

ARTICLE INFO

Received	18 March 2024
Revised	16 April 2024
Accepted	24 April 2024
Published	30 June 2024

GESTIONE INTEGRATA DELLE RISORSE NATURALI IN CONTESTI URBANI SOSTENIBILI

INTEGRATED NATURAL RESOURCE MANAGEMENT IN SUSTAINABLE URBAN CONTEXTS

Renata Valente, Louise Anna Mozingo, Roberto Bosco,
Savino Giacobbe

ABSTRACT

A partire da riferimenti nazionali e internazionali la ricerca valuta l'integrabilità di interventi ecologici a basso impatto entro i perimetri di Comunità Energetiche Rinnovabili aventi come hub le Scuole superiori della Città Metropolitana di Napoli. Su di un caso pilota nel Comune di Giugliano in Campania (IT) si valutano soluzioni ambientali per la gestione integrata e condivisa di energia, vegetazione e acque meteoriche, attraverso simulazioni e indicatori di prestazione. I risultati evidenziano l'efficacia di un approccio sistemico al progetto degli spazi pubblici in termini di risparmio energetico ed emissioni di gas serra, superando la concezione quantitativa delle attrezzature pubbliche. Lo strumento flessibile risultante di supporto alle Amministrazioni può incoraggiare l'adozione di comportamenti virtuosi.

Based on national and international references, the research evaluates the integration of low-impact ecological interventions within the perimeters of Renewable Energy Communities in the Metropolitan City of Naples, with High Schools serving as hubs. The paper estimates a pilot case study within the Municipality of Giugliano in Campania (IT) for environmental solutions with integrated and shared management of energy, vegetation, and stormwater through simulations and performance indicators. The results highlight the effectiveness of a systemic approach to the design of public spaces in terms of energy savings and greenhouse gas emissions, going beyond the quantitative conception of public facilities. The proposed flexible tool supports local administrations to encourage the adoption of virtuous sustainable behaviours.

KEYWORDS

energie rinnovabili, soluzioni basate sulla natura, standard urbanistici, scuole superiori, microbacini idrografici

renewable energy, nature-based solutions, urban standards, high schools, micro watersheds

Renata Valente, Architect, is an Associate Professor at the Engineering Department of the 'Luigi Vanvitelli' University of Campania (Italy). She carries out research in the field of environmental design in relation to the redevelopment of urban open spaces and coastal areas, as well as the ecological rebalancing of contexts linked to sustainable technological design. E-mail: renata.valente@unicampania.it

Louise Anna Mozingo is a Full Professor of Landscape Architecture and Environmental Planning at the College of Environmental Design of the University of California, Berkeley (USA). Among her main research topics is the study of the redevelopment of the collective public landscape through collaborative decision-making processes. E-mail: lmozingo@berkeley.edu

Roberto Bosco, Architect, is a PhD Candidate at the Engineering Department of the 'Luigi Vanvitelli' University of Campania (Italy). He carries out research activities mainly in the field of environmental design in relation to the redevelopment of urban open spaces and sustainable technological design. E-mail: roberto.bosco@unicampania.it

Savino Giacobbe, Civil Engineer, is a PhD student Candidate at the Engineering Department of the 'Luigi Vanvitelli' University of Campania (Italy). He carries out research activities mainly in the field of environmental design in relation to the redevelopment of urban open spaces and sustainable technological design. E-mail: savino.giacobbe@unicampania.it



Il Panel Intergovernativo sul Cambiamento Climatico (IPCC, 2022) delle Nazioni Unite ha sottolineato il ruolo cruciale della giustizia ambientale nelle politiche di adattamento urbano. L'Europa si propone come modello globale nella transizione energetica e nella riduzione delle emissioni di carbonio, con un focus chiave su città e edilizia; in questa direzione ha introdotto i Positive Energy District (PED) per ridurre l'importazione di energia e le emissioni di CO₂ nelle urbanizzazioni sostenibili, aspirando a una maggiore produzione di energia rinnovabile (European Commission, 2019). Tali sistemi energetici urbani costituiscono un network con cui gli utenti interagiscono per soddisfare i bisogni della comunità connessa (JPI Urban Europe, 2020); d'altra parte, la rigenerazione sociale delle città origina dalla comunità stessa, fondandosi su principi di collaborazione e condivisione di responsabilità tra cittadini e organizzazioni del terzo settore (Ferrante, Romagnoli and Villani, 2023).

Le Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) definiscono modelli per promuovere la transizione verso un sistema energetico competitivo (Antonazzi et alii, 2023) improntato alla decarbonizzazione, democratizzazione e decentralizzazione del settore. In Italia, il Decreto CER n. 414 del 07/12/2023 (MASE, 2023) promuove la costituzione e lo sviluppo di comunità che coinvolgono numerosi utenti, permettendo l'installazione di impianti FER fino a 1 MWp. L'allargamento della potenziale partecipazione agli edifici sottesi alla stessa cabina primaria aumenta la possibilità di conferire significato, valore sociale ed efficacia ambientale al concetto di comunità energetica, aprendo a scenari di gestione collettiva di più risorse (Otamendi-Irizar et alii, 2022). Tuttavia nella pratica emergono ancora lacune nelle strategie e disomogeneità nello sviluppo a livello territoriale e associativo che generano incertezze su scalabilità e replicabilità dei progetti.

Al pari delle risorse inalienabili alla comunità (acqua, salute, istruzione), è naturale considerare la distribuzione e gestione dell'energia come un dovere pubblico, uniformato da regolamentazioni di ordine generale. Le quantità di attrezzature normate dal Decreto Interministeriale n. 1444 del 02/04/1968 (Ministero dei Lavori Pubblici and Ministero dell'Interno, 1968) definiscono uno spazio tangibile e simbolico per la collettività in cui possono avviarsi processi significativi di rinnovamento della città esistente (Renzoni et alii, 2021; D'Ambrosio and Sgobbo, 2023). I servizi erogati devono esaudire il fabbisogno materiale e immateriale di una comunità (Solarino, 2008), definendo il carattere o la destinazione principale di un insediamento: questa prospettiva suggerisce di superare una lettura isolata di spazi e servizi urbani, definiti legislativamente solo in termini quantitativi, riconsiderandoli come sistemi spaziali connessi in grado di distribuire risorse e fornire servizi integrati agli abitanti.

In Italia, esempi di CER come Magliano Alpi (CN) e Montelabbate (PU) e la CERS di San Nicola da Crissa (VV) su edifici pubblici, mostrano la possibilità, a partire dalla questione energetica, di promuovere la partecipazione civica potenziando il legame di appartenenza e la responsabilità ambientale, fondamentali per instaurare politiche di condivisione e gestione integrata delle risorse collettive. La realizzazione di CER sui tetti di edifici pubblici può favorire la replicabilità di iniziative che

combinano i due obiettivi di giustizia climatica e sociale (Legambiente, 2022); in particolare, gli istituti scolastici sono già per destinazione e portata territoriale poli aggregativi, quando la loro dimensione e geometria permette l'installazione di impianti adeguati a trasformarli in hub di tali comunità (Bosco et alii, 2023).

Un paradigma da oltreoceano è il West Village nel Campus della UC Davis, in California, la più grande comunità 'net zero energy' degli Stati Uniti, risalente al 2011 (Fig. 1). Sebbene i modelli di simulazione del comportamento energetico non riportino il raggiungimento della totale autonomia, le prestazioni della comunità risultano di gran lunga migliori rispetto alle prescrizioni normative locali in materia energetica (Moghaddasi, Culp and Vanegas, 2021). Ciò è possibile grazie all'utilizzo combinato di impianti fotovoltaici (FV), di gestione anaerobica dei rifiuti per produrre energia e sistemi di accumulo, oltre alle numerose misure di efficienza energetica negli edifici e per i trasporti, come veicoli elettrici, piste ciclabili e navette.

Negli Stati Uniti è d'altronde pratica diffusa l'utilizzo degli spazi delle Scuole come supporti comunitari intersettoriali, in particolare tramite l'installazione di infrastrutture verdi (Zhang et alii, 2020) che combinano i benefici derivanti dall'inverdimento degli ambienti di apprendimento (risparmio energetico, miglioramento della qualità dell'aria, impatti sul benessere e le performance dei discenti) e quelli della gestione delle acque piovane, rappresentando anche uno strumento educativo per i membri più giovani della comunità.

A livello internazionale, infine, è interessante riportare alcune esperienze di comunità solidali costituite in area mediterranea. Arroyo Alumbra è una comunità energetica fondata ad Arroyomolinos de Leon (Huelva, Spagna), il cui obiettivo, promosso da Comune e associazioni civili, è assegnare alla popolazione rurale un ruolo specifico nella gestione di strutture di autoconsumo condivise e rendere l'energia un settore strategico per lo sviluppo e il coinvolgimento dei cittadini. CommonEn (Epiro, Grecia) mira a promuovere la democrazia energetica, ridurre i consumi e fare un uso sostenibile delle risorse energetiche locali; per raggiungere questi risultati la cooperativa si adopera per il coinvolgimento attivo della cittadinanza e il trasferimento delle conoscenze insieme con organizzazioni, Università e altre comunità energetiche all'estero. Entrambe le iniziative, pur sperimentando un approccio eco-sociale, restano operazioni legate a doppio filo alla condivisione e al commercio di energia elettrica, nate spesso e volentieri per risolvere problematiche tecniche legate alla geografia dei luoghi piuttosto che da uno stimolo evolutivo dei rapporti comunitari.

Il Gruppo di Ricerca ha studiato la possibilità di costituire Comunità Urbane Sostenibili a partire dagli edifici scolastici per l'istruzione superiore (Fig. 2), anche grazie all'accordo stipulato con l'Area Scuole della Città Metropolitana di Napoli. Lo studio, sviluppato anche nel progetto PRIN 2022 – FASTECH¹, ipotizza l'identificazione di tali comunità perimetrando secondo chiare logiche di raggi di influenza, bacini di utenza e risorse comuni gestibili.

In quest'ottica il paper illustra dapprima gli obiettivi della ricerca e la metodologia sperimentata per la creazione di Comunità Urbane Sostenibili, definendo criteri e indicatori per la valutazione di in-

terventi appropriati. Si descrivono a seguire il processo operativo per la stima della suscettività degli edifici pubblici a diventare fulcro di comunità energetiche, definite attraverso la mappatura delle ulteriori risorse nelle perimetrazioni individuate. Infine si riportano i risultati e le considerazioni sulla replicabilità del modello anche relativamente alle ricadute sociali ed economiche.

