

Positive Energy District e azioni di Deep Renovation per andare oltre gli obiettivi UE 2025

Just Accepted: Jun 10, 2022 Published: Oct 31, 2022

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Rosa Romano¹, Maria Beatrice Andreucci², Emanuela Giancola³,

¹ Dipartimento di Architettura (DIDA), Università degli studi di Firenze, Italia

² Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, Italia

³ Department of Energy, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) Madrid, Spagna

rosa.romano@unifi.it

mbeatrice.andreucci@uniroma1.it

emanuela.giancola@ciemat.es

Abstract. Partendo da alcuni risultati delle ricerche COST ACTION PED-EU-NET e IAE Annex 83 PED, l'articolo presenta un quadro generale dei progetti europei che negli ultimi anni hanno permesso di evolvere dal concetto di *nZEB*, applicato a interventi di *deep renovation*, verso sistemi urbani *Positive Energy District*, ridefinendo gli aspetti spaziali, funzionali, organizzativi, tecnologici e ambientali nel rapporto inter-scalare tra alloggio, edificio e insediamento. L'ambizione è quella di incidere positivamente sul cambiamento in atto, sviluppando strumenti di conoscenza e validazione delle esperienze in corso, capaci di generare nuovi valori condivisi di matrice ecologico-ambientale e in grado di promuovere qualità della vita, inclusione e sostenibilità sociale.

Parole chiave: *Positive Energy District* (PED); Città climaticamente neutrale; Transizione energetica; Città e Comunità intelligenti; Riqualificazione energetica profonda.

Introduzione

Più del 70% del patrimonio edilizio esistente in Europa è stato costruito tra gli anni '50 e '70 per rispondere all'emergenza abitativa post-bellica, nella quasi totale assenza di leggi specifiche riguardanti le prestazioni energetiche e sismiche degli edifici, e attraverso processi di costruzione finalizzati a minimizzare i costi complessivi di messa in opera, spesso a scapito della qualità generale dell'intervento. L'aggiornamento dello stock edilizio residenziale è quindi di fondamentale importanza, sia per ridurre il consumo di energia e le emissioni di gas serra degli edifici esistenti, che per contrastare fenomeni di *sprawl* urbano e degrado sociale sempre più critici, spostando l'attenzione dall'esasperazione del solo obiettivo dell'efficiamento energetico a quello della neutralità climatica, e incidendo positivamente sui deficit ambientali, tecnologici, funzionali e spaziali

Positive Energy Districts and deep renovation actions to move beyond the 2025 EU Targets

Abstract. Starting from selected results of the COST ACTION PED-EU-NET and IEA EBC Annex 83 PEDs, this article presents an overview of the European projects that, in recent years, have made it possible to evolve from the *nZEB* concept (applied to deep renovation interventions) towards the *Positive Energy District* model, redefining the spatial, functional, organisational, technological and environmental aspects of the interscalar relationship between housing, building and settlement. The ambition is to affect the ongoing change positively, developing tools for knowledge and validation of current experiences, generating new shared values of an ecological-environmental matrix and promoting quality of life, inclusion and social sustainability.

Keywords: *Positive Energy District* (PED); Climate neutral cities; Energy transition; Smart Cities and Communities; Deep Renovation.

che connotano il costruito residenziale.

L'obiettivo comunitario di realizzare entro il 2025 100 *Positive Energy Districts* (PEDs), risponde in parte a queste necessità di cambiamento, essendo finalizzato ad accelerare la rigenerazione delle aree urbane. Si tratta di nuovi modelli energetici, le cui caratteristiche sono state indagate attraverso numerose iniziative di ricerca, tra le quali si ricordano: *Joint Programming Initiative Urban Europe* PED; *Horizon Europe* COST Action CA1926 "PED-EU-NET - *Positive Energy Districts European Network*"; *Annex 83 Positive Energy Districts* promosso dalla *International Energy Agency Energy in Buildings and Communities Programme*.

Partendo proprio da alcuni dei risultati di questi programmi di ricerca, a cui gli autori hanno preso parte, l'articolo presenta una panoramica relativa ai progetti europei che negli ultimi anni hanno permesso di evolvere dal concetto di *nZEB*, applicato a interventi di *deep renovation*, verso sistemi urbani PED, ridefinendo gli aspetti spaziali, funzionali, organizzativi, tecnologici e ambientali in grado di promuovere qualità della vita, inclusione e sostenibilità sociale. Tali analisi hanno evidenziato come, nonostante il concetto PED sia spesso associato alla sola necessità di implementare soluzioni impiantistiche che sostengano l'indipendenza energetica di distretti urbani più o meno grandi, in realtà l'ambizione di questi nuovi asset ambientali è quella di promuovere innovativi modelli *climate neutral*, capaci di contrastare la povertà energetica e gli effetti del cambiamento climatico attraverso il coinvolgimento atti-

Introduction

More than 70% of the existing building stock in Europe was built between the '50s and '70s to respond to the post-war housing emergency, in the almost total absence of specific laws regarding the energy and seismic performance of buildings, and through construction processes aimed at minimising the overall implementation costs, often to the detriment of the general quality of the intervention. The renovation of residential buildings is therefore of fundamental importance, both to reduce energy consumption and greenhouse gas emissions of existing constructions and to counteract increasingly critical phenomena of urban sprawl and social degradation, shifting attention from the exasperation of the sole objective of energy efficiency to that of climate neutrality, while positively affecting environ-

mental, technological, functional and spatial deficits that characterise the residential building stock.

The EU's goal of achieving 100 *Positive Energy Districts* (PEDs) by 2025 partly responds to these needs for change and is aimed at accelerating the regeneration of urban areas. PEDs are new energy models whose characteristics have been investigated through numerous dedicated research initiatives, including: *Joint Programming Initiative Urban Europe* on PEDs; *Horizon Europe* COST Action CA1926 "PED-EU-NET-*Positive Energy Districts European Network*"; *International Energy Agency Energy in Buildings and Communities Programme Annex 83 Positive Energy Districts*.

Starting from preliminary outcomes of these research programmes, the article presents insights and results of se-

vo dei cittadini e la promozione di strumenti di innovazione tanto a livello tecnologico, quanto a livello di *business management*.

Deep renovation del patrimonio edilizio esistente. Potenzialità e limiti di un modello operativo

Un edificio a energia quasi zero (*nZEB*) è definito dall'art. 4 della EPBD (European Parliament, 2010), come un «edificio ad altissima prestazione energetica in cui il fabbisogno di energia -

molto basso o quasi nullo - è coperto in misura significativa da fonti energetiche rinnovabili (FER), con produzione in situ» (European Parliament, 2010). Analogamente, numerosi autori (Agliardi *et al.*, 2018; Semprini *et al.*, 2017; Shnapp *et al.*, 2013; European Parliament, 2012) concordano nel riconoscere come intervento di *deep* (o *major*) *renovation* quello che:

- impatta su più del 25% dell'involucro architettonico esistente;
- riguarda la totale sostituzione dell'impianto di climatizzazione a servizio dell'edificio;
- è in grado di ridurre almeno dell'80% i consumi energetici totali del corpo di fabbrica, anche e soprattutto attraverso l'integrazione di tecnologie per la produzione da FER;
- presenta un costo superiore al 25% del valore stesso dell'edificio.

Mettendo a confronto queste due definizioni emerge la complessità della gestione degli interventi di riqualificazione, rispetto a quelli di nuova costruzione, nel raggiungimento del target *nZEB*. Complessità legata alla necessità di gestire un processo articolato di azioni, oltre che di po-

lected European projects that have recently progressed the concept of *nZEB* and applied it to deep renovation interventions towards urban PEDs systems, redefining spatial, functional, organisational, technological and environmental aspects, thus promoting quality of life, inclusion and social sustainability. This study demonstrates that, although the concept of PED is often associated with the sole need to implement engineering solutions that support the energy independence of relatively large urban districts, in reality, its ambition is to promote advanced climate-neutral models, capable of mitigating energy poverty and the effects of climate change through the active involvement of citizens, as well as the promotion of innovative tools both at the technological and at the business management level.

