

Living Lab per il progetto e l'attivazione di comunità energetiche nelle aree interne

Just Accepted: April 28, 2023 Published: October 31, 2023

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Consuelo Nava, <https://orcid.org/0000-0001-6853-3186>

Giuseppe Mangano, <https://orcid.org/0000-0002-7345-1756>

Dipartimento di Architettura e Territorio, Università Mediterranea di Reggio Calabria, Italia

consuelo.nava@unirc.it

giuseppe.mangano@unirc.it

Abstract. Per accelerare la transizione “verde e digitale” e il raggiungimento degli obiettivi di *carbon neutrality*, l'UE ha avviato una profonda trasformazione del sistema energetico globale nelle regioni dei Paesi membri. In questo contesto, il progetto di ricerca, agendo sulla riduzione degli impatti da cambiamento climatico attraverso processi e strategie di mitigazione e adattamento, ha come obiettivo l'attivazione di un dimostratore (*Living Lab*) nell'area pilota SNAI “Grecanica” (RC), in cui sviluppare e trasferire tecnologie avanzate sostenibili per l'“autoproduzione energetica di comunità”, con processi abilitati da tecnologie proprie dei sistemi evoluti per la produzione personalizzata e la generazione distribuita da fonti rinnovabili, le *smart grids* e la gestione digitale dei flussi.

Parole chiave: Decarbonizzazione; Comunità Energetiche; *Co-Design*; Tecnologie Emergenti; *Living Lab*.

Introduzione e panoramica. La “giusta transizione energetica” dei living lab nel processo di decarbonizzazione

I processi di decarbonizzazione necessari alla transizione energetica, con scenari di cambiamento climatico al 2035, 2050 e 2085 (IPCC, 2019) affidano al ruolo delle comunità energetiche, un compito “intelligente e aperto”, per la natura che le stesse “reti energetiche” hanno di realizzare modelli di *smart grid*, dove i concetti di consumo e produzione sono dipendenti dalle loro tecnologie, funzionando in *multi-energy systems* con alti livelli di stoccaggio e redistribuzione e rendendo soggetti attivi gli utenti finali. Avanza un nuovo approccio, che sposta il concetto di decarbonizzazione verso i modelli *net-zero* e fonda un nuovo paradigma, che «introduce nuovi vantaggi per gli utenti finali, come la sicurezza dell'approvvigionamento energetico e l'accessibilità economica, mentre gli operatori di rete beneficiano di piani di potenziamento della rete differiti e di una maggiore diversificazione dell'approvvigionamento energetico. Allo

stesso tempo, questo paradigma introduce nuove sfide tecniche, economiche e sociali per gli operatori di rete, gli utenti finali e le autorità di regolamentazione, in particolare a causa dell'inaffidabilità, dell'intermittenza e della non trasferibilità della maggior parte delle FER» (Zhong Fan, 2022). L'UE, attraverso le iniziative per la competitività del “Clean Energy Package” (*Winter Package*), che prevede entro il 2030 la copertura energetica da fonti rinnovabili al 32%, definisce le comunità energetiche «una nuova forma di movimento sociale che consenta processi energetici più partecipativi e democratici» (European Commission, 2018). Dal punto di vista legislativo, né l'UE né gli stati nazionali definiscono ancora chiaramente la loro forma giuridica, infatti le comunità energetiche sono definite in due leggi distinte del *Winter Package*. La revisione della Direttiva sulle energie rinnovabili (UE) 2018/2001 definisce il quadro di riferimento per le comunità energetiche che coprono le energie rinnovabili. La revisione della Direttiva sul mercato interno dell'elettricità (UE) 2019/944 introduce nuovi ruoli e responsabilità per le “comunità energetiche di cittadini” nel sistema energetico che interessa tutti i tipi di elettricità.