Obiettivi | In un contesto in cui l'edilizia rappresenta il settore maggiormente energivoro (JPI Urban Europe, 2020) l'efficiamento energetico dei comparti urbani costituisce un'azione chiave per l'ottimizzazione dei consumi e la riduzione delle emissioni inquinanti. Scopo dello studio è sviluppare una procedura per la progettazione di Comunità Urbane Sostenibili, considerando le attrezzature collettive come hub di gestione dell'energia, della sostenibilità e della salute dei cittadini, concepibile in reti spaziali interconnesse in grado di offrire servizi alla comunità e ingenerare impatti positivi a livello territoriale. A tal fine si intende fornire alle Amministrazioni locali un nuovo strumento per perimetrare comunità che possano condividere più risorse naturali (energia, acqua, vegetazione) e ottimizzare i consumi di energia operativa e le emissioni di gas serra.

A partire dall'implementazione di CER sugli edifici di Scuola superiore si punta a una strategia di mitigazione degli effetti del cambiamento climatico tramite la creazione di un sistema energetico competitivo e sostenibile. La Research Through Design confronta la performance energetica degli interventi ipotizzati sulla base di analisi effettuate a diverse scale, definendo le implicazioni relativamente a microclima urbano, vegetazione e gestione dell'acqua, per incoraggiare comportamenti virtuosi che contribuiscano alla creazione di comunità consapevoli degli effetti positivi della gestione collettiva delle proprie risorse.

Metodologia e fasi | Mutuando l'approccio intrapreso dalle Amministrazioni cittadine americane da diversi anni (Birch and Wachter, 2008) si mettono a punto processi di riqualificazione degli spazi pubblici per la tutela dell'ecosistema con criteri incentrati sull'integrazione di soluzioni ambientali. Il processo progettuale pilota ha previsto le fasi di analisi, progetto e verifica, ripetute ciclicamente per individuare le migliori soluzioni multiscale. Il caso di studio individuato è un'area nel Comune di Giugliano in Campania, attorno a un Istituto di istruzione superiore (Fig. 3), considerato come hub della Comunità (Fig. 4); l'area in esame è parte di un'urbanizzazione a bassa densità risalente ai primi anni '80 del Novecento, con il 44% di superfici permeabili.

Sulla scorta di una scoping review sul calcolo del potenziale energetico di una CER (Cielo et alii, 2021; Lazzeroni et alii, 2022) è stata implementata una nuova procedura per dimensionare comunità energetiche. Questa si compone di due fasi: il pre-dimensionamento, scaturito dall'identificazione dei rapporti costi-benefici relativi a ogni singolo edificio e la verifica, in cui si identifica, attraverso appositi indicatori, la soluzione che fornisce il miglior bilancio di energia. Nella fase di analisi si è effettuato il calcolo della quantità di energia producibile in un anno dall'impianto FV ipotizzato, del consumo dell'hub (fissato come costante nel periodo) e dei fabbisogni delle utenze domestiche.



Fig. 1 | UC Davis West Village (2018), designed by Studio E Architects (credit: Studio E Architects, 2018).

I valori di consumo energetico della Scuola e la quantità di energia producibile dall'impianto FV ipotizzato sono stati ricavati tramite il software di dimensionamento dei campi solari Blumatica Impianti Solari 2.0 (Tab. 1).

Il calcolo delle unità che possono usufruire dell'energia prodotta dall'impianto fotovoltaico ha utilizzato i profili di prelievo relativi alle utenze domestiche (GSE, 2022). Per mappare l'appartenenza delle unità alle comunità individuate, a partire dai dati ISTAT del 2021 è stato stimato il numero di Point of Delivery (POD) presenti in un edificio attraverso la relazione: $POD = P \times A$, dove: POD è il numero di POD in un edificio; P è la popolazione residente; A il numero di alloggi per residente (alloggi / residenti). L'applicazione delle relazioni matematiche alla base della procedura individuata identifica tre perimetrazioni della CER in funzione del risparmio economico (20%, 40% e 65%) in bolletta per ogni POD (Bosco, Giacobbe and Valente, 2023; Fig. 5). Confrontando quindi l'energia condivisibile all'interno della CER con quella producibile dall'impianto, tramite gli indicatori selezionati si è determinata la soluzione energeticamente più efficiente tra quelle più vantaggiose dal punto di vista economico (Fig. 6).

Le comunità energetiche attualmente costituite in Italia non prevedono necessariamente misure di efficientamento degli edifici coinvolti, siano essi hub o semplici consumatori. Lo studio non ha dunque ancora preso in considerazione i vantaggi derivanti da interventi di retrofit energetico degli edifici che, seppur frutto di iniziativa privata, contribuiscono alla riduzione dei consumi. Infatti si rileva che nella Città Metropolitana di Napoli, nel 2022, le misure di efficientamento energetico degli edifici hanno prodotto un risparmio di 29 GWh a fronte di una spesa media di € 150 per abitante (ENEA, 2022).

Si sono valutati i potenziali effetti della progettazione ambientale sul microclima locale per ottimizzare i consumi energetici della comunità nei periodi più critici: nelle analisi effettuate con il software di simulazione termo-fluidodinamica ENVI-met 5.6.1 non sono state riscontrate particolari criticità per il periodo invernale, mentre per quello estivo sono state individuate le aree dalle condizioni climatiche più sfavorevoli e, contestualmente, i picchi di consumi energetici (Fig. 7).

Le infrastrutture verdi forniscono servizi ecosistemici di varia natura, compresa quella energetica, dalla termoregolazione all'assorbimento degli

inquinanti presenti nell'aria e nell'acqua che solca le strade prima di confluire nel sottosuolo (Albert et alii, 2021; Clemente et alii, 2022). La posizione degli alberi e la loro distanza dagli edifici (18 metri circa) possono influenzare la quantità di energia utilizzata per condizionarli, riducendo le temperature dell'aria, la ventilazione e fornendo ombra (McPherson et alii, 1999; Fig. 8). Con il software i-Tree Eco 6.0 sono stati calcolati i benefici energetici e i servizi ecosistemici fornibili dagli alberi alla comunità, mentre in relazione agli aspetti idraulici è stato individuato il bacino idrografico sotteso alla massima espansione della comunità per ricavare il fabbisogno di raccolta e gestione di acqua piovana che le infrastrutture verdi dovranno garantire (Fig. 9).

Il progetto pilota | A partire dalle considerazioni di analisi, nel progetto pilota sono stati definiti interventi di miglioramento del comfort termico globale dell'area della comunità che impattano indirettamente sulla prestazione energetica degli edifici considerati (Campiotti et alii, 2018). Si è prevista la piantumazione di nuove specie arboree in base alle necessità di intervento (aumento dell'ombreggiatura, attenuazione dell'intensità del vento, drenaggio delle acque); per diminuire i valori di albedo si è previsto, inoltre, di sostituire le pavimentazioni esistenti scegliendo materiali di colore più chiaro, mentre per aumentare la permeabilità locale e la vegetazione sono state individuate aree in cui posizionare le tipologie di Green Stormwater Infrastructure (GSI) ritenute compatibili studiando le linee di deflusso delle acque. Gli spazi pubblici sono stati ripensati con fasce vegetali dimensionate in funzione della larghezza della sede stradale, migliorando il comfort degli utenti e incentivando la mobilità dolce con l'integrazione di piste ciclabili.

Nella fase di verifica il confronto delle soluzioni di metaprogetto attraverso i valori degli indicatori selezionati ha mostrato le performance energetiche e ambientali delle diverse soluzioni tecnologiche, definendo le prestazioni negli ambiti considerati (microclimatico, vegetazionale, idraulico) in chiave di efficienza energetica (Fig. 10).

L'intervento consiste principalmente nella riqualificazione degli spazi esterni e nell'incremento della copertura vegetale adeguati al contesto geografico e morfologico dell'area di intervento; nuovi serramenti e sistemi per la produzione di energia, invisibili dalla strada, non altereranno il paesaggio urbano circostante. All'applicazione di soluzioni specifiche per il sito si è preferito ragionare sull'elaborazione di modelli tipologici che possano guidare le Amministrazioni nell'applicazione di tali dispositivi. Le trasformazioni ipotizzate mirano a rinforzare strutturalmente la coesione della comunità, più che realizzare edifici formalmente più attraenti (Fig. 11).

Risultati | Le analisi effettuate hanno permesso di valutare le prestazioni della CER in tre configurazioni che comprendono da 272 a 622 unità abitative. Il Self-Consumption Index (SCI) definisce l'efficienza in funzione della quantità di energia rinnovabile consumata rispetto a quella producibile, stimata in valori del 57% per 272 unità servite, del 71% per 363 e del 96% per 622. Ne deriva che l'efficienza massima dell'impianto FV si ottiene con la configurazione che coinvolge il maggior nu-

mero di unità abitative (Fig. 6c). Il valore del Self-Sufficiency Index (SSI) calcolato per tale soluzione indica che l'energia rinnovabile copre il 36% del fabbisogno totale della comunità. Per quanto riguarda gli impatti ambientali derivanti dall'installazione e dall'utilizzo dell'impianto FV, il CO₂ Index definisce un risparmio di emissioni di CO₂eq pari all'81% (Fig. 12).

Le simulazioni termo-fluidodinamiche eseguite valutando le temperature registrate nel giorno più caldo del 2022 (28 giugno) mostrano miglioramenti significativi delle condizioni ambientali di progetto negli orari considerati, con un decremento fino al 15% del valore di PMV, fino a 1,5 °C nella temperatura potenziale dell'aria e fino a 3,4 °C nella temperatura superficiale.

Il progetto della componente vegetale prevede la piantumazione strategica di 268 nuovi alberi con un risparmio sui costi energetici degli edifici adiacenti di 1.610 €/anno, maggiore del 540% rispetto alle condizioni di partenza (162 alberi). Inoltre gli alberi aggiunti determinano un risparmio di emissioni di carbonio dalle centrali elettriche a combustibili fossili pari a circa 8 quintali (€ 129 CO₂eq).

Vengono anche ampliate le aree permeabili dell'81%, con un trascurabile incremento del tasso di umidità relativa (2%), generando un beneficio tangibile in termini di spazi verdi urbani fruibili e zone ombreggiate. Tali valori si traducono in un incremento degli indici RIE dello 0,74% e BAF del 4,5% nelle aree pubbliche e rispettivamente del 20% e 28% nel solo lotto della Scuola. Si riscontrano inoltre gli effetti positivi dell'aumento strategico del verde urbano sul comfort di fruizione dell'edificio scolastico: considerando la trasmittanza dei materiali delle tamponature e la temperatura esterna prima e dopo gli interventi, si evince una diminuzione naturale della temperatura interna della scuola di 0,6 °C.