Deep renovation of existing buildings. Opportunities and limits of an operational model

A nearly zero energy building (*nZEB*) is defined by Art. 4 of the EPBD as a «building with very high energy performance in which very low or nearly zero energy requirements are covered to a significant measure by Renewable Energy Sources (RES), with on-site production» (European Parliament, 2010). Similarly, numerous authors (Agliardi *et al.*, 2018; Semprini *et al.*, 2017; Shnapp *et al.*, 2013; European Parliament, 2012) agree in recognising as a deep (or major) renovation an intervention that:

- impacts more than 25 % of the existing building envelope;
- concerns the total replacement of the heating system;
- is able to reduce overall energy consumption by at least 80 %, also

ter disporre di strumenti finanziari adeguati. Non a caso, con l'intento di favorire gli interventi di efficientamento energetico profondo sul patrimonio edilizio esistente, l'emanazione delle normative europee EPBD ed EE (European Parliament, 2012) è stata accompagnata dalla pubblicazione di numerosi bandi di finanziamento finalizzati a dimostrare, attraverso altrettanti progetti di ricerca applicata, come sia possibile innovare nel settore delle costruzioni, intervenendo in modo efficace anche sul patrimonio edilizio esistente.

Analizzando nel dettaglio molti dei progetti europei dedicati al tema *deep renovation*, si deduce come le ricerche finanziate nel corso degli anni siano accomunate dalla volontà di incidere positivamente sul bilancio energetico dei contesti urbani di riferimento, partendo dalla rigenerazione del settore edilizio di proprietà pubblica, per promuovere principalmente la diffusione di modelli *nZEB* attraverso la validazione delle seguenti soluzioni tecnologiche (utilizzate singolarmente o in kit):

- sistemi modulari di involucro opaco prefabbricati, pensati per essere installati attraverso soluzioni *plug and play*, integrati con sistemi impiantistici per produrre da FER e con cavedi per il passaggio degli impianti tradizionali;
- soluzioni impiantistiche altamente efficienti, caratterizzate dalla presenza di scambiatori di calore, cogeneratori e trigeneratori di piccola taglia e alimentati da fonti energetiche rinnovabili, idrogeno o biomassa;
- finestre intelligenti, integrate con sistemi di controllo digitale o realizzate con materiali innovativi quali i *Vacuum Insulation Panels*, i *Phase Change Materials* o i vetri fotovoltaici BIPV;

through the integration of RES production technologies;

- has a cost greater than 25 % compared to the building's value.

Comparing these two definitions showcases the complexity of managing redevelopment interventions instead of new constructions while aiming to achieve the *nZEB* target. This complexity is linked to the need of managing an articulated process of actions and finding adequate financial instruments. For this reason, the promulgation of the European regulations EPBD (European Parliament, 2010) and EE (European Parliament, 2012) has been accompanied by the publication of numerous funding calls aimed at demonstrating, through as many applied research projects, how it is possible to innovate in the construction sector through the encouragement of deep energy interventions on the existing building stock.

Accordingly, many of the European projects dedicated to the theme of deep renovation are characterised by the objective of positively affecting the energy balance of the urban contexts, starting from the regeneration of the public building sector, in order to promote the dissemination of *nZEB* models through the validation of the following technological solutions (used individually or in kit):

- modular prefabricated opaque envelope systems, designed to be installed through plug-and-play solutions, integrated with plant systems to produce energy through RES, and cavities for the passage of traditional plants.
- highly efficient heating and cooling solutions, characterised by the presence of heat exchangers, co-generators and tri-generators of small size powered by RES, hydrogen or biomass;

- elementi adattivi quali balconi basculanti, o serre bioclimatiche, capaci di incrementare la luce naturale all'interno degli ambienti di vita e accumulare energia, aumentando la superficie utile degli alloggi;
- impianti fotovoltaici e solari termici *stand alone*, integrati architettonicamente, in grado di trasformare il singolo edificio in un generatore di energia rinnovabile per il resto del comparto urbano;
- infrastrutture ICT per la gestione domotica del corpo di fabbrica e l'ottimizzazione in tempo reale dei suoi consumi energetici.

Nonostante gli ottimi risultati raggiunti nelle varie iniziative in corso, è doveroso rilevare come spesso questi interventi siano stati limitati al miglioramento delle prestazioni energetiche del singolo edificio, non riuscendo a incidere in modo significativo sul resto dell'insediamento urbano, così come richiesto invece dal programma *NextGenerationEU* del 2019, che sottolinea la necessità di evolvere verso nuovi modelli energetici interscalari, capaci di supportare l'Europa nel raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione previsti per il 2050.

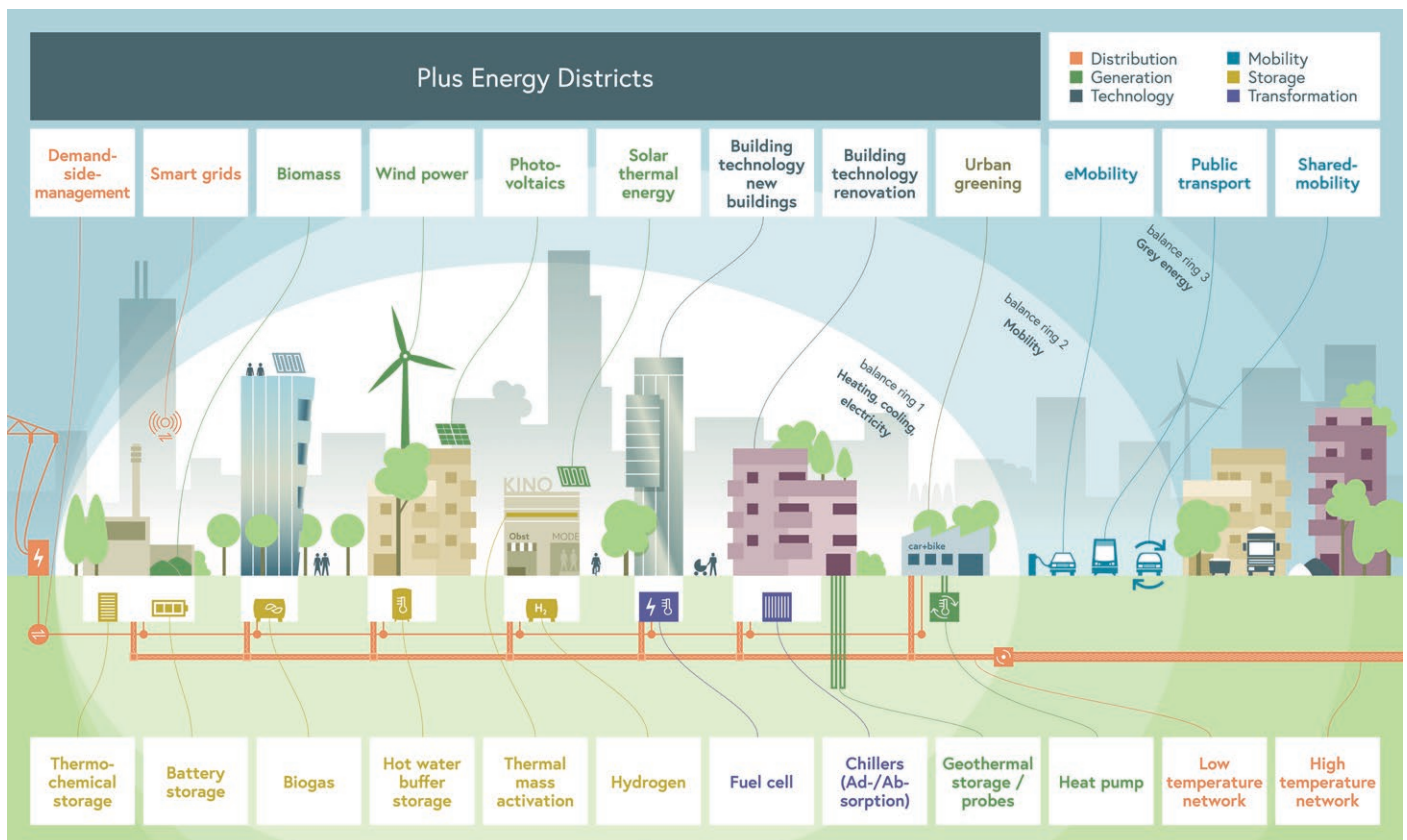
Positive Energy District. Nuovi modelli energetici e funzionali per la città del futuro

Per accelerare l'evoluzione dei modelli energetici *nZEB* relativi a interventi di *deep renovation* e uscire dallo stallo culturale e funzionale prima evidenziato, nel 2018 è stato varato il concetto pionieristico *Positive Energy District*, che si basa sul paradigma delle città intelligenti, e rispetto al quale l'applicazione dei requisiti minimi di prestazione energetica dell'edificio previsti dalle Direttive EPBD e EE è estesa al livello di cluster urbano, mantenendo la priorità sul principio di efficienza energetica (Shnapp et al., 2020).