Living Lab for the design and activation of energy communities in the inner areas

Abstract. In order to accelerate the “green and digital” transition and the achievement of carbon neutrality objectives, the EU has launched a profound transformation of the global energy system in the regions of member countries. In this context, the research project, which addresses the reduction in impacts from climate change through mitigation and adaptation processes and strategies, has the objective of activating a demonstration (*Living Lab*) in the SNAI pilot area “Grecanica” (RC). It envisages developing and transferring advanced sustainable technologies for “energy self-production of communities”, with processes enabled by technologies belonging to advanced systems for customised production and distributed generation from renewable sources, smart grids and digital flow management.

Keywords: Decarbonisation; Energy Communities; *Co-Design*; Emerging Technologies; *Living Lab*.

I Piani nazionali per il Clima e l'Energia, dovranno definire maggiormente anche le organizzazioni delle “Comunità Energetiche Rinnovabili”. Sebbene nella letteratura di questi anni si sia fatta distinzione tra i modelli di Comunità Energetiche di Cittadini (CEC) e di Comunità Energetiche Rinnovabili (CER), le citate Direttive Europee inquadrano le Comunità Energetiche come organizzazioni che si dotano di attività specifiche e di criteri relativi alla partecipazione nei processi di governance aperti, alla proprietà e al controllo condiviso con piccole imprese

Introduction and overview. The “just energy transition” of living labs in the decarbonisation process.

The decarbonisation processes necessary for energy transition, with scenarios of climate change to 2035, 2050 and 2085 (IPCC, 2019), entrust the role of energy communities with an “intelligent and open” task, considering that “energy networks” create smart grid models, where the concepts of consumption and production are dependent on their technologies, functioning in multi-energy systems with high levels of storage and redistribution, and making end users active subjects. A new approach is advancing, which moves the concept of decarbonisation towards net-zero models and finds a new paradigm, which «introduces new benefits for end-users, such as security of energy supply and affordability, while network operators benefit from

deferred grid expansion plans and greater diversification of energy supply. At the same time, this paradigm introduces new technical, economic and social challenges for network operators, end users and regulators, especially due to the unreliability, intermittence and non-transferability of most RES» (Zhongfan, 2022).

The EU, through the initiatives for the competitiveness of the “Clean Energy Package” (*Winter Package*), which provides for 32% energy coverage from renewable sources by 2030, defines the energy communities «a new form of social movement that allows for more participatory and democratic energy processes» (European Commission, 2018). From a legislative point of view, neither the EU nor the national states yet clearly define their legal form; in fact, the energy communities are defined in two separate laws

se, con lo scopo di generare non profitti economici, ma benefici ambientali. Sia le CEC che le CER, in ogni caso, possono svolgere attività analoghe, che riguardano essenzialmente la generazione, la distribuzione, la fornitura, l'aggregazione, il consumo, la condivisione, lo stoccaggio di energia e la fornitura di servizi. Le comunità energetiche traggono moltissimi benefici da tutte le reti di sistemi energetici, ma ad oggi con maggiore incidenza dalle fonti rinnovabili FER fotovoltaiche e eoliche, «secondo le stime, entro il 2030 le comunità energetiche potrebbero possedere circa il 17% della capacità eolica installata e il 21% di quella solare (Commissione Europea, 2016). Entro il 2050, si prevede che quasi la metà delle famiglie dell'UE produrrà energia rinnovabile» (Kampman *et al.*, 2016).

Le comunità energetiche e le loro reti rimarranno ancora per molto tempo connesse ai sistemi energetici nazionali, alle infrastrutture di distribuzione, ma nelle isole e nelle aree interne i sistemi autonomi potrebbero realizzare innovativi modelli di consumo, autoconsumo e produzione con tecnologie avanzate. Ciò di fatto muterebbe l'assetto delle infrastrutture, nei sistemi spaziali dei contesti abitati e i loro modelli di gestione dei flussi energetici, agendo all'interno dei più ampi modelli circolari dell'uso sostenibile delle risorse e della gestione da parte degli utenti/cittadini.