La riprogettazione sostenibile della comunità valorizza i servizi ecosistemici, attribuendo un ruolo cruciale alle infrastrutture verdi e blu per la trasformazione del territorio. Le GSI, oltre ad aumentare la vegetazione nelle aree urbanizzate, offrono valide soluzioni per il drenaggio sostenibile e la gestione dell'acqua piovana, evitando dispendiose modifiche del sistema esistente. Il progetto di soluzioni tecniche e vegetali nelle GSI (Fig. 13) consente di raccogliere fino al 28% dell'acqua stimata durante una pioggia di 30 minuti con un intervallo di ritorno ventennale (Valente and Mozingo, 2023). L'affidamento della manutenzione di queste infrastrutture verdi alla comunità costituisce un ulteriore ambito di impegno condiviso e partecipazione attiva dei cittadini (Brignone, Cellamare and Simoncini, 2023): la gestione partecipata delle GSI diventa così un ulteriore tassello nel percorso di transizione ecologica verso luoghi più sani e sostenibili. Lo scambio di conoscenze, competenze e attività contribuisce alla tessitura della comunità, consolidandone i legami interni e il senso di identità locale.

Limiti, prospettive future e riflessioni conclusive | Il lavoro evidenzia, al momento, i benefici derivanti dalla gestione locale e integrata di energia, vegetazione e acqua attraverso la progettazione di sistemi eco-tecnologici nell'Italia meridionale, continuamente stimolato dal confronto con innovative e ambiziose esperienze nordamericane, al

netto delle rispettive differenze ambientali e normative.

L'utilizzo di tecnologie avanzate per l'efficiamento energetico comporta benefici ambientali ed economici la cui quantificazione, soprattutto dal punto di vista sociale, richiede una ulteriore raccolta di dati ottenibili coinvolgendo direttamente la popolazione e gli altri stakeholders (Fischer, 2021). In mancanza di tali informazioni si sono formulate ipotesi basate sulle mediane dei consumi energetici ricavate da portali di statistica e gestori energetici; studi dimostrano che anche la realizzazione di infrastrutture verdi comporta ritorni economici a medio-lungo termine e ulteriori benefici per la comunità (MATTM, 2014). Gli sviluppi della ricerca interdisciplinare PRIN 2022 comprenderanno valutazioni integrate di tali benefici connessi al retrofit energetico rapido degli edifici e l'individuazione di indicatori di prestazione, quali la creazione di 'green job', il livello di coinvolgimento della cittadinanza, i miglioramenti nella qualità della vita e il rafforzamento delle comunità.

In tale ottica sono stati somministrati questionari mirati ai responsabili delle CERS esistenti e in progetto per comprendere gli aspetti legati alle peculiarità del contesto, le dinamiche organizzative interne e le sfide operative affrontate da queste entità. Il primo gruppo di risposte registrate palesa ostacoli legati alla ancora scarsa competenza delle Amministrazioni locali nel fornire supporto alla costituzione delle comunità. D'altro canto si registrano anche incertezze in merito alla gestione a lungo termine delle CER, dopo l'interruzione degli incentivi economici: in merito si evince la volontà da parte degli stakeholders di ampliare le opportunità di condivisione all'interno delle comunità: dal momento che i temi della transizione ecologica e delle comunità energetiche sono trattati estensivamente anche all'interno del PNRR (Boulangier et alii, 2021), è necessario implementare strategie per l'abbattimento di tali barriere alla diffusione capillare delle CER.

Il confronto tra le realtà italiane e di oltreoceano, che proseguirà individuando gli ulteriori indicatori, evidenzia come il vantaggio temporale delle Amministrazioni statunitensi nel pianificare questo tipo di interventi abbia prodotto normative energetiche estremamente precise e modalità di finanziamento pubblico / privato snelle ed efficaci. Questi due elementi facilitano gli investimenti nel settore permettendo di realizzare operazioni che, al netto delle differenze legate a disponibilità di spazi e densità abitativa, sono tecnologicamente alla portata del nostro Paese.

Lo studio ha testato il potenziale dei tetti degli edifici scolastici pubblici per l'installazione di impianti di energia da fonti rinnovabili condivisa dalla comunità. Tuttavia questo approccio può essere ampliato sfruttando anche le superfici di altre aree pubbliche, come parcheggi e spazi aperti, per soddisfare quote ancora maggiori del fabbisogno energetico locale. Il protocollo permette una valutazione accurata del dimensionamento di tali impianti per massimizzare il potenziale di produzione e risparmio, per una pianificazione razionale degli investimenti. Gli interventi di retrofit degli edifici devono accompagnarsi a un ripensamento degli spazi pubblici in un'ottica di condivisione allargata delle risorse (Tucci and Cecafozzo, 2020; Tucci and Giampaletti, 2022; Tucci, Altamura and Panni, 2023). L'impiego di soluzioni di condivisione

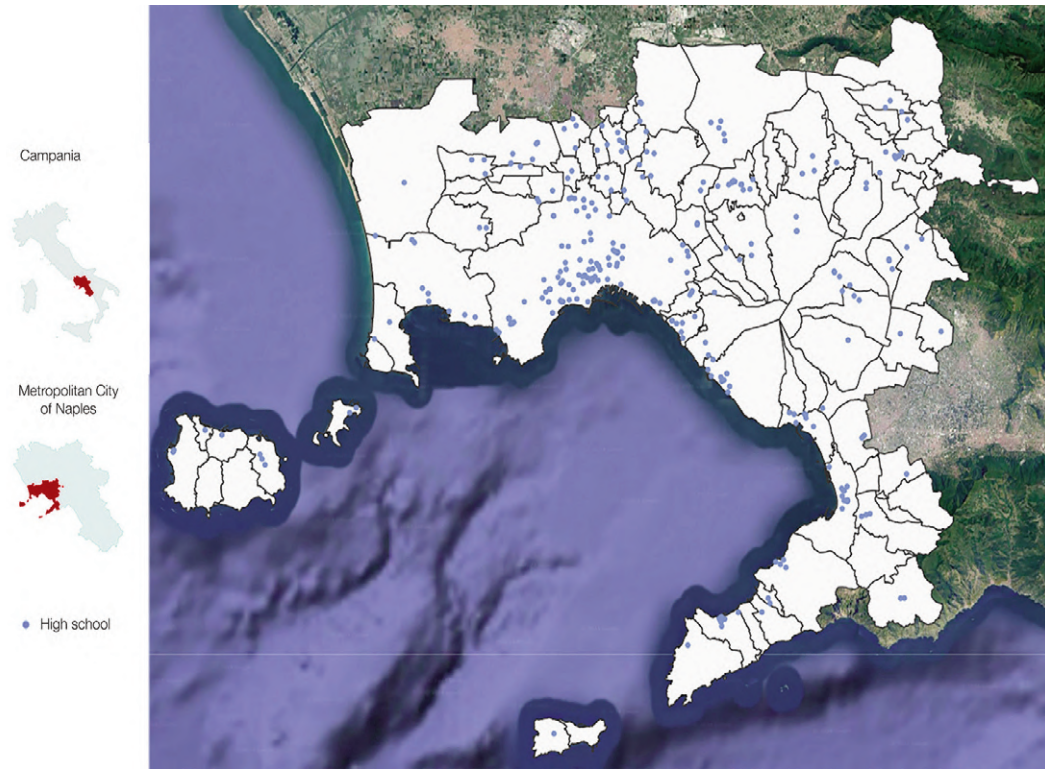
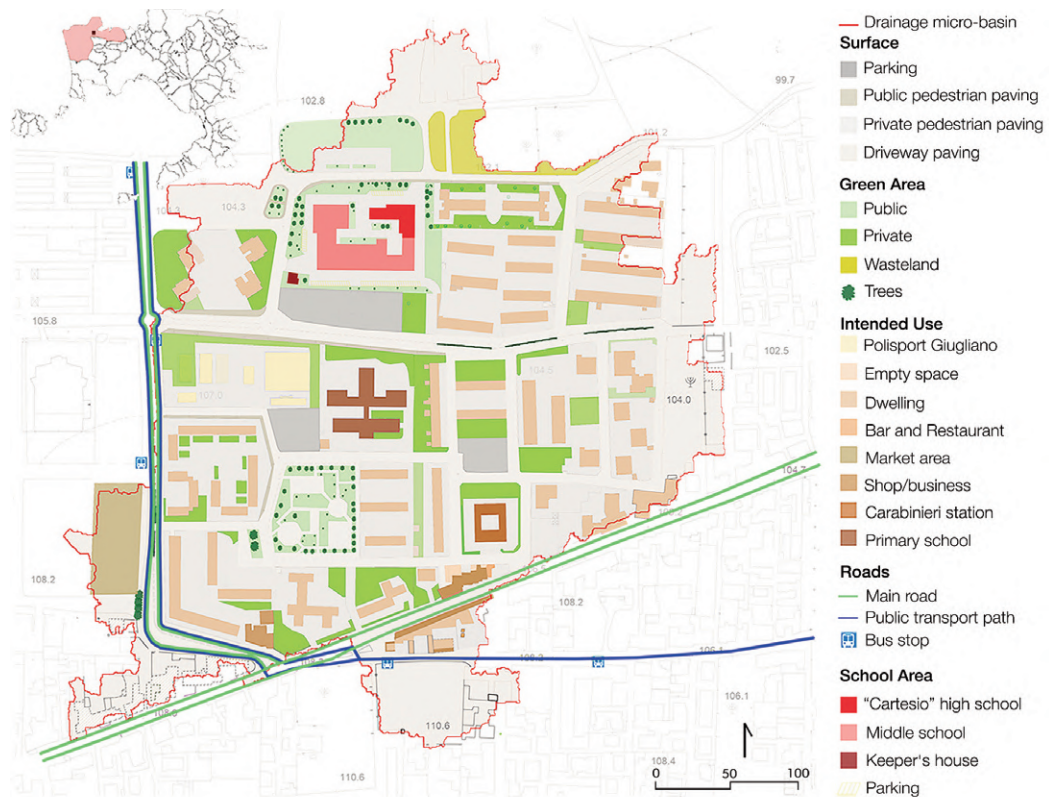