Per la precisione, è con il *SET-Plan Action 3.2 Smart Cities and Communities* che la Comunità Europea introduce, per la prima volta, il concetto di PED (Fig. 1), inteso come un'area urbana autosufficiente dal punto di vista energetico e a emissioni zero, caratterizzato dalla presenza di edifici e infrastrutture di trasporto sostenibili che garantiscono l'interazione e l'integrazione tra ambiente costruito, utenti e reti di energia, mobilità e sistemi IT, promuovendo al contempo qualità della vita e inclusione sociale (SET-Plan Temporary Working Group

Per accelerare l'evoluzione dei modelli energetici *nZEB* relativi a interventi di *deep renovation* e uscire dallo stallo culturale e funzionale prima evidenziato, nel 2018 è stato varato il concetto pionieristico *Positive Energy District*, che si basa sul paradigma delle città intelligenti, e rispetto al quale l'applicazione dei requisiti minimi di prestazione energetica dell'edificio previsti dalle Direttive EPBD e EE è estesa al livello di cluster urbano, mantenendo la priorità sul principio di efficienza energetica (Shnapp et al., 2020).

01 |



3.2., 2018). Si tratta di un nuovo archetipo energetico-ambientale, che nasce dall'obiettivo di riduzione del consumo energetico complessivo del distretto urbano, attraverso l'utilizzo integrale di FER e la presenza di sistemi di accumulo flessibili in grado di accogliere fluttuazioni a breve termine dell'offerta energetica, mediante la creazione di un'infrastruttura di stoccaggio inter-stagionale. In questi innovativi modelli fisico-ambientali, le similitudini tra gli elementi che costituiscono il sistema urbano superano le apparenti differenze degli schemi applicativi, basati unicamente sul salto di scala, determinando un incremento della complessità delle azioni e degli attori coinvolti.

Tale analogia evolutiva si concretizza nei molti progetti che negli ultimi anni hanno cercato di sviluppare approcci metodologici e soluzioni tecnologiche capaci di trasformare in quartieri a energia zero anche realtà urbane esistenti, in un'ottica incrementale, finalizzata alla creazione di reti e connessioni funzionali al modello PED. L'analisi di alcuni di questi casi studio condotta nell'ambito della ricerca PED-EU-NET (Tab. 1) ha evidenziato la ricorrenza di un modello urbano sviluppato come un sistema olistico, progettato tenendo conto dei seguenti fattori:

- i confini (fisici ed energetici) e l'ubicazione climatica del distretto;
- la morfologia geografica e urbana del quartiere (la forma degli insediamenti);
- le caratteristiche tecnologiche degli edifici;
- il profilo sociale degli occupanti;
- la domanda di energia primaria e le misure di efficienza energetica adottate;

- smart windows, integrated with digital control systems, or built with innovative materials such as Vacuum Insulation Panels, Phase Change Materials or building integrated photovoltaics;
 - adaptive elements such as tilting balconies or bioclimatic greenhouses, capable of increasing natural light inside living spaces and storing energy, thus increasing the living space of dwellings;
 - stand-alone photovoltaic and solar thermal systems, integrated into the building envelope, capable of transforming the individual building into a renewable energy generator for the entire urban area;
 - ICT infrastructures for improving the energy building management.
- Despite the excellent results achieved by several ongoing research projects, they are often limited to improving

the energy performance only of the individual building. Moreover, they fail to have a significant impact on the urban settlement, as required by the 2019 NextGenerationEU programme, which emphasises the need to evolve towards new cross-scale energy models capable of supporting Europe in achieving its 2050 decarbonisation targets.

To accelerate the evolution of nZEB energy models related to deep renovation interventions and escape the cultural and functional impasse highlighted above, the pioneering concept of Positive Energy Districts (PEDs) was launched in 2018. PEDs are innovative urban models which are based on the paradigm of the Smart City, where the application of the minimum building energy performance requirements established by the EPBD and EE Directives is extended to the urban

- le risorse naturali disponibili per massimizzare l'uso di energia rinnovabile in loco e nelle vicinanze, anche attraverso sistemi di approvvigionamento separati;
- l'equilibrio tra la produzione e il consumo di energia;
- la possibilità di integrare tecnologie per la produzione di energia rinnovabile.

È, inoltre, importante notare come tra le strategie utilizzate per azzerare i consumi energetici a scala urbana, ricorra l'utilizzo di sistemi solari passivi (es. le serre solari o i muri di Trombe) ovvero di materiali innovativi a elevata inerzia, capaci di garantire l'accumulo termico nei mesi invernali, favorendo l'ingresso della luce naturale all'interno dell'edificio, con una conseguente riduzione dei consumi energetici totali per il riscaldamento e l'illuminazione. Analogamente, poiché uno dei *pillar* su cui si basa il modello PED è la flessibilità energetica, in numerosi esempi applicativi sono stati integrati a scala urbana e edilizia sistemi di stoccaggio energetico (ad es.: le batterie; il pompaggio idroelettrico; i serbatoi e le cisterne), opportunamente dimensionati per rispondere in modo economico, affidabile e continuo alla domanda dell'utenza, attraverso una gestione efficiente dell'offerta energetica e mediante la razionalizzazione dei carichi di picco della rete e la riduzione delle perdite nelle fasi di distribuzione. Infine, in molti dei casi studio analizzati, sono state potenziate le reti e le infrastrutture a servizio della mobilità elettrica (costituita da veicoli V2G alimentati da FER), così come i collegamenti urbani pubblici, ciclabili e pedonali.

La realizzazione e la diffusione dei PED richiede, inoltre, la promozione dell'innovazione in molteplici domini che comprendono interconnessioni tecnologiche, sociali, culturali, politiche, spaziali, economiche e normative. Ogni dominio presenta il suo

cluster, maintaining as a priority the principle of energy efficiency (Shnapp *et al.*, 2020).

Precisely, the PEDs have been defined for the first time by the SET-Plan Action 3.2 Smart Cities and Communities as energy self-sufficient urban areas characterised by zero emissions. Furthermore, PEDs should encompass sustainable buildings and transport infrastructures that guarantee the interaction and integration between the built environment, the end users and the energy, mobility and IT systems while promoting quality of life and social inclusion (SET-Plan Temporary Working Group 3.2., 2018). They are new energy-environmental archetypes, which stem from the objective of reducing the overall energy consumption of the urban district through the integral use of RES and the presence of flexible storage systems able to ac-

commodate short-term fluctuations in the energy supply by creating an inter-seasonal storage infrastructure.

In these innovative physical-environmental models, the similarities between the elements that make up the urban system overcome the apparent differences of the application schemes based solely on the leap in scale, determining an increase in the complexity of the actions and actors involved. This evolutionary analogy is concretised in the many projects that in recent years have tried to develop methodological approaches and technological solutions capable of transforming existing urban realities into zero-energy neighbourhoods, in an incremental perspective aimed at creating networks and functional connections to the PED model.