Nel progetto delle città sostenibili, le comunità energetiche divengono uno dei modelli da perseguire per le città "Net-Zero"¹, esprimendo in progetti di trasformazione, nuove configurazioni performative e infrastrutture energetiche perfettamente integrate al paesaggio urbano, rendendo produttivi tutti i sistemi ambientali coinvolti. Il caso del Quartiere di Schoonschip di Amsterdam, ne è l'esempio (Fig. 1).

of the Winter Package. The revision of the Renewable Energy Directive (EU) 2018/2001 sets the framework for energy communities covering renewable energy. The revision of the Internal Electricity Market Directive (EU) 2019/944 introduces new roles and responsibilities for "citizen energy communities" in the energy system that affects all types of electricity.

The National Plans for Climate and Energy will also have to better define the organisation of the "Renewable Energy Communities". Although recent literature makes a distinction between the models of Energy Communities of Citizens (CEC) and Renewable Energy Communities (CER), the aforementioned European Directives frame the Energy Communities as organisations that adopt specific activities and related criteria to participation in open governance processes, own-

ership and shared control with small businesses. The aim is to generate not economic profits, but environmental benefits. In any case, both CECs and CERs can carry out similar activities, which essentially concern the generation, distribution, supply, aggregation, consumption, sharing, storage of energy and the provision of services.

Energy communities derive many benefits from all networks of energy systems, but to date with a greater incidence from renewable sources such as photovoltaic and wind, «according to estimates, by 2030 energy communities could own about 17% of installed wind capacity and 21% of solar capacity (European Commission, 2016). By 2050, nearly half of EU households are expected to produce renewable energy» (Kampman *et al.*, 2016).

Energy communities and their networks will still remain connected to



Il quartiere galleggiante realizzato in autocostruzione in 10 anni ha 110 residenti in 30 case galleggianti, la piattaforma condivisa del catalogo delle soluzioni innovative registra il monitoraggio continuo del consumo e della produzione energetica, dovuta alle pompe di calore e ai pannelli solari (60) e fotovoltaici (516); la loro *smart community platform* è connessa ad un fornitore di energia locale. Il quartiere ha comunque un funzionamento circolare per le acque reflue, che vengono trasformate da un biodigestore in energia. La biodiversità del canale è preservata con altri sistemi connessi alla vegetazione, al food, ecc. (Fig. 2). Un metabolismo circolare e continuo tra spazi indoor e outdoor.

In questo tempo di sperimentazione, si testano soluzioni differenti per indagare sui modelli e sui processi esportabili. La ricerca condotta per il rapporto JRC "Energy communities: an overview of energy and social innovation" (2020), riporta un'indagine su 9 paesi e 24 casi studio, in cui emergono i limiti delle attività di generazione, autoconsumo e fornitura e distribuzione, connessi alla dimensione dei soggetti che partecipano alla comunità.

Inoltre, emerge come loro diffusione e loro presenza si debba ad un numero maggiore nelle aree dove la rete energetica pubblica