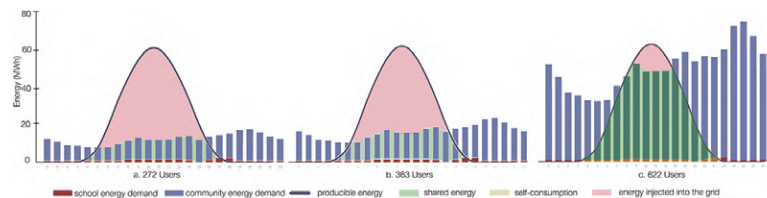
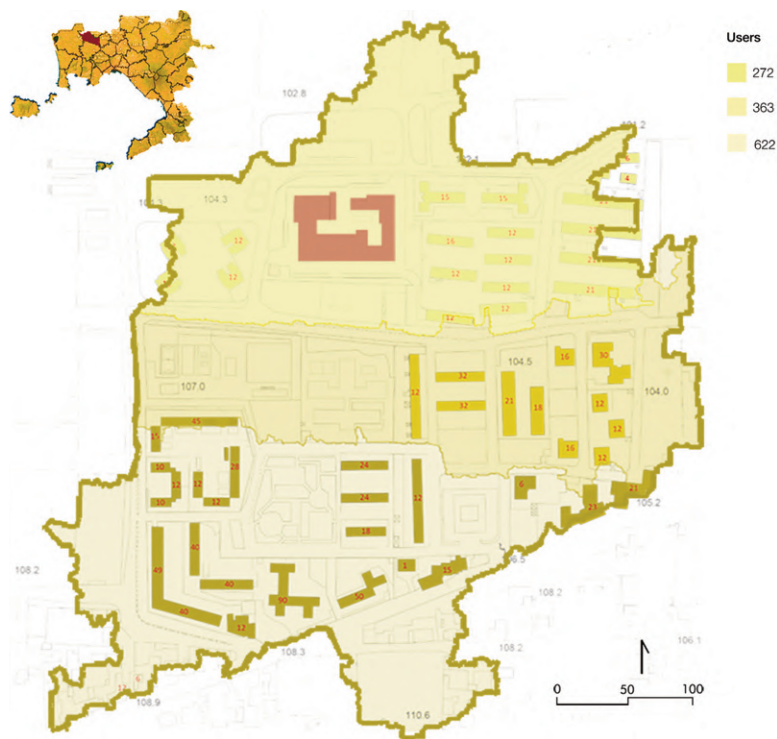
Fig. 2 | The Metropolitan City of Naples 'Schools Area' manages 292 school buildings for Higher Education in an area of 1,171 km squared, including 92 Municipalities (source: ediliziascolastica.regione.campania.it).



Fig. 3 | The School, hub of the case study (credit: the Authors, 2024).

Fig. 4 | Environmental analysis of the area delimited by the Renewable Energy Community (credit: the Authors, 2024).





User	Energy produced (MWh)	Energy injected (MWh)	Self-consumed energy (MWh)	Energy drawn from the grid (MWh)	Shared energy (MWh)	Energy injected and not shared (MWh)	Energy consumed (MWh)
a. 272 Users	467.1	435.6	31.5	237.1	237.1	198.5	268.5
b. 363 Users	467.1	435.6	31.5	299.2	299.2	136.4	330.6
c. 622 Users	467.1	435.6	31.5	415.9	415.9	19.7	447.3

Fig. 5 | Energy analysis of the study area with identification of the possible perimeters of the REC (credit: the Authors, 2024).

Fig. 6 | Analysis of the maximum efficiency of the PV system for 600 residential units (credit: the Authors, 2024).

Tab. 1 | Energy parameters as a function of the three perimeters.

e modelli di economia circolare può ampliare gli ambiti di scambio, superando la mera dimensione energetica. Il tempo, le competenze, i beni di consumo e gli spazi stessi possono essere oggetto di nuove forme di fruizione collettiva e gestione collaborativa.

Questo studio offre a studiosi, progettisti, politici e tecnici delle Amministrazioni locali una metodologia per la progettazione integrata di ambienti altamente sostenibili: ai fini dell'efficiamento energetico, il protocollo originale sperimenta criteri qualitativi per valutare efficacia, efficienza e impatto comunitario delle azioni di trasformazione delle attrezzature pubbliche in strutture performanti, adeguate alle rinnovate e specifiche esigenze locali. Il procedimento rappresenta uno strumento di diagnostica dello stato delle risorse replicabile in differenti configurazioni geografiche e urbane, e integra strumenti riconosciuti e affidabili per definire adeguati interventi migliorativi.

L'incremento della vegetazione a seguito del ridisegno degli spazi aperti secondo criteri di sostenibilità e di gestione delle acque meteoriche attraverso sistemi basati sulla natura può rappresentare la frontiera di un'evoluzione nella produzione edilizia dedicata che ne agevoli l'implementazione alla scala più diffusa. Le relazioni spaziali tra singole attrezzature diventano cruciali nell'organizzazione di un quadro di servizi in grado di generare benefici su parti più estese della città e del territorio (Marchigiani and Basso, 2021; Leone, Amirante and Sferratore, 2023).

È necessario un aggiornamento delle normative che consideri le attrezzature urbane come rete intelligente di supporto alla pianificazione di interventi strategici per il miglioramento dello stato delle risorse naturali. Ripensando le attrezzature urbane come catalizzatori di servizi integrati per gli abitanti si rivelano le grandi potenzialità di rigenerazione degli insediamenti esistenti; il rinnovamento pianificato a tale scala, a partire dal patrimonio pubblico, oltre che generare soluzioni adeguate alle specificità dei territori, può incoraggiare

la popolazione verso comportamenti virtuosi nella gestione delle risorse di comunità, dei servizi e dell'ambiente.

Solo attraverso un impegno collettivo, che integri l'innovazione tecnologica e la partecipazione attiva dei cittadini, sarà possibile raggiungere gli ambiziosi obiettivi di decarbonizzazione e di transizione verso un futuro energetico sostenibile.

The United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2022) has emphasised the crucial role of environmental justice in urban adaptation policies. Europe aims to be a global model in energy transition and carbon emission reduction, with a key focus on cities and buildings. In this direction, it has introduced Positive Energy Districts (PEDs) to reduce energy imports and carbon emissions in sustainable urbanisation, aspiring to increase renewable energy production (European Commission, 2019). On the one hand, such urban energy systems constitute a network with which users interact to meet the needs of the connected community (JPI Urban Europe, 2020); on the other hand, the social regeneration of cities originates from the community itself, based on principles of collaboration and shared responsibility between citizens and third-sector organisations (Ferrante, Romagnoli and Villani, 2023).

Renewable Energy Communities (RECs) define models to promote the transition to a competitive energy system (Antonazzi et alii, 2023) marked by decarbonisation, democratisation and decentralisation of the sector. In Italy, CER Decree no. 414 of 07/12/2023 (MASE, 2023) promotes the establishment and development of communities involving numerous users, allowing the installation of RES plants up to 1 MWp. Broadening the potential participation of buildings connected to the same primary substation increases the possibility of giving meaning, social value, and environmental effectiveness to the concept of energy communi-

ty, opening up scenarios of collective management of more resources (Otamendi-Irizar et alii, 2022). However, gaps in strategies and uneven development at the territorial and association levels still emerge in practice, generating uncertainties about scalability and replicability of projects.

Like unalienable resources to the community (water, health, education), considering energy distribution and management is typically a public duty, unified by general regulations. The quantities of equipment regulated by Interministerial Decree no. 1444 of 02/04/1968 (Ministero dei Lavori Pubblici and Ministero dell'Interno, 1968) define a tangible and symbolic space for the community in which significant processes of renewal of the existing city can be initiated (Renzoni et alii, 2021; D'Ambrosio and Sgobbo, 2023). The services provided must fulfil the material and immaterial needs of a community (Solarino, 2008), defining the character or main purpose of a settlement. This perspective suggests overcoming an isolated reading of urban spaces and services, legislatively defined only in quantitative terms, reconsidering them as connected spatial systems capable of distributing resources and providing integrated services to inhabitants.

In Italy, examples of RECs such as Magliano Alpi (CN) and Montelabbate (PU) and the CERS in San Nicola da Crissa (VV), set up for public buildings, show the possibility, initiated by the energy

Next page

Fig. 7 | Analysis of the microclimate: the areas with the greatest critical issues were found through the in-depth study of the thermo-fluid-dynamic simulations using the ENVI-met software (credit: the Authors, 2024).

Fig. 8 | Vegetation analysis (credit: the Authors, 2024).

Fig. 9 | Hydraulic analysis: drainage basins on public land according to the flow lines (credit: the Authors, 2024).

Fig. 10 | Performance indicators identified for the energy-environmental upgrading of the case study (credit: Authors, 2024).

issue, of promoting civic participation by strengthening the sense of belonging and environmental responsibility, which are fundamental to establishing policies of sharing and integrated management of collective resources. Setting up ERCs on the roofs of public buildings can foster the replicability of initiatives that combine the two goals of climate and social justice (Legambiente, 2022). In particular, educational institutions are already by destination and territorial scope aggregative hubs, when their size and geometry allow the installation of appropriate systems to transform them into hubs of such communities (Bosco et alii, 2023).