The analysis of some of these case studies conducted as part of the PED-EU-

Tab. I | Analisi dei progetti Europei dedicati al tema PED che hanno previsto azioni di deep renovation su contesti urbani esistenti
Analysis of European projects dedicated to the PED issue, which included deep renovation actions on existing urban contexts

Tab. 01 |

Project data	PED Demo case	Topics
Syn.ikia Sustainable Plus Energy Neighbourhoods 2020-2024 https://www.synikia.eu/neighbourhoods/demo-neighbourhood-austria/	Geneis District in Salzburg (DE)	<ul style="list-style-type: none"> · Insulating material of building envelope · Airtight windows; biomass · PV power plant · Solar thermal roof system · GSHP ground source heat pump on site for heating · Energy monitoring systems, production, consumption & IEQ control systems · Energy storage options (EV etc.)
SPARCS Sustainable energy Positive & zero carbon communities 2019-2024 https://www.sparcs.info/index.php/cities/leipzig	Baumwollspinnerei District in Leipzig (DE)	<ul style="list-style-type: none"> · Personalised informative billing · Human-centric energy management and control decision support · District heating network and Power2Heat plant network · ICT integration · Intelligent EV charging and storage · Micro grid inside the public grid · Intelligent heating demand control · Old walls of the buildings functioning as heat storage buffer
MAKINGCITY Energy efficient pathway for the city transformation: enabling a positive future 2018-2023 http://makingcity.eu/groningen/	Groningen District (NL) Kaukovainio District in OULU (FIN) Kadikoy District in Istanbul (TR) Wieniawa District in LU-BLIN (PL)	<ul style="list-style-type: none"> · Retrofitting of residential buildings (floors, roofs, fronts, windows, smart thermostats, and sensors to real-time measuring of energy consumption...) · Solar panels installed on the roofs of some buildings and car parks. Solar thermal panels will support geothermal heat pumps which are directly connected to the geothermal district heating system · The surplus of thermal energy produced by some residential buildings is stored and used during energy demand peaks · Biogas technology is used to collect and "digest" - under high pressure and thanks to bacteria - waste and wastewater produced by public sport and catering facilities · An existing cycling lane is converted into a solar road by the integration of solar panels in its surface able to produce around 60,000 kWh yearly. · Smart charging stations for electric vehicles are installed and directly connected to the current grid. · Implementation of an intelligent urban lighting management system
POCITYF A POSitive Energy CITY Transformation Framework 2019-2024 https://pocityf.eu/city/evora/	Evora District (PT)	<ul style="list-style-type: none"> · Positive Energy (stand-alone) Buildings · PV glass; PV canopy; PV in skylights, and PV shingle · Bidirectional smart inverters, Power electronics Energy Router, Advanced Building Management System, Home/Building Energy Management System · Smart Distribution Management System, to enhance grid monitoring and control schemes. · Pay-As-You-Throw systems for waste production and recycling systems · 2nd life residential batteries · P2P energy trading platform · Freezing storage in store · Market-oriented building flexibility services · Energy management platform for the control of EV charging. · Bidirectional smart inverters for EV smart charging and V2G applications. · Smart lamp posts with EV charging and 5G functionalities

Project data	PED	Topics
	Demo case	
IRIS Co-creating smart and sustainable cities 2017-2022 https://irissmartcities.eu/	Gothenburg, (SE) Utrecht (NL) Nice (FR)	<ul style="list-style-type: none"> · Energy efficient building envelopes, appliances, ventilations systems etc. · Local production of electricity with solar pv · Local production of heat from geothermal energy · Local production of cooling from geothermal energy · Electrical storage, li-ion batteries · Short time thermal storages, buffer tanks and the thermal inertia of the building frame · Long-time thermal storage · A high share of locally produced and consumed renewable power at district scale making pv profitable without subsidies · Pv and It for the dhn partly serving the district · Innovative home energy management system hems toon · Smart (hybrid) gas-electric heat pumps for heating and hot water · Energy savings thanks to smart ac/dc power grid in apartments · Smart dc street lighting at district level · Smart collection of waste streams · Use of produced biogas as an energy carrier for mobile services
+CityxChange Positive City ExChange 2018-2023 https://cityxchange.eu/	Trondheim (NO) Limerick (IE)	<ul style="list-style-type: none"> · Reduce energy consumption; through efficiency and building retrofits · Create energy generation through building integrated and independent renewables · Actively manage the energy in the block, through the smart grid and citizen engagement · Enable electrification of vehicles and trade energy and flexibility.
REMOurban REgeneration MOdel for accelerating the smart URBAN transformation 2015-2020	Valladolid (SP) Nottingham (UK) Eskişehir (TR)	<ul style="list-style-type: none"> · Energy Management Systems: ICT for thermal system monitoring and control · City Information Platform: ICT measures for mobility and city management · Building envelope retrofitting · District heating and DHW systems: biomass for energy · Citizens' engagement and empowerment · Smart city strategies · EU smart city indicator framework · Electric vehicle · Transport infrastructure: new charging points · Intermodality: uses, bicycles, and car sharing fleets
SATO Self-Assessment Towards Optimization of Building Energy 2020-2023 https://www.sato-project.eu/	Aalborg (DK) Milan (IT) Seixal (PT) Aspern (A) Lisbon (PT)	<ul style="list-style-type: none"> · Modular architecture with a multi-layer structure · End-to-end interaction between actors · Smart software services · Building automation equipment · Building energy consuming equipment · BaB ("Building As Battery") and electric vehicle charging
EU-GUGLE Sustainable renovation models for smarter cities. 2013-2018 https://eu-gugle.eu/it/	City of Aachen (DE) Bratislava (SK) Milan (IT) Sestao (SP) Tampere (FI) Gaziantep (TR) Vienna (AU) Gothenburg (SE)	<ul style="list-style-type: none"> · Insulation measures on facades, roofs, cellar ceiling, windows · Heat recovery from ventilation · Heat recovery from the sewage and heat pumps integrated in a low-ex heat network · District heating · Technical control systems for heat, electricity and lighting · Solar energy and efficient gas boilers · Presence detectors for lighting · Smart meter

Project data	PED	Topics
	Demo case	
Sharing city	Lisbon (PT)	· Building retrofit
2016-2021	London (UK)	· Citizen engagement
https://www.sharingcities.eu/	Milan (IT)	· Energy management
		· Urban sharing platform
		· Smart lighting integrated with other smart service infrastructure (eV charging stations; smart parking; traffic monitoring via sensors; data management, Wi-Fi, etc.)
		· E-mobility (e-bike sharing, e-car sharing, e-logistics, e-vehicle charging points and smart parking)

insieme di sfide integrate che devono essere affrontate al fine di favorire il processo di innovazione. In termini di sfide tecnologiche, come nei progetti di *deep renovation*, sono necessari approcci, prodotti e servizi innovativi per promuovere la diffusione dei PED in diversi contesti urbani (storici, periferici e di nuova espansione) e climatici (nord e sud Europa). Le aziende nei settori dell'edilizia, dell'energia, della mobilità e dell'ICT sono quindi chiamate a sviluppare nuovi modelli di *business*, attingendo ai flussi di conoscenza al di fuori dei loro confini per accelerare i processi innovativi interni a questi nuovi modelli urbani (Errichiello and Marasco, 2014).

Nell'aspetto sociale, i processi di innovazione, l'imprenditorialità e la partecipazione dei cittadini devono essere integrati sinergicamente nella trasformazione dei quartieri residenziali esistenti (Haarstad and Wathne, 2019). Analogamente, per quanto riguarda l'aspetto finanziario, sono necessari solidi concetti di investimento e nuovi modelli di finanziamento per sostenere soluzioni energetiche innovative e creare nuovi mercati finalizzati a promuovere un modello di città *climate neutral*.

NET research (Tab. 1) has highlighted the recurrence of a PED urban model developed as a holistic system, designed considering the following elements:

- the boundaries (physical and energy) and the climatic location of the district;
- the geographical and urban morphology of the neighbourhood (the settlement shape);
- the technological characteristics of the buildings;
- the social profile of the occupants;
- the primary energy demand and the adopted energy efficiency measures;
- the natural resources available to maximise the on-site and nearby use of renewable energy, including the use of separate supply systems;
- the balance between energy production and consumption;
- the possibility of integrating technologies for the production of re-

newable energy;

- the possibility of creating nZEB or Including existing buildings in deep energy requalification' to eliminate their global energy needs.

It is also important to note that among the strategies used to reduce energy consumption to zero on an urban scale is the use of passive solar systems (e.g. solar greenhouses or Trombe walls) or innovative materials with high inertia, capable of guaranteeing thermal accumulation in the winter months, favouring the entry of natural light inside the building, with a consequent reduction in total energy consumption for heating and lighting.