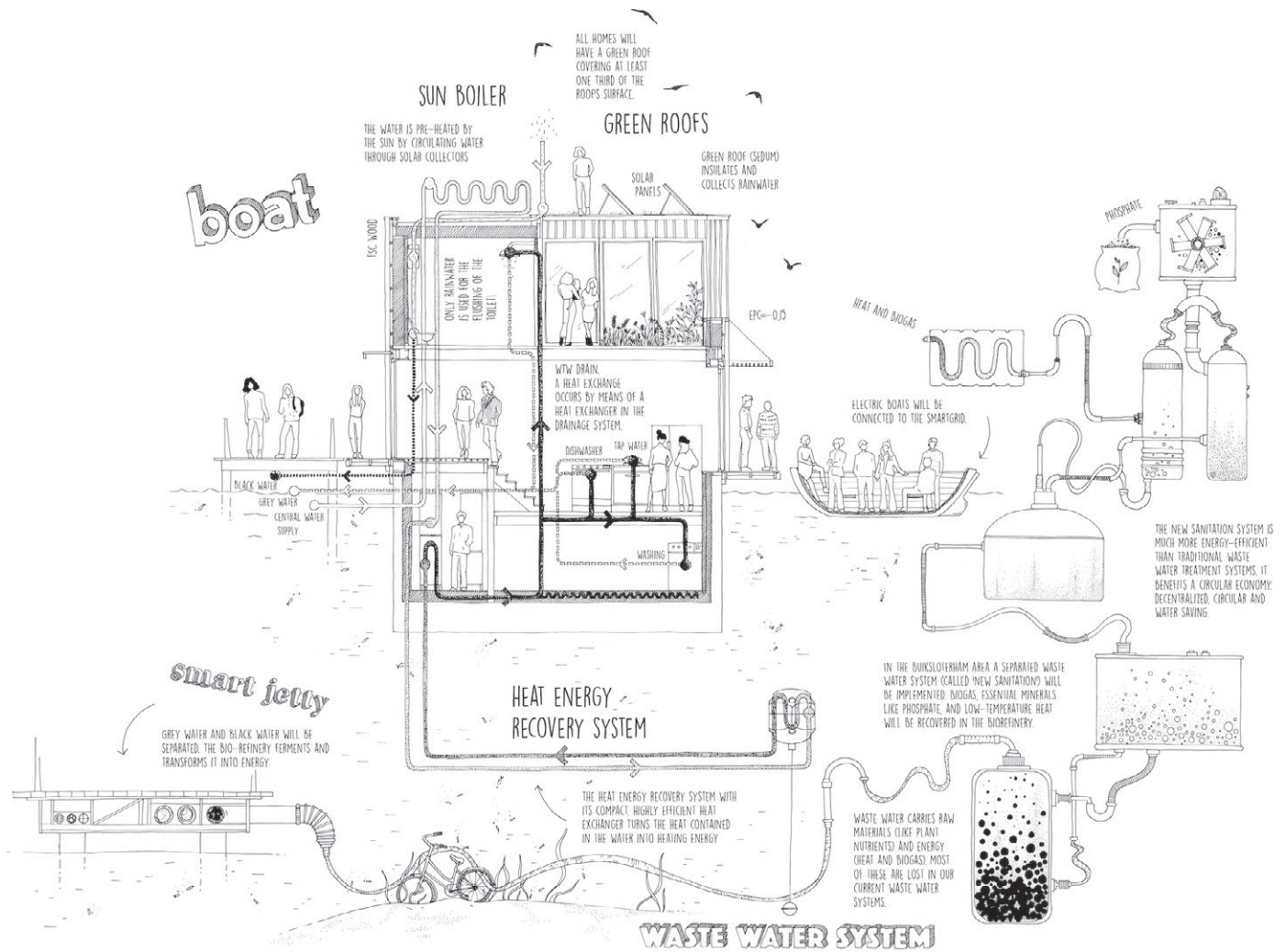
national energy systems and distribution infrastructures for a long time to come, but in islands and inner areas autonomous systems could implement innovative models of consumption, self-consumption and production with advanced technologies. This would change the structure of the infrastructures in the spatial systems of inhabited contexts and their energy flow management models, acting within the broader circular models of sustainable use of resources and management by users/citizens.

In the project of sustainable cities, energy communities become one of the models to be pursued for "Net-Zero" cities¹, expressing in transformation projects, new performative configurations and energy infrastructures perfectly integrated into the urban landscape, making all the environmental systems involved productive. The case

of the Schoonschip district of Amsterdam is an example of this (Fig. 1).

The floating district built in self-construction in 10 years has 110 residents in 30 floating houses. The shared platform of the catalogue of innovative solutions records the continuous monitoring of energy consumption and production by heat pumps and solar (60) and photovoltaic panels (516). Their smart community platform is connected to a local energy supplier. However, the district has a circular system for wastewater, which is transformed by a bio-digester into energy. The biodiversity of the canal is preserved with other systems connected to vegetation, food, etc. (Fig. 2). A circular and continuous metabolism between indoor and outdoor spaces.

During this experimentation period, different solutions are tested to investigate exportable models and processes.