An American model is the West Village on the campus of UC Davis, California, the largest 'net zero energy' community in the United States, dating back to 2011 (Fig. 1). Although energy consumption simulation models do not report the achievement of total autonomy, the community's performance is far better than local regulatory energy requirements (Moghaddasi, Culp and Vanegas, 2021). This is made possible by the combined use of photovoltaic (PV) systems, anaerobic digestion of waste to produce energy, and storage systems, as well as numerous energy efficiency measures in buildings and for transportation, such as electric vehicles, bike lanes, and shuttles. Moreover, it is com-

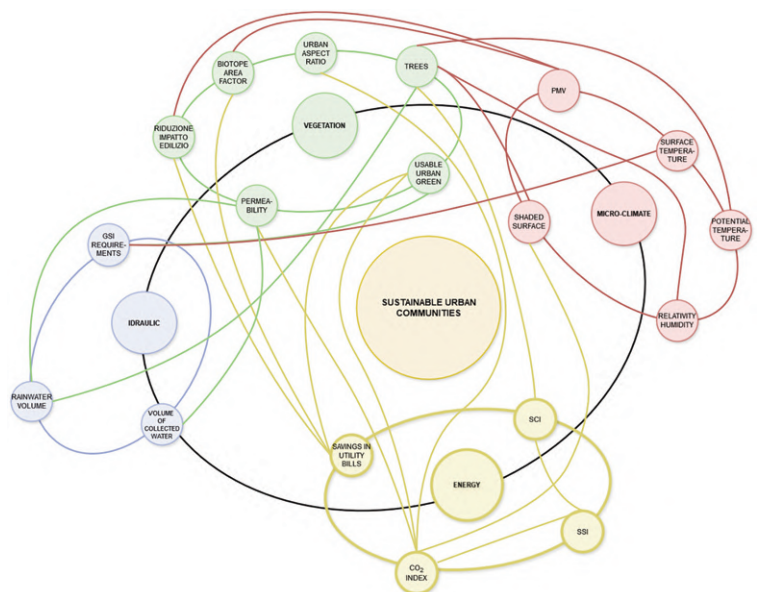
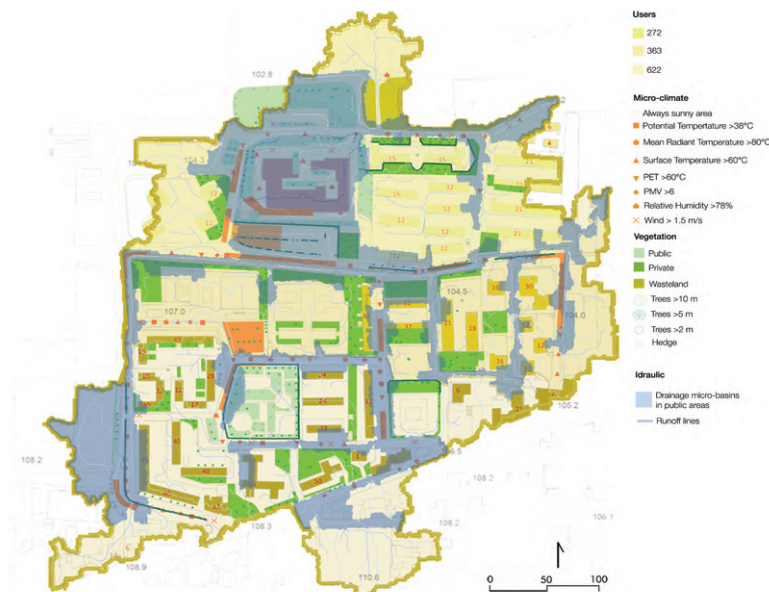
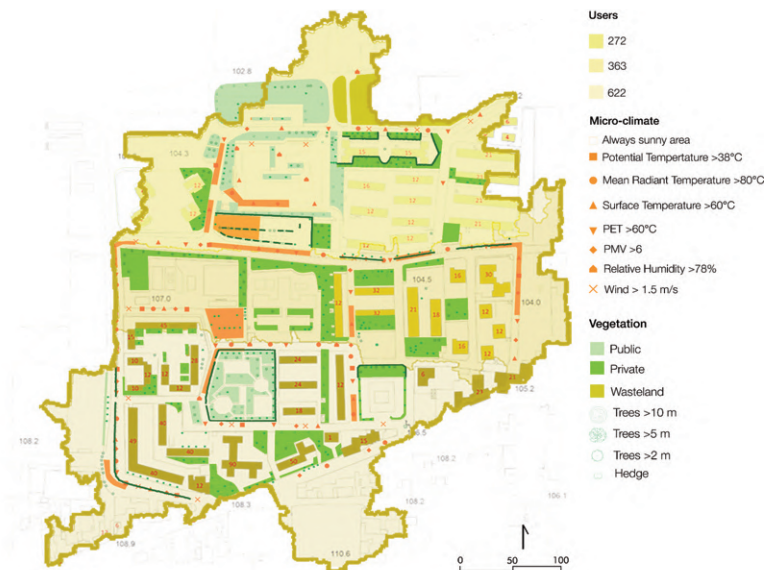
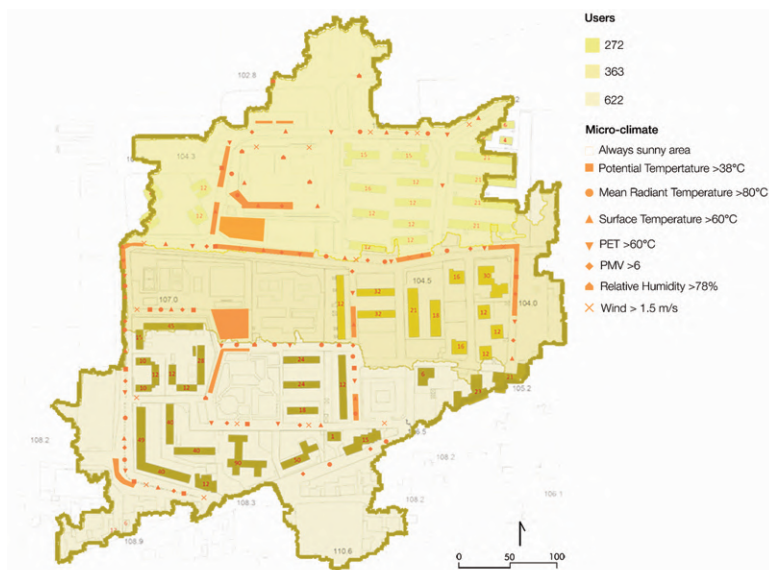
mon practice in the United States to use school spaces as cross-sector community support, particularly through the installation of green infrastructure (Zhang et alii, 2020) that combines the benefits of greening learning environments (energy savings, improved air quality, impacts on learner well-being and performance) and those of stormwater management, while also representing an educational tool for younger members of the community.

Finally, at the European Union level, relevant examples of solidarity communities established in the Mediterranean area also exist. Arroyo Alumbra is an energy community founded in Arroyomolinos de Leon (Huelva, Spain), whose project objective, promoted by the municipality and civil associations, is to assign the rural population a specific role in the management of shared self-consumption facilities and to make energy a strategic sector for development and citizen involvement. CommonEn (Epirus, Greece) aims to promote energy democracy, reduce consumption, and make sustainable use of local energy resources. To achieve these results, the cooperative works for active citizen involvement and knowledge transfer together with organisations, Universities, and other energy communities abroad. While experimenting with an eco-social approach, both initiatives

remain operations that are inextricably linked to the sharing and trading of electricity, often born out of solving technical issues related to the geography of places rather than from the catalytic evolution of community relations.

The Research Group has studied the feasibility of establishing Sustainable Urban Communities starting with school buildings for higher education (Fig. 2), thanks partly to the agreement entered into with the Naples Metropolitan City Schools Area. The study, also developed in the PRIN 2022 – FASTECH¹ project, hypothesises the identification of such communities by assessing them according to clear logics of radii of influence, catchment areas and manageable common resources.

With this in mind, the paper first outlines the research objectives and the methodology tested for creating Sustainable Urban Communities, defining criteria and indicators for the evaluation of appropriate interventions. This is followed by a description of the operational process for estimating the susceptibility of public buildings to become hubs of energy communities, defined by mapping additional resources in the identified catchment area. Finally, the study reports results and considerations on the replicability of the model, with regard to social and economic impacts.



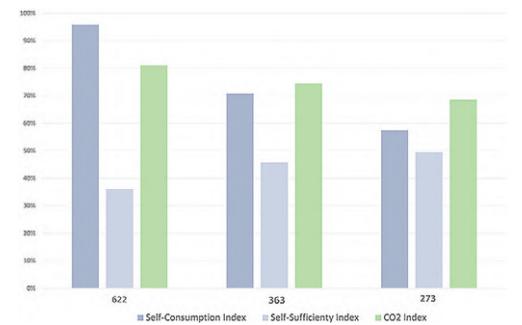
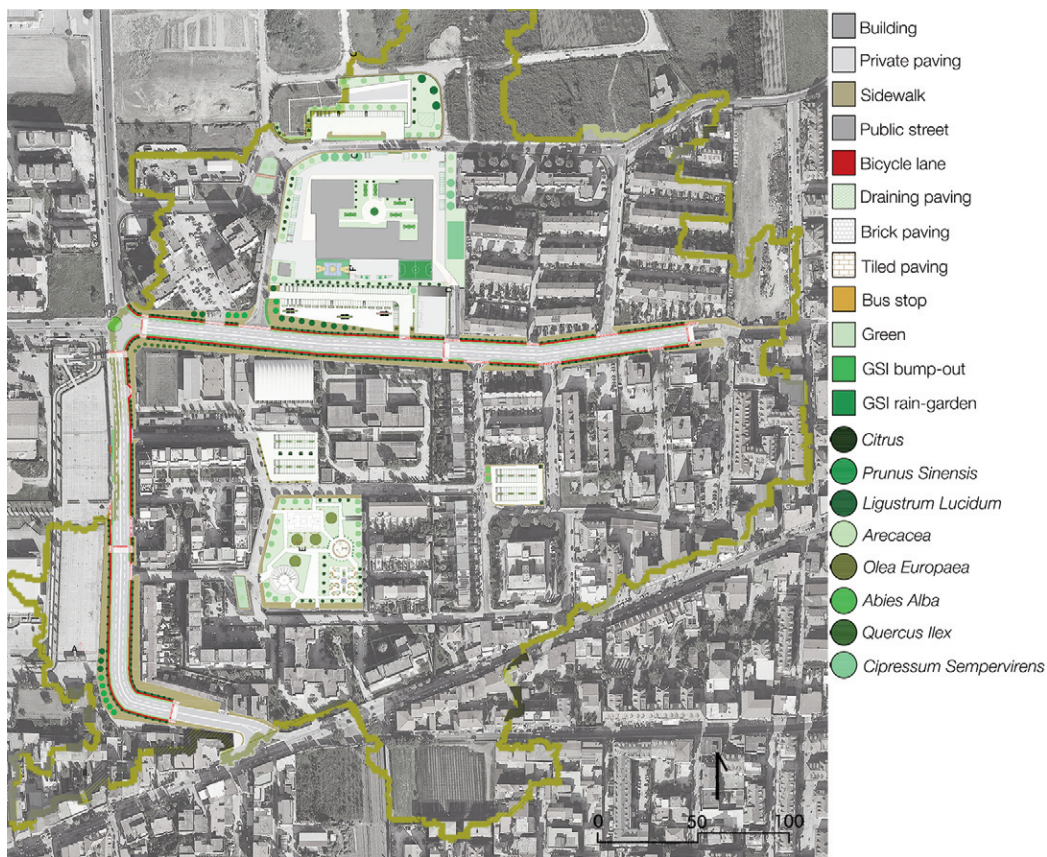
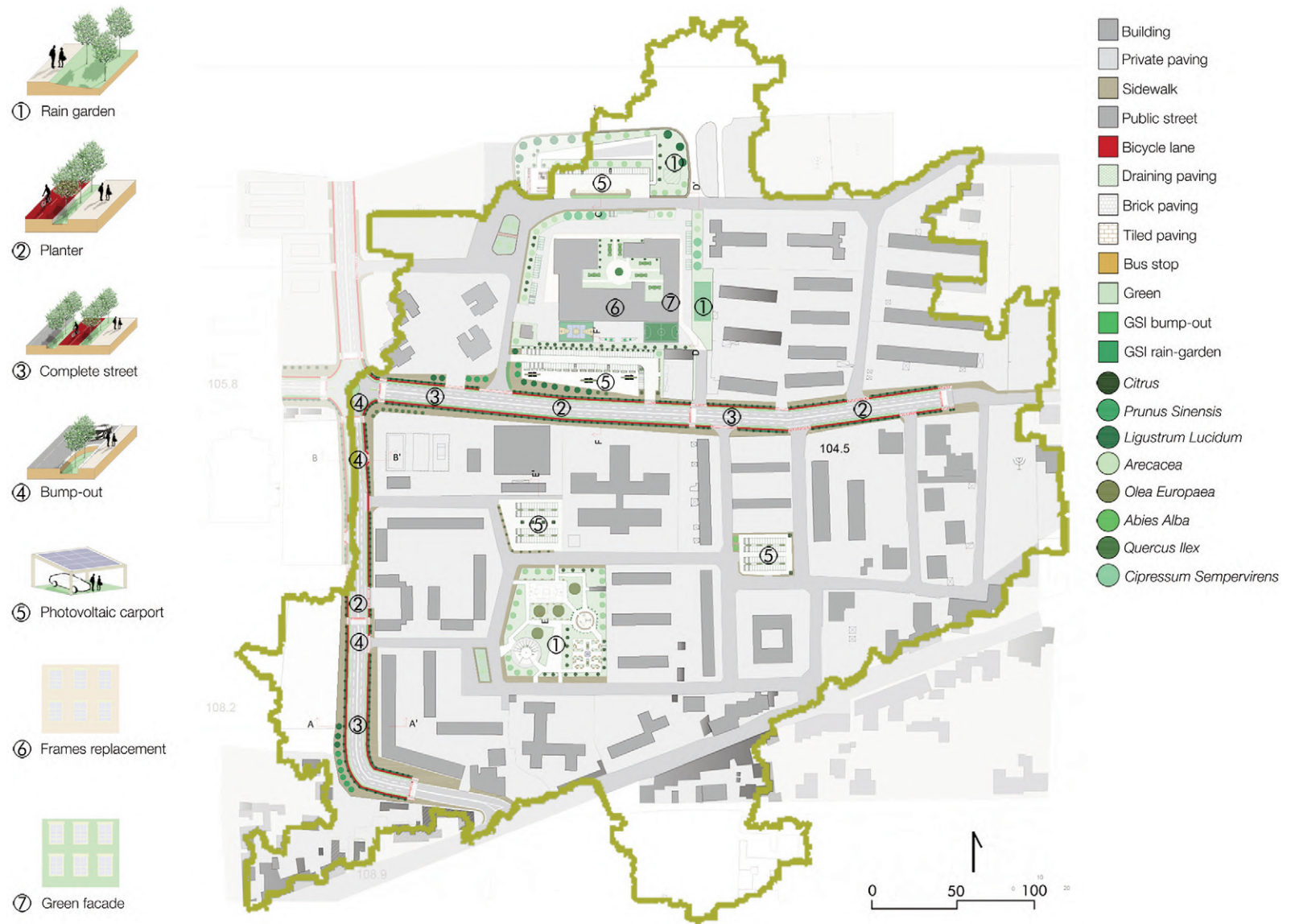