Similarly, since one of the pillars on which the PED model is based is energy flexibility, energy storage systems (e.g. batteries, hydroelectric pumping and tanks) have been integrated in numerous applications on an urban and build-

Alcuni casi studio europei

Tra le sperimentazioni analizzate nel primo anno della ricerca PED-EU-NET ed inerenti il tema della rigenerazione urbana applicato al modello PED, sono risultate particolarmente interessanti, per l'approccio interscalare adottato, le seguenti esperienze sviluppate prevalentemente nel nord Europa:

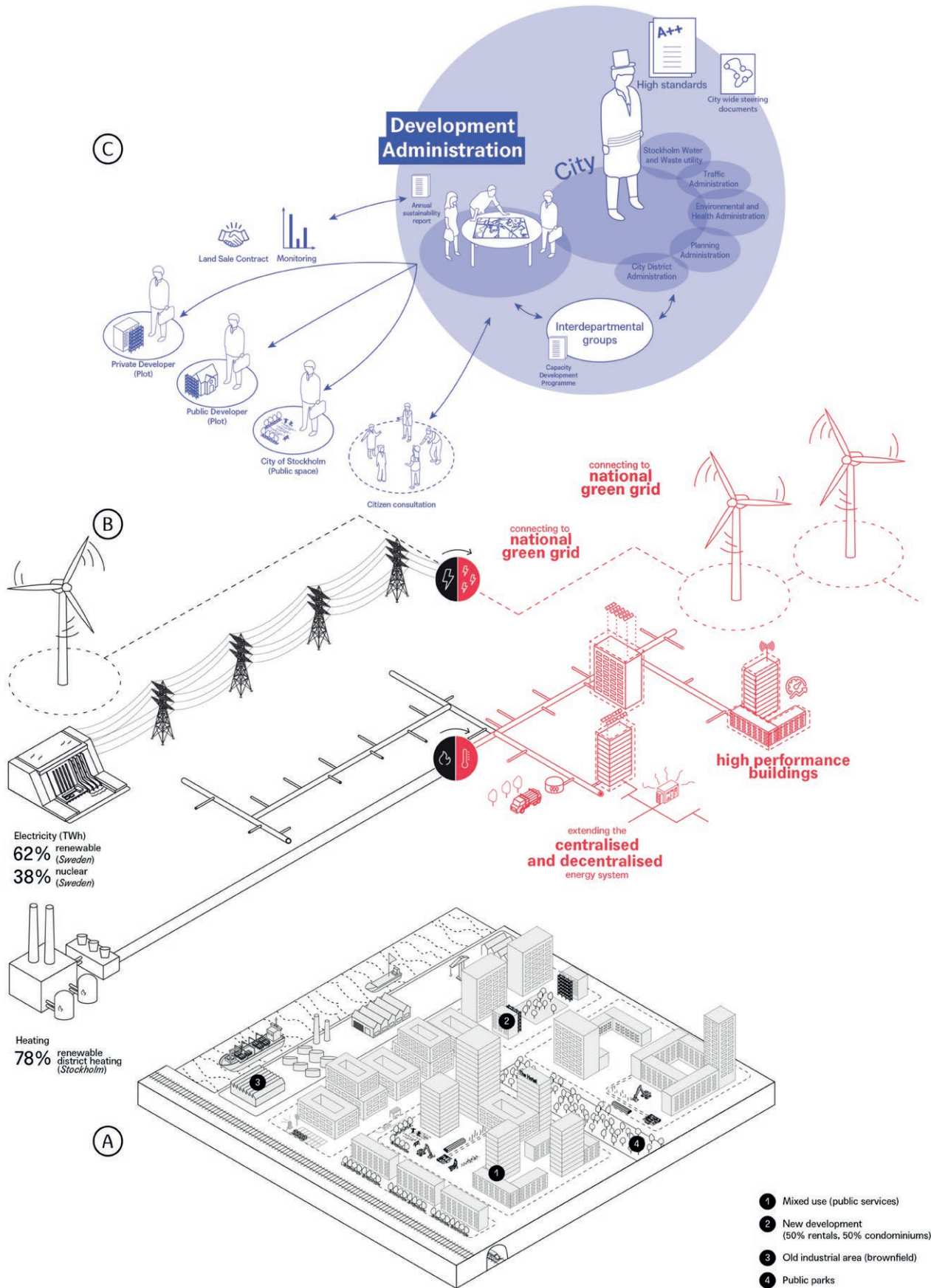
- la riqualificazione del quartiere Stockholm Royal Seaport, a Stoccolma (Fig. 2). Si tratta di un intervento che ha previsto l'attivazione di misure di *governance* basate sull'interazione e la consultazione continua di tutti gli *stakeholder* interessati (dalla municipalità, agli investitori, agli abitanti) e finalizzate al coinvolgimento di vari *target group* (giovani, donne e anziani). Inoltre, per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità PED, è stato istituito un *City Development Committee*, chiamato a monitorare tutti gli interventi di riqualificazione e nuova costruzione, dalla fase di progettazione a quella di *post-occupancy evaluation*. Il modello energetico adottato ha previsto che il distretto fosse alimentato dalla rete di *district heating* della città di Stoccolma (che fornisce il 72 % dell'energia termica necessaria alle

ing scale. These technological solutions have been suitably sized to respond economically, reliably and continuously to user demand through an efficient management of the energy supply and through the rationalisation of the peak loads of the network and the reduction of losses in the distribution phases. Finally, in many of the examples analysed, the networks and infrastructures serving electric mobility (consisting of V2G vehicles powered by RES) were enhanced, as well as public urban, cycling and pedestrian connections.

The design, construction, and dissemination of PEDs require, in fact, the promotion of innovation in multiple domains that include technological, social, cultural, political, spatial, economic and regulatory interconnections. Moreover, each domain presents its own set of integrated challenges that need to be addressed to promote the innovation pro-

cess. In terms of technological challenges, as in deep renovation projects, novel approaches, products and services are needed to promote the development of PEDs in different urban (historical, peripheral and newly expanding) and climatic (northern and southern Europe) contexts. Companies in the construction, energy, mobility and ICT sectors are consequently called upon to develop new business models, drawing on knowledge flows inside their borders to accelerate innovative internal processes within these new urban models (Errichiello and Marasco, 2014).

From a social point of view, innovation processes, entrepreneurship and citizen participation must be integrated synergistically to transform existing residential neighbourhoods (Haarstad and Wathne, 2019). Similarly, regarding the financial aspect, solid investment schemes and new financing models are



03 | Sistema di facciata prefabbricato utilizzato per la riqualificazione energetica degli edifici del Kapfenberg District in Austria. Fonte: Nussmüller Architekten ZT GmbH
Facade system developed for the deep renovation of Kapfenberg buildings. From: Nussmüller Architekten ZT GmbH

04 | Uno degli edifici del Kapfenberg District dopo l'intervento di riqualificazione energetica profonda. Foto di: Walter Luttenberger
A building of Kapfenberg district after the deep renovation. Photo by: Walter Luttenberger



