi di trasporto pubblico, servizio per metropolitana
- Incremento CO2 servizi di trasporto pubblico, servizio per metropolitana

MOBILITÀ PRIVATA

- Incremento CO2 servizi di trasporto pubblico, servizio per auto
- Incremento CO2 servizi di trasporto pubblico, servizio per auto
- Incremento CO2 servizi di trasporto pubblico, servizio per auto
- Incremento CO2 servizi di trasporto pubblico, servizio per auto

Nel progetto l'offerta del servizio pubblico diminuisce del 10% secondo la scelta proposta di possesso medio dell'auto per abitante (0,5) rispetto a CO2 attuale di Roma

Chiusura CO2 nuove auto e mobilità elettrica e titoli del mezzo	1.483.894 KgCO2/a
TOT	1.483.894 KgCO2/a
Emissioni CO2 sono ridotte del	51%

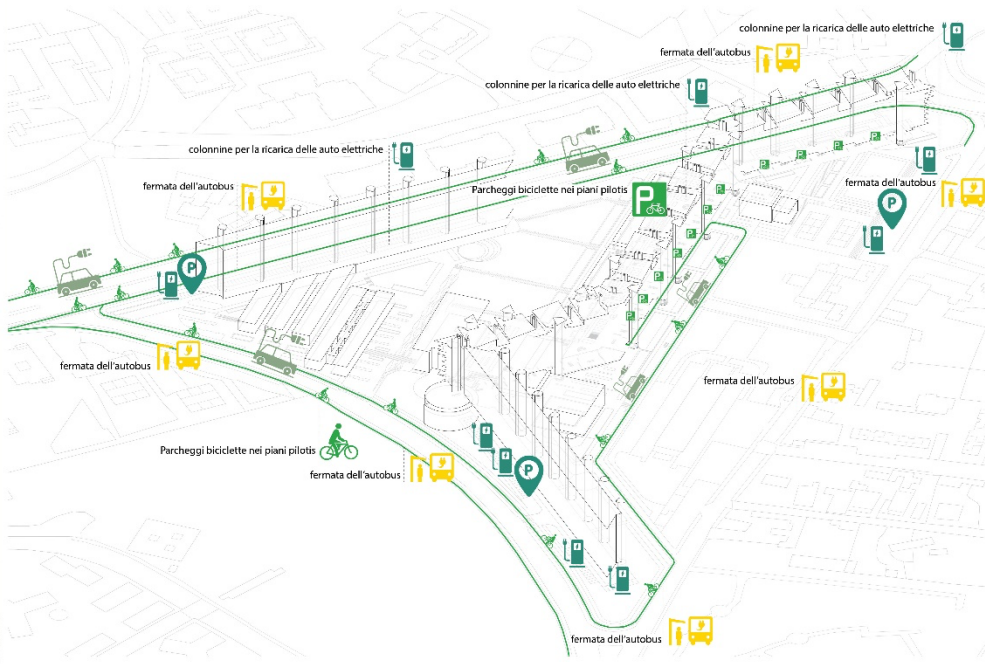


Fig. 9 La rete del verde con la quantificazione della CO2 assorbita dalle specie vegetazionali di progetto e la rete della mobilità sostenibile di progetto adottata nel progetto di rigenerazione del PdZ di Vigne Nuove, a Roma.

¹ Il più ampio ambito di ricerca è frutto di attività condotte sul tema da due decenni che comprendono, tra quelle degli ultimi anni, le seguenti ricerche:

Ricerca internazionale: *"Flexibility for Adaptation and Resilience"* (2014-2016). Bando competitivo CHOB British Council - Council of Heads of the Built Environment, Heads of Department of Construction, Property and Surveying, Great Britain Gruppo internazionale di Ricerca: University of Northumbria at Newcastle, Resp. Scient. M. Cimillo, e Sapienza Università di Roma, Resp. Scient. F. Tucci.

Ricerca di Ateneo di Grande Rilevanza Scientifica (2015-2016): *"Microclimatic Control and Mitigation in the Mediterranean Built Environment: the role of Buffer and Open Spaces from an Interdisciplinary and Multiscale Approach"*. Resp. Scient. F. Tucci.

Ricerca PRIN (Progetto di Rilevante Interesse Nazionale), Bando 2015 (2016-2021): *"Adaptive Design e innovazioni tecnologiche per la Rigenerazione resiliente dei Distretti urbani in regime di cambiamento climatico"*, con specifico riferimento al contributo della U.O. Sapienza Università di Roma, Resp. Scient. F. Tucci.

Ricerca di Ateneo (2017-2021): *"Resilient Design: indirizzi progettuali e strategie tecnico-attuative per il controllo della qualità microclimatica ed energetica dell'ambiente urbano in Italia"*, Resp. Scient. F. Tucci.

Ricerca Conto Terzi (2017-2022): *"Attività di ricerca orientata al potenziamento dell'impiego dei fattori bioclimatici naturali e ibridi, e l'ottimizzazione delle loro ricadute sugli aspetti di comfort ed energetici, quale supporto allo sviluppo del progetto di infrastrutture e spazi pubblici nelle città"*. Committente: Italferr Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane. Resp. Scient. F. Tucci.

Ricerca per gli Stati generali della Green Economy (2018-2020): *Adattamento ai cambiamenti climatici di Architetture e Città 'Green' per migliorare la resilienza dell'Ambiente Costruito. Minacce, vulnerabilità, rischi Assi strategici, indirizzi, azioni d'intervento"*, Resp. Scient. Prof. F. Tucci.

Ricerca PRIN (Progetto di Rilevante Interesse Nazionale), Bando 2017 (2018-2023): *"Tech-Start – Key Enabling Technologies and Smart Environment in the Age of Green Economy – Convergent Innovations in the Open Space/Building System for Climate Mitigation"*, con specifico riferimento al contributo della U.O. Sapienza Università di Roma, Resp. Scient. Prof. F. Tucci.

Il Gruppo di Ricerca che ha sviluppato le sopra citate ricerche, diretto dal prof. F. Tucci nell'ambito del Dipartimento PDTA della Sapienza Università di Roma, è composto da:

Docenti e Ricercatori: S. Baiani, D. D'Olimpio, V. Cecafozzo, P. Altamura, G. Turchetti, M. Giampaolletti, G. Romano.

Dottori e dottorandi di Ricerca: F. Amadei, M. Antonini, A. Caruso, C. Dalsasso, A. Fily, L. Giannini, B. Haour, K. Mitrik, L. Montagner, F. Nava, M. M. Pani, V. Tulelli, S. Urbinati, G. Vespa

Collaboratori alla Ricerca: I. Fabiani, M. Fiorini, S. Giuliani, A. Malatesta, C. Mastellari, M. Paglia, G. Sciarretti, G. Trifoglio, M. Vadalà.

I prodotti della ricerca applicata e le illustrazioni (figure, grafici) presentati in questo contributo sono stati elaborati, sotto la direzione di Fabrizio Tucci e il coordinamento operativo di V. Cecafozzo, P. Altamura e M. Giampaolletti, da Caterina Dalsasso.

JOURNAL of SUSTAINABLE DESIGN
Eco Web Town

Rivista semestrale on line | Online Six-monthly Journal
Edizione Spin Off SUT - Sustainable Urban Transformation
Rivista scientifica semestrale on line accreditata ANVUR



ISSN 2039-2656

#27

I/2023

www.ecowebtown.it/n_27/