Fig. 11 | Pilot area project (credit: the Authors, 2024).

Fig. 12 | Energy Indicator Values (credit: the Authors, 2024).

Fig. 13 | Abacus of solutions for the pilot area project (credit: the Authors, 2024).

Objectives | In a context in which buildings represent the most energy-intensive sector (JPI Urban Europe, 2020), energy efficiency in urban neighbourhoods is a key action for optimising consumption and reducing pollutant emissions. The study aims to develop a procedure for the design of Sustainable Urban Communities, considering collective facilities as hubs of energy management, sustainability, and citizen health, conceiving them in interconnected spatial networks capable of providing community services and ingenerating positive impacts at the territorial level. This is done by providing local governments with a new tool to define communities that can share multiple natural resources (energy, water, vegetation) and optimise operational energy consumption and greenhouse gas emissions.

Beginning with the implementation of RECs directed to High School buildings, the focus is on a strategy to mitigate the effects of climate change by creating a competitive and sustainable energy system. Research Through Design compares the energy performance of the hypothesised interventions based on analysis at different scales, defining the implications with respect to urban microclimate, vegetation and water management and encouraging virtuous behaviours that contribute to the creation of communities aware of the positive effects of the collective management of their resources.

Methodology and phases | Borrowing the approach taken by U.S. city governments for several years (Birch and Wachter, 2008), criteria focused on integrating environmental solutions define processes for redeveloping public spaces to enhance and protect ecosystems. The pilot design process included the phases of analysis, design and verification, reiterated to identify the best multi-purpose solutions. The case study is located in the Municipality of Giugliano (Italy), around an Institute of Higher Education (Fig. 3), considered a community hub (Fig. 4). The area around the school is part of a low-density urbanisation dating back to the early 1980s, with 44% permeable surfaces.

Based on a scoping review on calculating the energy potential of a REC (Cielo et alii, 2021; Lazzeroni et alii, 2022), the study implemented a new procedure for sizing energy communities. This consists of two stages: pre-dimensioning, arising from identifying cost-benefit ratios related to each building, and verification, in which the solution that provides the best energy balance is identified through appropriate indicators. In the analysis phase, calculations determined the amount of energy that can be produced in one year by the assumed PV system, the hub's consumption (set as constant over the period), and the needs of the household users. The school's energy consumption values and the amount of energy the assumed PV system can produce were derived using the solar field sizing software Blumatica Solar Systems 2.0 (Tab. 1).

The calculation of the units that can take advantage of the energy produced by the PV system used the withdrawal profiles for households (GSE, 2022). To map the membership of the units in the identified communities, the number of Points of Delivery (PODs) in a building was estimated from the 2021 ISTAT data through the relationship: $POD = P \times A$, where POD is the number of PODs in a building, P is the resident population,

and A is the number of housing units per resident (housing / residents). The application of the mathematical relationships underlying the identified procedure identified three perimeters of the REC as a function of utility bill savings (20%, 40%, and 65%) for each POD (Bosco, Giacobbe and Valente, 2023; Fig. 5). By then comparing the shareable energy within the REC with the energy that the plant can produce, the most energy-efficient of the cost-effective solutions was determined through the selected indicators (Fig. 6).

The energy communities currently established in Italy do not necessarily include efficiency measures for the comprised buildings, whether they are hubs or mere consumers. Thus, the study still needs to take into account the benefits of building energy retrofit measures that, although the result of private initiatives, contribute to reducing consumption. In fact, in the Metropolitan City of Naples, in 2022, building energy efficiency measures produced savings of 29 GWh against an average expenditure of € 150 per inhabitant (ENEA, 2022).

The potential effects of environmental design on the local microclimate were evaluated to optimise community energy consumption during the most critical periods. In the analyses carried out with the thermo-fluid dynamics simulation software ENVI-met 5.6.1, no particular criticality exists for the winter period, while for the summer period, it identified areas with the most unfavourable climatic conditions and, concomitantly, peak energy consumption (Fig. 7).

Green infrastructure provides ecosystem services of various kinds, including energy, from thermoregulation to the absorption of pollutants in the air and water that run through roads before flowing underground (Albert et alii, 2021; Clement et alii, 2022). The location of trees and their distance from buildings (about 18 meters) can influence the amount of energy used to condition them, reducing air temperatures, ventilation, and providing shade (McPherson et alii, 1999; Fig. 8). The i-Tree Eco 6.0 software calculated the energy benefits and ecosystem services that trees can provide to the community, while in relation to hydrology, the catchment area underlying the maximum expansion of the community establishes the rainwater harvesting and management that needs to be provided by the green infrastructure (Fig. 9).

The pilot project | Starting from the analysis, the pilot project defines the interventions to improve the overall thermal comfort of the community area that indirectly impact the energy performance of the site buildings (Campiotti et alii, 2018). The planting of new tree species plans for increased shading, mitigation of wind intensity, and water drainage. To decrease albedo values, lighter-coloured materials replace existing pavements, while to increase local permeability and vegetation, runoff flows determined the placement of compatible Green Stormwater Infrastructure (GSI). Public spaces include vegetated belts sized according to the width of the roadway, improving user comfort, and encouraging soft mobility with the integration of bicycle lanes.

In the testing phase, the comparison of the meta-project solutions through the values of the selected indicators shows the energy and environmental performance of the various technological solutions, defining the performance in the

study areas (microclimatic, vegetation, hydraulic) in terms of energy efficiency (Fig. 10).

The project mainly consists of upgrading outdoor spaces and increasing the vegetation cover appropriate to the geographical and morphological context of the intervention area. New windows and doors and energy production systems, invisible from the street, will not alter the surrounding urban landscape. The systematic application of site-specific solutions can suggest typological models to guide local authorities in applying such devices. The hypothesised transformations aim to structurally reinforce community cohesion, before realising more formally attractive buildings (Fig. 11).

Results | The analyses carried out assessed the performance of the REC in three configurations comprising 272 to 622 housing units. The Self-Consumption Index (SCI) defines efficiency as a function of the amount of renewable energy consumed versus the amount of renewable energy that can be produced, estimated to be 57% for 272 units served, 71% for 363, and 96% for 622². It follows that the maximum efficiency of the PV system is obtained with the configuration involving the largest number of housing units (Fig. 6c). The Self-Sufficiency Index (SSI) value calculated for this solution indicates that renewable energy covers 36% of the total needs of the community. About the environmental impacts of installing and using the PV system, the CO₂ Index defines a CO₂eq emission savings of 81% (Fig. 12).

Thermo-fluid dynamics simulations conducted by inputting the temperatures recorded on the hottest day of 2022 (June 28) show significant improvements in environmental conditions at peak hours, with a decrease of up to 15% in the PMV value, up to 1.5 °C in the potential air temperature, and up to 3.4 °C in the surface temperature. The design of the vegetation component involves the strategic planting of 268 new trees with energy cost savings from adjacent buildings of € 1,610/year, 540% greater than the baseline conditions (162 trees). In addition, the added trees result in carbon emission savings from fossil fuel power plants of about eight quintals (€ 129 CO₂eq).