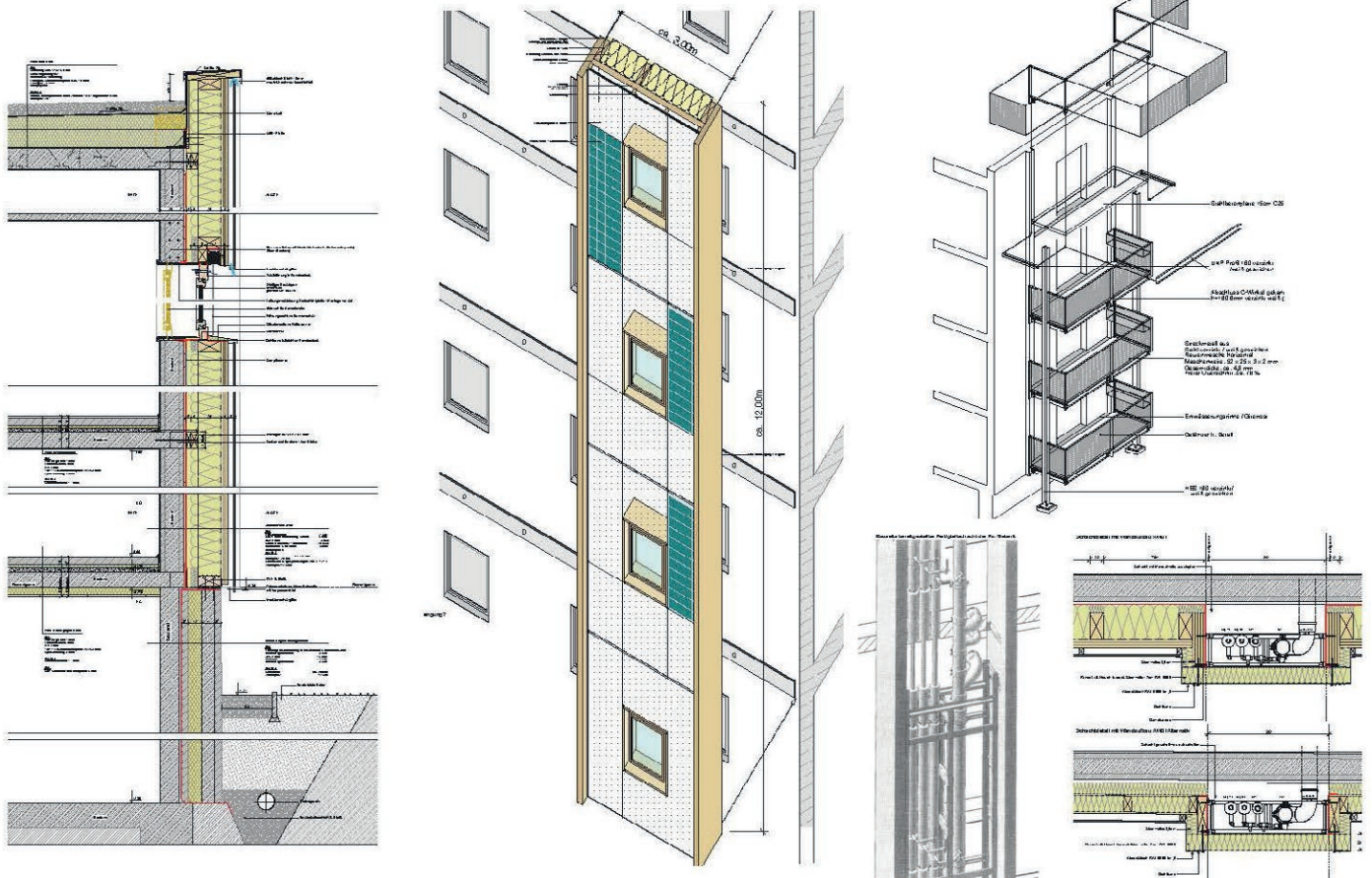
residenze riqualificate), e da FER, che garantiscono circa il 63% dell'energia elettrica utilizzata.

- Il progetto per la riqualificazione del complesso residenziale Kapfenberg, in Austria. In questo caso l'intervento è stato caratterizzato dall'utilizzo di soluzioni di involucro prefabbricate a secco, contraddistinte dall'integrazione di elementi per la generazione attiva di energia rinnovabile, quali: collettori solari; innovativi moduli *solar honeycombs*; pannelli fotovoltaici BIPV (Fig. 3). Inoltre, con l'obiettivo di trasformare i singoli edifici in generatori urbani di FER, rendendo energeticamente indipendente l'intero distretto urbano, tutte le coperture esistenti sono state sostituite da pergole solari (Fig. 4) nelle quali attualmente risultano alloggiati: 140 mq di collettori solari (la cui produzione è stimata in circa 40.000 kWh/anno) connessi ad un serbatoio di accumulo di 7.500 litri; 700 mq di pannelli fotovoltaici in silicio policristallino, che producono circa 80.000 kWh di energia elettrica. Infine, è interessante notare il coinvolgimento degli utenti, educati attraverso una campagna di

formazione mirata alla gestione energetica consapevole degli alloggi riqualificati.

- l'intervento di rigenerazione urbana del distretto Sendling a Monaco. Si tratta di un progetto di riqualificazione sviluppato nell'ambito della ricerca europea E2ReBuild che ha coinvolto diversi attori (la Municipalità di Monaco, la società GWG "Städtische Wohnungsgesellschaft München mbH" e numerose PMI tedesche). L'intervento ha riguardato la trasformazione di un intero quartiere, realizzato nel 1950 per ospitare residenze sociali pubbliche, ed è stato finalizzato a dimostrare come attraverso l'utilizzo di stru-

04 |



05 | Dettaglio del progetto di riqualificazione energetica profonda per uno degli edifici del PED Sendling a Monaco. Fonte: Hermann Kaufmann + Partner | Schwarzach, Lichtblau Architekten | München and E2ReBuild Project

Technological detail of the deep renovation project for one of the Sendling PED buildings in Munich. Source: Hermann Kaufmann + Partner | Schwarzach, Lichtblau Architekten | München and E2ReBuild Project

06 | PED Sendling a Monaco. Foto: Stefan Muller - Naumann
PED Sendling in Monaco. Photo: Stefan Muller - Naumann

07 | Dettaglio delle soluzioni tecnologiche analizzate per la riqualificazione energetica degli edifici del PED Cité Carl-Vogt a Ginevra. Fonte: Dessin TSAM-ENAC-EPFL
Details of the technological solutions analysed for the deep renovation of the PED Cité Carl-Vogt buildings in Geneva. Source: Dessin TSAM-ENAC-EPFL

menti BIM e BEM si potessero ottimizzare tempi e costi di messa in opera, trasformando radicalmente dal punto di vista energetico, ambientale e sociale le architetture e le infrastrutture esistenti. Anche in questo caso, è stato previsto l'utilizzo di sistemi di facciata prefabbricati con sottostruttura in legno (sviluppati nell'ambito del progetto europeo *TES Energy Façade*) per la riqualificazione dell'involucro (Fig. 5) e l'integrazione di sistemi impiantistici per la produzione e il consumo il loco di energia da FER (Fig. 6).

Altrettanto interessanti, ancorché basati su un approccio conservativo, sono gli interventi PED che hanno riguardato:

- il quartiere Cité Carl-Vogt XX, in corso di realizzazione a Ginevra nell'ambito del progetto TURN (HES-SO). In questo caso l'intervento di riqualificazione energetica, condotto nel 2015, ha riguardato la rigenerazione del distretto urbano progettato tra il 1960 e il 1964 dai fratelli Honegger. La volontà di non alterare le caratteristiche architettoniche connotanti i corpi di fabbrica (interamente realizzati con distintivi moduli prefabbricati in cemento armato) e l'identità culturale del famoso quartiere popolare, hanno determinato l'adozione di soluzioni tecnologiche di involucro e di impianto non invasive (Fig. 7), e la necessità di promuovere azioni di progettazione partecipata finalizzate a ridurre problemi di inclusione sociale.
- la rigenerazione della Cité Perrache Lyon Confluence, parte del progetto *Smarter Together*. Il progetto, che ha previsto sia la riqualificazione degli edifici esistenti (tra i quali si ricordano le residenze sociali progettate da Edouard Herriot, sotto l'impulso di Tony Garnier) che la costruzione di nuovi corpi di fabbrica e di infrastrutture viarie, è stato accom-

needed to support innovative energy solutions and create new markets to promote a climate-neutral city model.