The research conducted for the JRC report “Energy communities: an overview of energy and social innovation” (2020), presents a survey of 9 countries and 24 case studies, in which the limits of generation, self-consumption, supply and distribution activities emerge connected to the size of the subjects participating in the community. Furthermore, it emerges that their diffusion and presence is greater in areas where the public energy network is widespread, mostly favouring the creation of innovative companies with a strong social and environmental impact. Instead, a type of innovation connected to new management models can be found on a small scale in the more isolated and small areas. However, there is the risk that in both scenarios, a certain type of network of subjects linked to commercial and economic interests may limit this in-

novative profile. The legal structures in which the CERs are recognised have different organisational forms, which also influence the levels of participation of the active subjects and the models adopted, which can be organised in «Energy cooperatives, limited partnerships, community trusts and foundations, housing associations, customer-owned non-profits, public-private partnerships, utility companies» (JRC based on Roberts *et al.*, 2014; Hanna, 2017; REN21, 2016). The motivations that push the various subjects to come together in communities, in order of greatest incidence are: investments in sustainable infrastructures (80%), green electricity and heat production (72%), financial reasons (52%), social and environmental sustainability (48%), self-sufficiency (32%), energy efficiency (28%), renewable energy supply and sharing (28%), secure en-

ergy supply (12%) (JRC based on the case studies, 2019). The sharing of the process and of the results of the activities transform the energy communities into “local communities” in which citizens can enjoy the co-benefits of their participation, and into “communities of interest”, capable of sharing visions that go beyond benefits, and which promote local development (Bauwens, 2016), also through co-design practices and co-management of processes, projects and technologies (Mangano and Leuzo, 2022). It is in this new socio-technical scenario that the Living Labs (LLs) acquire a fundamental role for the Winter Package, directing users towards motivations connected, for example, to the “supply and sharing of renewable energy”. The LLs are created to affect the impact of decarbonisation measures

through organisational and management forms of the strategies and solutions that serve the green and digital transition, not forgetting “the necessary condition of inclusion of the communities” in physical-infrastructure processes at all levels. This makes them capable of measuring themselves with new approaches and visions against problems related to environmental issues and climate change. Indeed, it refers to the need not only to operate in a “transition” regime, but also to ensure a “just transition”². The co-benefits refer to the effectiveness of the CER model, becoming spaces for LLs’ actions on the trajectories of interest for the JMT, towards future scenarios for 2030, 2050, 2085, in which “emerging technologies” take on roles in the ecological/energy and digital transition. They effectively influence socio-economic impacts deriv-

è diffusa, favorendo perlopiù la nascita di imprese innovative a forte impatto sociale e ambientale, mentre invece nelle aree più isolate e piccole, emerge un tipo di innovazione connessa a nuovi modelli gestionali su piccola scala. Vi è comunque il rischio, che in entrambi gli scenari, un certo tipo di reti di soggetti legati ad interessi di tipo commerciale ed economico, limitino tale profilo di innovazione. Le strutture legali in cui si riconoscono le CER assumono differenti forme organizzative, che influiscono anche sui livelli di partecipazione dei soggetti attivi e dei modelli adottati, che si possono organizzare in «cooperative energetiche, società in accomandita, trust e fondazioni comunitarie, associazioni edilizie, imprese senza scopo di lucro di proprietà del cliente, partenariati pubblico-privati, società di servizi pubblici» (JRC basato su Roberts *et al.*, 2014; Hanna, 2017; REN21, 2016). Le motivazioni che spingono i diversi soggetti a riunirsi in comunità, in ordine di maggiore incidenza sono: investimenti in infrastrutture sostenibili (80%), produzione di elettricità e calore verdi (72%), motivazioni finanziarie (52%), sostenibilità sociale e ambientale (48%), autosufficienza (32%), efficienza energetica (28%), fornitura e condivisione di energia rinnovabile (28%), approvvigionamento energetico sicuro (12%) (JRC basato sui casi studio, 2019).

La condivisione del processo e dei risultati delle attività trasformano le comunità energetiche in “comunità di luogo”, in cui i cittadini possono fruire dei co-benefici della loro partecipazione e in “comunità di interesse”, capace di condividere delle visioni che vanno oltre gli stessi benefici e che promuovono lo sviluppo locale (Bauwens, 2016), anche attraverso pratiche di co-design e co-management di processi, progetti e tecnologie (Mangano, Leuzzo, 2022).

ing from activities aimed at «participation/ownership, lifestyle, low cost energy bills, social cohesion, education, acceptance and awareness, combating energy poverty, regeneration of the local economy, well-being and health, job creation and local skills» (Caramizaru *et al.*, 2020).