Permeable areas increase by 81%, with a negligible increase in relative humidity (2%), generating a tangible benefit in terms of usable urban green spaces and shaded areas. These values translate into an increase in RIE indices of 0.74% and BAF of 4.5% in public areas and 20% and 28% in the school site alone, respectively. The positive effects of the strategic increase of urban greenery extend the thermal comfort of the school building fruition. Considering the transmittance of building materials and the outdoor temperature before and after the interventions infers a natural decrease in the school's indoor temperature of 0.6 °C.

Sustainable community redesign enhances ecosystem services, giving a crucial role to green and blue infrastructure for land transformation. In addition to increasing vegetation in urbanised areas, GSIs offer valuable solutions for sustainable drainage and stormwater management, avoiding costly modifications to the existing system. The design of technical and vegetation solutions in GSIs (Fig. 13) allows the collection of up to 28% of the estimated water during a 30-minute rainfall with a 20-year return interval (Valente and Mozingo

go, 2023). Entrusting the maintenance of these green infrastructures to the community is another area of shared commitment and active citizen participation (Brignone, Cellamare and Simoncini, 2023). The participatory management of GSIs thus becomes an additional piece in the path of ecological transition to healthier and more sustainable places. The exchange of knowledge, skills and activities contributes to the weaving of the community, strengthening its internal ties and sense of local identity.

Limits, future prospects and concluding considerations | The work currently highlights the benefits of local and integrated management of energy, vegetation and water through the design of eco-technological systems in Southern Italy, continually stimulated by comparison with innovative and ambitious North American practices, notwithstanding their respective environmental and regulatory differences.

The use of advanced technologies for energy efficiency brings environmental and economic benefits, the quantification of which, especially from a social point of view, requires further data collection obtainable by directly involving the population and other stakeholders (Fischer, 2021). Without this information, assumptions have been made based on medians of energy consumption obtained from statistics websites and energy managers. Moreover, studies show that implementing green infrastructure also brings medium- to long-term economic returns and additional community benefits (MATTM, 2014). Developments in PRIN 2022 interdisciplinary research will include integrated assessments of these benefits related to rapid energy retrofits of buildings and the identification of additional performance indicators, including the creation of 'green jobs', the level of citizen involvement, improvements in quality of life, and community empowerment.

In this light, targeted questionnaires were administered to the heads of existing and planned RESCs to understand aspects related to the peculiarities of their contexts, internal organisational dynamics, and operational challenges faced by

these entities. The first group of responses reveals obstacles related to the current low competence of local governments in providing support for renewable energy community establishment. There are also uncertainties regarding the long-term management of RECs after the discontinuation of economic incentives. In this regard, there is evidence of a willingness on the part of stakeholders to expand opportunities for sharing within communities. Since the issues of ecological transition and energy communities are also addressed extensively within the PNRR (Boulanger et alii, 2021), there is a need to implement strategies for breaking down these barriers to the widespread deployment of RECs.

The comparison between the Italian and international conditions, which will continue by identifying further indicators, highlights how the USA's temporal advantage in planning this type of intervention has produced extremely precise energy regulations and streamlined and effective public / private financing methods. These two elements facilitate investments in the sector, allowing for operations that, regardless of the differences linked to available space and population density, are technologically within our country's reach.

The study tests the potential of public school building roofs for installing community-shared renewable energy systems. Notably, this approach can be expanded by exploiting the surfaces of other public areas, such as car parks and open spaces, to satisfy even larger shares of local energy needs. The protocol allows an accurate evaluation of the sizing of these systems to maximise the production and saving potential, for rational investment planning. Building retrofit interventions must be accompanied by a rethinking of public spaces with a view to broader sharing of resources (Tucci and Cecafofso, 2020; Tucci and Giampaoletti, 2022; Tucci, Altamura and Pani, 2023). The use of sharing solutions and circular economy models can expand the exchange areas, going beyond the mere energy dimension. Time, skills, consumer goods, and spaces can be the object of new forms of collective use and collaborative management.

This study offers scholars, designers, politicians, and technicians of local administrations a methodology for the integrated design of highly sustainable environments: for the purposes of energy efficiency, the original protocol experiments with qualitative criteria to evaluate the effectiveness, efficiency and community impact of the transformation of public buildings into high-performance structures, adapted to renewed and specific local needs. The procedure represents a diagnostic tool for the state of resources that can be replicated in different geographical and urban configurations, which integrates recognised and reliable tools to define adequate improvement interventions.

The increase in vegetation following the redesign of open spaces according to sustainability criteria and rainwater management through nature-based systems can represent the frontier of an evolution in dedicated building production that facilitates its implementation on the most widespread scale. The spatial relationships between individual equipment become crucial in organising a framework of services that generates benefits over larger parts of the city and territory (Marchigiani and Basso, 2021; Leone, Amirante and Sferratore, 2023).

A regulatory update is necessary considering the urban built environment as an intelligent network to support the planning of strategic interventions to improve the state of natural resources. Rethinking urban facilities as catalysts of integrated services for inhabitants reveals the great potential to regenerate existing settlements. In addition to generating solutions suited to territorial specificities, renewal planned on this scale, starting from public sites, can encourage the population towards virtuous behaviour in managing community resources, services, and the environment.

Only through a collective commitment, integrating technological innovation and citizen participation, will it be possible to achieve the ambitious objectives of decarbonisation and transition towards a sustainable energy future.

Acknowledgements

The contribution is the result of the joint work of the Authors; conceptualisation: R. Valente and L. A. Mozingo; methodology: R. Valente, L. A. Mozingo, R. Bosco and S. Giacobbe; software: S. Giacobbe; validation: R. Bosco; investigation: R. Bosco, S. Giacobbe; resources: R. Bosco; data care: S. Giacobbe; writing and preparation of the original draft: R. Valente, L. A. Mozingo, R. Bosco and S. Giacobbe; review and editing: R. Valente and L. A. Mozingo; viewing: R. Bosco and S. Giacobbe; supervision: R. Valente and L. A. Mozingo. We thank the architects of the Technical Directorate for Schools of the Metropolitan City of Naples, A. Marciano, D. D'Esposito and P. Parravicini for their collaboration. All Authors have read and approved the published version of the manuscript. All images are the result of processing by the working group.

Funding

This research and the APC were funded by European Union EU – Next Generation EU, Ministero dell'Università

e della Ricerca (Italy), Italia domani – Piano di Ripresa e Resilienza, Missione 4 – 'Istruzione e Ricerca', grant number PRIN2022 A4XFPR, Title 1 – 'FASTECH a model for rapid technological building retrofit to cut energy demand and GHG emissions of housing Toward renewable energy self-consumption and the smart energy communities', 'Luigi Vanvitelli' University of Campania.



Notes

1) PRIN 2022 Research entitled 'FASTECH a model for rapid technological building retrofit to cut energy demand and GHG emissions of housing Toward renewable energy self-consumption and the smart energy communities'; Principal Investigator: F. Tucci; Head of the Research Unit of the 'Luigi Vanvitelli' University of Campania: R. Valente.

2) A 100% SCI defines a community's ability to consume virtually all the renewable energy produced within it (Cielo et alii, 2021).

References

- Albert, C., Brillinger, M., Guerrero, P., Gottwald, S., Henze, J., Schmidt, S., Ott, E. and Schröter, B. (2021), "Planning nature-based solutions – Principles, steps, and insights", in *Ambio*, vol. 50, pp. 1446-1461. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s13280-020-01365-1 [Accessed 18 March 2024].
- Antonazzi, E., Di Lorenzo, G., Stracqualursi, E. and Araneo, R. (2023), "Renewable Energy Communities for Sustainability – A Case Study in the Metropolitan Area of Rome", in *2023 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2023 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe)*, 6-9 June 2023, IEEE, pp. 1-6. [Online] Available at: doi.org/10.1109/EEEIC/ICPSEurope57605.2023.10194850 [Accessed 18 March 2024].
- Birch, E. and Wachter, S. M. (2008), *Growing greener cities – Urban sustainability in the twenty-first century*, University of Pennsylvania Press, Philadelphia.
- Bosco, R., Giacobbe, S., Losco, S. and Valente, R. (2023), "Towards Site-Specific Energy Communities – Method-

ological Issues from the Case of The Metropolitan City of Naples”, in *Proceedings of 2nd International Conference on Construction, Energy, Environment and Sustainability – CEES 2023*, PRT, pp. 1-8.

Bosco, R., Giacobbe, S. and Valente, R. (2023), “The Chance for RESC in Italy – Study for A Sizing Model”, in *11th European Conference on Renewable Energy Systems – ECRES 2023*, TUR, pp. 276-282.

Boulanger, S. O. M., Massari, M., Longo, D., Turillazzi, B. and Nucci, C. A. (2021), “Designing Collaborative Energy Communities – A European Overview”, in *Energies*, vol. 14, issue 24, article 8226, pp. 1-17. [Online] Available at: doi.org/10.3390/en14248226 [Accessed 18 March 2024].

Brignone, L., Cellamare, C. and Simoncini, S. (2023), “Reti sociali, tecnologie civiche e infrastrutture verdi – Il caso della progettazione partecipata della Corona Verde di Roma Est”, in Zoppi, C. and Musco, F. (eds) *Conoscenza Materiale e Immateriale e Gestione delle Informazioni | Atti della XXIV Conferenza Nazionale SIU – Dare valore ai valori in urbanistica, Brescia, 23-24 giugno, 2022*, vol. 2, Planum Publisher and Società Italiana degli Urbanisti, pp. 103-109. [Online] Available at: planum.bedita.net/planum-magazine/planum-publisher-publication/atti-della-xxiv-conferenza-nazionale-siu-volume-due-zoppi-musco [Accessed 18 March 2024].

Cielo, A., Margiaria, P., Lazzeroni, P., Mariuzzo, I. and Repetto, M. (2021), “Renewable Energy Communities business models under the 2020 Italian regulation”, in *Journal of Cleaner Production*, vol. 316, article 128217, pp. 1-11. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128217 [Accessed 18 March 2024].

Campioti, C. A., Giagnacovo, G., Latini, A., Margiotta, F., Nencini, L., Pazzola, L. and Scoccianti, M. (2018), *L'uso della vegetazione per aumentare l'efficienza energetica degli edifici e l'impiego di sistemi di climatizzazione rinnovabile*, Report RdS/PAR2018/107. [Online] Available at: www2.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/adp-mise-enea-2015-2017/edifici-intelligenti/report-2018/rds-par2018-107.pdf [Accessed 18 March 2024].