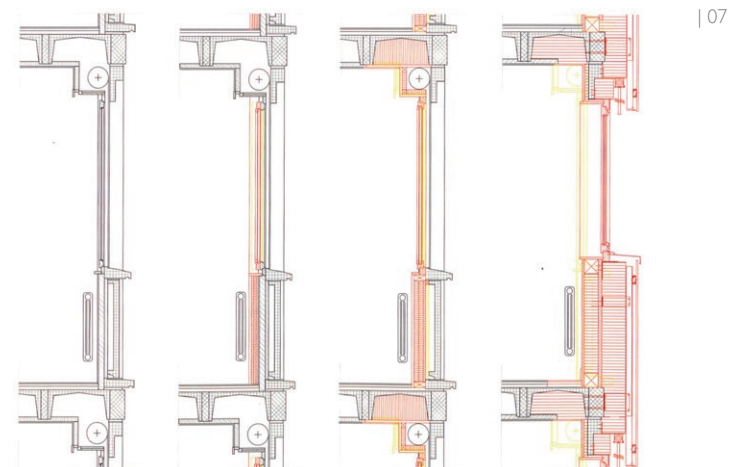
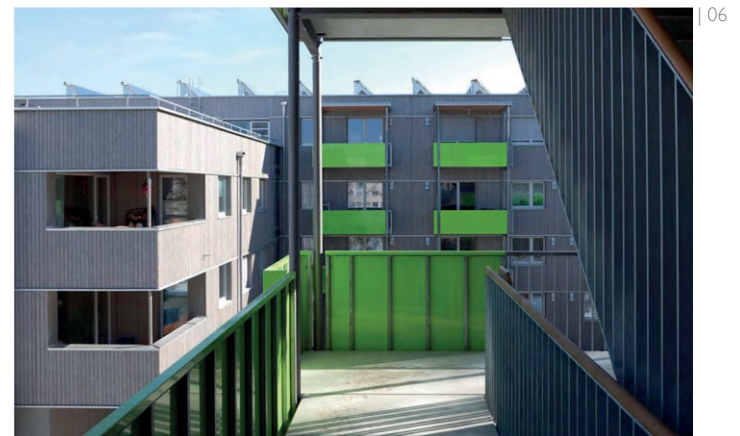
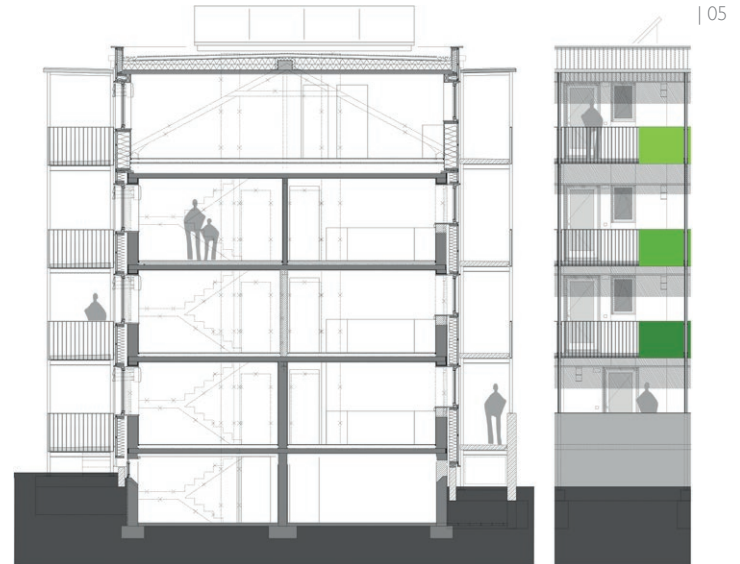
Some European case studies

Among the experiments concerning the theme of urban regeneration applied to the PED model, analysed in the first year of the PED-EU-NET research, the following experiences, developed mainly in northern Europe, were particularly interesting for the interscalar approach adopted:

- The Stockholm Royal Seaport district redevelopment in Stockholm (Fig. 2). This project mainly focusses on governance measures based on the interaction and continuous consultation of all involved stakeholders (from the municipality to the investors and the inhabitants). Furthermore, it aims to include various target groups (young peo-

ple, women and the elderly) in the process. In addition, to achieve the PED's sustainability objectives, a City Development Committee was established, called to monitor all redevelopment and new construction interventions, from the design to the post-occupation evaluation phase. The adopted energy model enables the PED to be powered by the district heating network of Stockholm (with a provision equal to 72% of the necessary thermal energy) and by the RES, which satisfies approximately 63% of the total electricity demand.

- The redevelopment of the Kapfenberg residential complex, in Austria. The project included the use of prefabricated dry envelope solutions, characterised by the integration of elements for the production of renewable energy, such as: solar col-



pagnato dalla creazione di un *Living Lab* (*La Maison de La Confluence*), inteso come spazio fisico per promuovere in modo continuativo la partecipazione attiva dei cittadini. Per raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione previsti dal modello PED l'intervento di riqualificazione ha riguardato l'installazione di 21.000 mq di pannelli fotovoltaici, puntando alla produzione di 2 megawatt di energia elettrica entro il 2030, equivalenti al consumo di elettricità di circa 2.000 persone. Tutti gli edifici sono stati dotati di batterie di accumulo e sistemi di contabilizzazione per favorire l'autoconsumo dell'energia prodotta. Infine, grande importanza è stata data all'integrazione di nuove infrastrutture verdi che permettessero di promuovere la biodiversità urbana alla scala di quartiere.

L'analisi condotta evidenzia come nel modello energetico PED l'attenzione si sposti dall'unità (identificabile nell'edificio nZEB), all'insieme (riconoscibile nel distretto urbano) i cui confini, fisici ed energetici, diventano labili in funzione della collocazione delle reti di approvvigionamento da FER. Inoltre, nei modelli di *governance* dei PED, gli *stakeholder* sono chiamati a svolgere un ruolo cruciale nell'ottica di uno schema aperto, in modo che la conoscenza possa fluire liberamente in tutto l'ambiente economico e sociale (Commissione Europea, 2015): le industrie giocano un ruolo vitale come fornitori di soluzioni energetiche efficienti e pulite; i consumatori di energia diventano *prosumer* e prendono parte attiva nello scambio di energia; gli investitori finanziari sviluppano modelli di innovazione cooperativa e di credito partecipativo; i ricercatori sono chiamati a supportare i processi di sviluppo e validazione dell'innovazione (Appio *et al.*, 2018).

lectors, innovative solar honeycombs modules and photovoltaic panels BIPV (Fig. 3). In addition, with the aim of transforming the individual buildings into urban RES generators, making the entire urban district energetically self-sufficient, all existing roofs were replaced by solar pergolas (Fig. 4), hosting: 140 square metres of solar collectors (whose annual production is estimated to be about 40,000 kWh/year) connected to a storage tank of 7,500 litres, and 700 square metres of polycrystalline silicon photovoltaic panels, which produce about 80,000 kWh of electricity. Finally, it is interesting to note the involvement of final users, educated through a training campaign aimed at the conscious energy management of the renovated housing.

- The Sendling district's urban regeneration in Munich. This project was

developed within the European research E2ReBuild that involved several actors (the Municipality of Munich, the GWG company "Städtische Wohnungsgesellschaft München mbH" and numerous German SMEs). This deep renovation action concerned the transformation of an entire urban district built in 1950 and was aimed at demonstrating how it would have been possible to optimise implementation times and costs using BIM and BEM tools, radically transforming existing buildings and infrastructures from an energy, environmental and social point of view. Moreover, it was planned to use prefabricated wood façade systems (developed within the European project TES Energy Façade) to renovate the envelope (Fig. 5) and integrate technological systems to support the on-site renewable energy production (Fig. 6).

Conclusioni

Poiché, secondo le proiezioni *business-as-usual* (Chalmers, 2014), si prevede che l'uso di energia negli edifici a livello globale continui ad aumentare, è auspicabile che maggiore attenzione venga posta all'implementazione di strategie innovative per gestire in modo più efficiente l'ambiente costruito. Inoltre, in un momento storico nel quale la crescente richiesta di risorse energetiche rischia di travolgere gli assetti politici ed economici di numerose nazioni Europee, è urgente ritrovare lo slancio per proporre un cambiamento efficace che parta proprio dai concetti di transizione ecologica e digitale, per sviluppare interventi di riqualificazione profonda capaci di rigenerare interi comparti urbani, trasformandoli in PED, ovvero in nuovi modelli energetici e sociali in grado di ridurre in modo efficace i fenomeni di marginalizzazione e povertà energetica.