The LLs thus become the physical and digital places that manage this effectiveness, supporting the co-management of all operations and activities of the CERs, made up of citizens, associations, businesses, local and national bodies, study and research centres and universities. They become a platform that converges human, technical and digital resources in the energy transition processes, accelerating the methods aimed at founding strategies, selecting solutions and promoting visions. The case illustrated below of energy communities in inner areas

takes on a particularly innovative profile in terms of the processes we have discussed, and of “management of participation and monitoring”. It becomes an even more accessible model, albeit one that can be effectively scaled.

An experimental methodology for the design of energy communities in inner areas

The research project³, targeting the reduction of impacts from climate change through mitigation and adaptation processes and strategies, has the objective of activating a demonstrator (Living Lab) in the SNAI pilot area “Grecanica” (RC). At the site it will develop and transfer advanced sustainable technologies for the “energy self-production of communities”, with processes enabled by technologies belonging to advanced systems for customised production and distributed generation

È in questo nuovo scenario socio-tecnico che i *Living Labs* (LLs) assumono un ruolo fondamentale per il Winter Package, orientando gli utenti verso quelle motivazioni connesse per es. al “*supply and sharing of renewable energy*”. I LLs nascono per incidere sull’impatto delle misure di decarbonizzazione, attraverso forme organizzative e gestionali delle strategie e delle soluzioni che servono alla transizione verde e digitale, non dimenticando “la necessaria condizione di inclusione delle comunità” ai processi fisici-infrastrutturali a tutti i livelli, rendendole capaci di misurarsi con nuovi approcci e visioni ai temi connessi alle questioni ambientali e al climate change; ciò, di fatto, riferisce sulla necessità non solo di operare in regime di “transizione”, ma anche di “giusta transizione”².

I co-benefici possono dirsi riferibili all’efficacia del modello delle CER divenendo spazi di azioni dei LLs sulle traiettorie di interesse per la JMT, verso scenari futuri 2030, 2050, 2085, in cui “le tecnologie emergenti” assumono ruoli in ambito di transizione ecologica/energetica e digitale con efficacia sugli impatti socio-economici derivanti da attività indirizzate alla «partecipazione/proprietà, allo stile di vita, alle bollette energetiche a basso costo, alla coesione sociale, all’istruzione, all’accettazione e alla consapevolezza, alla lotta alla povertà energetica, alla rigenerazione dell’economia locale, al benessere e alla salute, alla creazione di posti di lavoro e competenze locali» (Caramizaru *et al.*, 2020). I LLs divengono così i luoghi fisici e digitali, che gestiscono questa efficacia, supportando la cogestione di tutte le operazioni e le attività delle CER, composte da cittadini, associazioni, imprese, enti locali e enti nazionali, centri di studi e di ricerca e università; una piattaforma di risorse umane e tecniche e digitali insieme, nei processi di transizione energetica,

from renewable sources, smart grids and digital flow management.

It is a matter of experimenting with projects featuring a high rate of innovation, cohesion and promotion of knowledge, in which users are not only final users (consumers), but actively participate in saving and energy production (producers), contributing to the creation of a new circular model (prosuming), according to an “integrated co-design” approach (co-programming and co-design). The recipients of the research can be identified in the community activated with the Living Lab (citizens, businesses, organisations and local associations) with the following types of repercussions:

- environmental (CO2 savings in energy production and regenerative processes);
- economic (incentives for producers-consumers);

- social (direct involvement of the production system and the community in strategies to reverse the depopulation trend and fight against energy poverty).