Clemente, C., Palme, M., Mangiatordi, A., La Rosa, D. and Privitera, R. (2022), “Il verde urbano nella riduzione dei carichi di raffrescamento – Simulazioni nel clima Mediterraneo | Urban green areas in the reduction of cooling loads – Simulations in the Mediterranean climate”, in *Agathón / International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 11, pp. 182-191. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/11162022 [Accessed 18 March 2024].

D'Ambrosio, V. and Sgobbo, A. (2023), “Renewable Energy Community – Un'opportunità di rigenerazione energetica ed eco-sociale per i quartieri ERP | Renewable Energy Community – An eco-social urban regeneration opportunity for PH districts”, in *Techne | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 26, pp. 184-194. [Online] Available at: doi.org/10.36253/techne-14470 [Accessed 18 March 2024].

ENEA (2023), *Rapporto Annuale Efficienza Energetica 2023 – Schede regionali*. [Online] Available at: efficienza-energetica.enea.it/vi-segnaliamo/rapporto-annuale-efficienza-energetica-2023-schede-regionali.html [Accessed 21 April 2024].

European Commission (2019), *Going climate-neutral by 2050 – A strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate-neutral EU economy*. [Online] Available at: op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/92f6d5bc-76bc-11e9-9f05-01aa75ed71a1 [Accessed 18 March 2024].

Ferrante, T., Romagnoli, F. and Villani, T. (2023), “Sviluppo urbano sostenibile – Organizzazione di contenuti informativi per la transizione verso i Distretti a Energia Positiva | Sustainable urban development – Organizing information content for the transition to Positive Energy Districts”, in *Agathón / International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 13, pp. 191-204. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/13162023 [Accessed 18 March 2024].

Fischer, E. (2021), “Vulnerabilità sociale – Indici, indicatori e metodologie a confronto”, in Brunetta, G., Caldarice, O., Russo, M. and Sargolini, M. (eds), *Resilienza nel governo del territorio | Atti della XXIII Conferenza Nazionale SIU – Downscaling, Rightsizing – Contrazione demografica e riorganizzazione sociale, Torino, 17-18 giugno 2021*, vol. IV, Planum Publisher and Società Italiana degli Urbanisti, pp. 71-81. [Online] Available at: planum.bedita.net/planum-magazine/planum-publisher-publication/atti-della-xxiii-conferenza-nazionale-siu-volume-quattro [Accessed 18 March 2024].

GSE – Gestore dei Servizi Energetici (2022), *Gruppi di autoconsumatori di energia rinnovabile che agiscono collettivamente e Comunità di Energia Rinnovabile – Modalità di profilazione dei dati di misura e relative modalità di utilizzo ai sensi dell'articolo 9 dell'Allegato A alla Delibera 318/2020/R/eel*. [Online] Available at: nextville.it/repository/reteambiente/normativa/47866_regole_tecniche_11_aprile_2022.pdf [Accessed 18 March 2024].

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2022), *Climate change 2022 – Impacts, adaptation, and vulnerability – Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Online] Available at: ipcc.ch/report/ar6/wg2/ [Accessed 18 March 2024].

JPI Urban Europe – SET Plan Action 3.2 (2020), *White Paper on PED Reference Framework for Positive Energy Districts and Neighbourhoods*, Austrian Research Promotion Agency, Vienna. [Online] Available at: jpi-urban-europe.eu/wp-content/uploads/2020/04/White-Paper-PED-Framework-Definition-2020323-final.pdf [Accessed 18 March 2024].

Lazzeroni, P., Lorenti, G., Moraglio, F. and Repetto, M. (2022), “Modeling of renewable energy communities – The RECoupled approach, in 2022 IEEE 46th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC), pp. 1349-1354. [Online] Available at: ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9842624 [Accessed 22 April 2024].

Legambiente (2022), *Comunità Rinnovabili – Il ruolo di sole, vento, acqua, terra nel raggiungimento degli obiettivi climatici e lo sviluppo dei nuovi modelli energetici nel territorio per una transizione equa e solidale*. [Online] Available at: legambiente.it/comunicati-stampa/legambiente-presenta-comunita-rinnovabili-2022/ [Accessed 18 March 2024].

Leone, M. F., Amirante, R. and Sferratore, A. (2023), “Comunità energetiche rinnovabili come architetture pubbliche e infrastrutture socio-ecologiche | Renewable energy communities as public architectures and socio-ecological infrastructures”, in *Techne | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 26, pp. 173-183. [Online] Available at: doi.org/10.36253/techne-14481 [Accessed 18 March 2024].

Marchigiani, E. and Basso, S. (2021), “Questioni di accessibilità – Gli standard per un progetto di formazioni urbane più sane e inclusive”, in Baioni, M., Basso, S., Caudo, G., Franzese, A., Marchigiani, E., Munarin, S., Renzoni, C., Savoldi, P., Tosi, M. C. and Vazzoler, N. (eds), *Diritti in città – Gli standard urbanistici in Italia dal 1968 a oggi*, Donzelli Editore, Roma, pp. 43-54.

MASE – Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (2023), “Decreto n. 414 del 7 dicembre 2023 – Individuazione di una tariffa incentivante per impianti a fonti rinnovabili inseriti in comunità energetiche rinnovabili e nelle configurazioni di autoconsumo singolo a distanza e collettivo, in attuazione del decreto legislativo 8 novembre 2021, n.199 e in attuazione della misura appartenente alla Missione 2, Componente del 2, Investimento 1.2 del PNRR (24A00671)”, in *Gazzetta Ufficiale*, Serie Generale n. 31 del 07/02/2024. [Online] Available at: gazzettaufficiale.it/eli/id/2024/02/07/24A00671/sg#:~:text=414%20del%207%20dicembre%202023,legislativo%208%20novembre%202021%2C%20n [Accessed 18 March 2024].

McPherson, E. G., Simpson, J. R., Peper, P. J. and Xiao, Q. (1999), “Benefit-cost analysis of Modesto's municipal urban forest”, in *Journal of Arboriculture*, vol. 25, issue 5, pp. 235-248. [Online] Available at: fs.usda.gov/psw/top-

ics/urban_forestry/products/cufr_36_Modesto%20JOA.pdf [Accessed 18 March 2024].

Ministero dei Lavori Pubblici and Ministero dell'Interno (1968), “Limiti inderogabili di densità edilizia, di altezza, di distanza fra i fabbricati e rapporti massimi tra spazi destinati agli insediamenti residenziali e produttivi e spazi pubblici o riservati alle attività collettive, al verde pubblico o a parcheggi da osservare ai fini della formazione dei nuovi strumenti urbanistici o della revisione di quelli esistenti, ai sensi dell'art. 17 della legge 6 agosto 1967, n. 765 (1288Q 004)”, in *Gazzetta Ufficiale*, Serie Generale n. 97 del 16/04/1968. [Online] Available at: gazzettaufficiale.it/eli/gu/1968/04/16/97/sg/pdf [Accessed 18 March 2024].

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2014), *Le infrastrutture verdi, i servizi ecosistemici e la green economy – Il processo partecipativo della Conferenza 'La Natura dell'Italia', Roma 11-12 dicembre 2013*. [Online] Available at: comitatoscientifico.org/temi%20CG/documents/MATTM%20IV%20310314.pdf [Accessed 18 March 2024].

Moghaddasi, H., Culp, C. and Vanegas, J. (2021), “Net Zero Energy Communities – Integrated Power System, Building and Transport Sectors”, in *Energies*, vol. 14, issue 21, article 7065, pp. 1-33. [Online] Available at: doi.org/10.3390/en14217065 [Accessed 18 March 2024].

Otamendi-Irizar, I., Grijalba, O., Arias, A., Pennese, C. and Hernández, R. (2022), “How can local energy communities promote sustainable development in European cities?”, in *Energy Research & Social Science*, vol. 84, article 102363, pp. 1-15. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.erss.2021.102363 [Accessed 18 March 2024].

Renzoni, C., Federica, R., Savoldi, P. and Turi, P. G. (2021), “Reclaim the street, reclaim the school – Lo spazio urbano delle scuole tra urbanistica, mobilità e istruzione”, in Giaino, C., Tosi, M. C. and Voghera, A. (eds), *Tecniche urbanistiche per una fase di decrescita | Atti della XXIII Conferenza Nazionale SIU – Downscaling, Rightsizing – Contrazione demografica e riorganizzazione sociale, Torino, 17-18 giugno 2021*, vol. I, Planum Publisher and Società Italiana degli Urbanisti, pp. 101-107. [Online] Available at: planum.bedita.net/atti-della-xxiii-conferenza-nazionale-siu-volume-uno [Accessed 18 March 2024].

Solarino, A. (2008), “Servizi”, in Mattogno, C. (ed.), *Ventuno parole per l'urbanistica*, Carocci, Roma, pp. 273-288.

Tucci, F., Altamura, P. and Pani, M. M. (2023), “Modulare le dinamiche urbane in chiave climatica – Spazi intermedi e neutralità climatica | Modulating urban dynamics from a climate perspective – In-between spaces and climate neutrality”, in *Agathón / International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 14, pp. 204-215. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/14172023 [Accessed 18 March 2024].

Tucci, F. and Cecafofso, V. (2020), “Retrofitting dello spazio pubblico per la qualità ambientale ed ecosistemica di città più Green | Retrofitting public space for the environmental and ecosystem quality of greener cities”, in *Techne | Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 19, pp. 256-270. [Online] Available at: doi.org/10.13128/techne-7827 [Accessed 18 March 2024].

Tucci, F. and Giampaolletti, M. (2022), “Soluzioni green per la sottrazione e lo stoccaggio di carbonio nei distretti urbani | Green solutions for removing and storing carbon in urban districts”, in *Agathón / International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 11, pp. 202-213. [Online] Available at: doi.org/10.19229/2464-9309/11182022 [Accessed 18 March 2024].

Valente, R. and Mozingo, L. A. (eds) (2023), *Interazioni ambientali urbane – Sul progetto di una rete di green street*, CLEAN Edizioni, Napoli.

Zhang, Z., Stevenson, K., Martin, K. and Yao, Y. (2020), *Green Infrastructure in Schools – Creating a Network for Stormwater Management and Student Engagement and Well-being*, NC Water Resources Research Institute, Report No. 486. [Online] Available at: repository.lib.ncsu.edu/server/api/core/bitstreams/302de7e4-809d-4645-bba9-b1d5ac45ec97/content [Accessed 18 March 2024].