Gli esempi analizzati e presentati in quest'articolo dimostrano come il cambiamento dei paradigmi urbani inerenti la pianificazione di interventi di riqualificazione di edilizia residenziale pubblica sia possibile e sia in grado di contribuire in modo efficace a promuovere la transizione ecologica a cui l'Europa aspira. Tra le ambizioni della ricerca PED-EU-NET risulta evidente quella di incidere positivamente su questo cambiamento, sviluppando nel corso del progetto innovativi strumenti di conoscenza e validazione delle esperienze PED in corso, soprattutto quelle basate sulla co-creazione di nuovi sistemi di *governance* capaci di favorire la cooperazione tra pubblico e privato e di generare valori condivisi di sostenibilità e di inclusione sociale, in linea con gli obiettivi nazionali e internazionali di ripresa e resilienza.

Equally interesting, but based on a conservative approach, are the PED interventions that concerned:

- The Cité Carl-Vogt XX, a district under construction in Geneva, that is part of the TURN (HES-SO) project. In this PED, the intervention of deep renovation was carried out in 2015 concerning the regeneration of an urban district designed by the Honegger brothers between 1960 and 1964. The request not to change the architectural characteristics of the buildings (entirely made with typical prefabricated reinforced concrete modules) and the cultural identity of the famous popular district have led to the adoption of a non-invasive envelope and technological solutions (Fig. 7) and the need to promote participatory design actions aimed at reducing problems of social inclusion.

- The Cité Perrache Lyon Confluence regeneration that is part of the Smarter Together project. The project, which involved both the renovation of existing buildings (including the social residences designed by Edouard Herriot, under the initiative of Tony Garnier) and the construction of new buildings and road infrastructures, was accompanied by the creation of a Living Lab (*La Maison de La Confluence*), intended as a physical space to promote the active participation of citizens. Furthermore, to achieve the PED decarbonisation objectives, the renovation project involved the installation of 21,000 square metres of solar panels, aiming to produce 2 megawatts of electricity by 2030, equivalent to the electricity consumption of about 2,000 people. In addition, all buildings were equipped with storage

RINGRAZIAMENTI

L'articolo è frutto della collaborazione delle autrici, impegnate nelle attività di ricerca "Mapping, Characterisation and Learning" e "Dissemination, Outreach and Exploitation" del programma H2020 COST Action CA19126 PED-EU-NET (2020-2024) e nelle attività dell'IEA EBC Annex 83 – PEDs che indagano le tecnologie, gli strumenti di pianificazione e i processi decisionali connessi alla progettazione, realizzazione, gestione e valutazione dei PED.

REFERENCES

- Agliardi, E., Cattani, E. and Ferrante, A. (2018), "Deep energy renovation strategies: A real option approach for add-ons in a social housing case study", *Energy Build*, Vol. 161, pp. 1-9.
- Appio, F., Lima, M. and Parou, S. (2018), "Understanding Smart Cities: Innovation ecosystems, technological advancements, and societal challenges", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 142, pp. 1-14.
- BMVIT (2022), "Towards plus-energy neighborhoods" (folder), available at: <https://nachhaltigwirtschaften.at/en/sdz/publikations/folder-plus-energy-neighbourhoods.php#contentDescription>. Accessed 18 March 2022.
- Chalmers, P. (2014), "Climate Change: Implications for Buildings", available at: http://bpie.eu/wp-content/uploads/2015/10/Template_AR5_-_Buildings_v10_-_Web_Pages.pdf (accessed 7 May 2022).
- Cities4PEDs WP2 (2021), "Atlas. From 7 case interviews to recurring strategies and PED relevant aspects", available at: <https://energy-cities.eu/wp-content/uploads/2021/11/Cities4PEDs-Atlas-Nov.-2021.pdf.pdf> (accessed 7 May 2022).
- City of Tomorrow (2019), "Towards plus-energy neighborhoods" (folder), available at: <https://nachhaltigwirtschaften.at/en/sdz/publikations/folder-plus-energy-neighbourhoods.php> (accessed 7 May 2022).
- Civiero, P., Jordi, P., Arcas Abella, J., Bilbao Figueru, A. and Salom, J. (2021), "PEDRERA. Positive Energy District Renovation Model for Large Scale Actions", *Energies*, Vol. 14, n. 10.
- European Parliament (2010), "Direttiva 2010/31/UE del Parlamento eu-

batteries and metering systems to promote the self-consumption of the energy produced locally. Finally, great importance was given to integrating new green infrastructure to promote urban biodiversity at the neighbourhood scale.

These examples show how in the PED energy model, the attention shifts from the unit (identifiable in the nZEB building) to the whole (recognisable in the urban district), whose physical and energy boundaries become blurred, depending on the location of the RES supply networks. Furthermore, in the PED governance model, stakeholders and users are called to play a crucial role in the perspective of an open scheme so that knowledge can flow freely throughout the economic and social environment (European Commission, 2015): industries play a crucial role as providers of efficient and clean energy

solutions; energy consumers become prosumers and take an active part in the exchange of energy; financial investors develop collaborative innovation and participatory financing models; researchers are called upon to support innovation development and validation processes (Appio *et al.*, 2018).

Conclusion

Considering that according to business-as-usual projections (Chalmers, 2014), energy use in buildings is expected to continue to increase globally, it is desirable that more attention is paid to the implementation of innovative strategies to manage the built environment more efficiently.

Moreover, in a moment in which the growing demand for energy resources risks overwhelming the political and economic structures of many European nations, it is urgent to regain the mo-

ropeo e del Consiglio, del 19 maggio 2010, sulla prestazione energetica nell'edilizia", available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=celex:32010L0031> (accessed 7 May 2022).

European Parliament (2012), "Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC Text with EEA relevance", available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1399375464230&uri=CELEX:32012L0027> (accessed 7 May 2022).

European Commission (2015), "Open innovation, open science, open to the world - a vision for Europe", Publications Office of the European Union, Luxembourg, available at: <https://op.europa.eu/it/publication-detail/-/publication/3213b335-1cbc-11e6-ba9a-01aa75ed71a1> (accessed 7 May 2022).

Errichiello, L., Marasco, A. (2014), "Open service innovation in smart cities: A framework for exploring innovation networks in the development of new city services", *Advanced Engineering Forum*, Vol. 11, pp.115-124.

European Parliament (2012), "Report on the Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Energy Efficiency and Repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC", available at: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-7-2012-0265_EN.html 2012 (accessed 7 May 2022).

Haarstad, H. and Wathne, M. (2019), "Are smart city projects catalyzing urban energy sustainability?", *Energy Policy*, Vol. 129, pp. 918-925.

Semprini, G., Gulli, R. and Ferrante, A. (2017), "Deep regeneration vs shallow renovation to achieve nearly Zero Energy in existing buildings", *Energy Build*, Vol. 156, pp. 327-342.

SET-Plan Temporary Working Group (2018), "SET-Plan ACTION n.3.2 Implementation Plan: Europe to become a global role model in integrated, innovative solutions for the planning, deployment, and replication of Positive Energy Districts", available at: https://setis.ec.europa.eu/system/files/setplan_smartcities_implementationplan.pdf (accessed 7 May 2022).

Shnapp, S., Sitjà, R. and Laustsen, J. (2013), *What is a Deep Renovation Definition? Global Buildings Performance Network*, GBPN, Paris, France.

mentum to propose an effective change that starts from the concepts of ecological and digital transition, in order to develop deep renovation interventions capable of regenerating entire urban sectors, transforming them into PEDs, i.e. new energy and social models capable of effectively reducing the phenomena of marginalisation and energy poverty.

The examples analysed and presented in this article demonstrate how changing the urban paradigms inherent in public housing redevelopment planning is possible and can effectively promote the ecological transition to which Europe aspires.

Among the ambitions of the PED-EU-NET research is that of producing a positive impact on this change, developing in the coming months tools for knowledge and validation of the PED experiences, in progress or already implemented, and especially those pro-

moting the co-creation of new governance systems capable of fostering cooperation between public and private sectors and generating shared values of sustainability and social inclusion, in line with the national and international objectives of recovery and resilience.

ACKNOWLEDGEMENTS

This article is the result of the collaboration of the authors. They are involved in the activities of "Mapping, Characterisation and Learning" and "Dissemination, Outreach and Exploitation" of the H2020 COST Action CA19126 PED-EU-NET (2020-2024) programme and in the activities of the IEA EBC Annex 83 – PEDs. Those research activities are aimed at investigating the technologies, planning tools and decision-making processes related to the design, implementation, management and evaluation of PEDs.