The research methodology is divided into four phases:

- Phase 1_a) Construction of the literature on the topics and state of the art; b) first meta-project mapping of the operational phase of the Living Lab;
- Phase 2_a) study and analysis of location scenarios and system interventions; b) identification of stakeholders and planning of Living Lab activities;
- Phase 3_a) Activation and implementation of Living Lab structures; b) creation of the prototype of the structure and of the integrated solar production and impact monitoring devices for the CERs involved;

accelerano i metodi indirizzati a fondare strategie, selezionare soluzioni, promuovere visioni. Il caso di seguito illustrato delle comunità energetiche nelle aree interne assume un particolare profilo innovativo nei termini dei processi che abbiamo discusso e in termini di “gestione della partecipazione e del monitoraggio”, esso diviene un modello ancora più accessibile, per quanto efficacemente dimensionabile.

Una metodologia sperimentale per il progetto delle comunità energetiche nelle aree interne

Il progetto di ricerca³, agendo sulla riduzione degli impatti da cambiamento climatico attraverso processi e strategie di mitigazione e adattamento, ha come obiettivo l’attivazione di un dimostratore (*Living Lab*) nell’area pilota SNAI “Grecaica” (RC), in cui sviluppare e trasferire tecnologie avanzate sostenibili per l’“autoproduzione energetica di comunità”, con processi abilitati da tecnologie proprie dei sistemi evoluti, per la produzione personalizzata e la generazione distribuita da fonti rinnovabili, le smart grids e la gestione digitale dei flussi.

Si tratta di sperimentare progetti ad alto tasso di innovazione, coesione e promozione della conoscenza, in cui gli utenti non sono solo i fruitori finali (*consumers*), ma partecipano attivamente al risparmio ed alla produzione energetica (*producers*), contribuendo alla creazione di un nuovo modello circolare (*prosuming*), secondo un approccio di “co-design integrato” (co-programmazione e co-progettazione). I destinatari della ricerca sono identificabili nella comunità attivata con il *Living Lab* (cittadini, imprese, organizzazioni ed associazioni del territorio) con ricadute di tipo:

- Phase 4_a) Evaluation of impacts; b) final report on the results and exportability programme of the research. Below is a summary of intermediate results for Phases 1 and 2.

Phase 1.a_Study of the state-of-the-art and construction of a case study apparatus

In the first phase of the research, studies were conducted on the state-of-the-art and the reference scenario, on the characterisation of the technologies used, and on the different characteristics of the development and implementation context of the Renewable Energy Communities. Currently, there are 54 active Energy Communities in Italy, and it is important to note that as many as 75% are located in inner areas (Legambiente, 2021). In the wake of evidence concerning the sector of the substantial contribution marginal

territories can make to the objectives of climate neutrality (Marinakakis, Papadopoulou, Psarras, 2015) and energy transition, in this phase it was useful to analyse and deepen some experiences of energy communities and *Living Labs* in rural/inner areas at both European and national level.

For the closing case studies, 15 files were produced, organised according to the following levels of information:

- location, year of establishment (identification section);
- management model, technologies used (qualitative-quantitative data);
- energy production, coverage of energy needs (quantitative data);
- “regenerative” impacts (qualitative-quantitative data).

For exemplifying purposes, this contribution reports the data sheet relating to the case study of the CER “Berchidda Energia 4.0” (Fig. 3).

- ambientale (risparmio CO₂ nella produzione di energia e processi rigenerativi);
- economico (incentivi per i produttori-consumatori);
- sociale (coinvolgimento diretto del sistema produttivo e della comunità nelle strategie di inversione del trend di spopolamento e lotta alla povertà energetica).

La metodologia della ricerca si articola in quattro fasi:

- Fase 1_a) Costruzione della letteratura sui temi e stato dell’arte; b) prima mappatura meta-progettuale della fase operativa del *Living Lab*;
- Fase 2_a) studio e analisi degli scenari di localizzazione e degli interventi di sistema; b) individuazione stakeholder e programmazione attività di *Living Lab*;
- Fase 3_a) Attivazione e realizzazione strutture del *Living Lab*; b) realizzazione del prototipo della struttura e dei dispositivi integrati di produzione solare e di monitoraggio degli impatti per le CER coinvolte;
- Fase 4_a) Valutazione degli impatti; b) relazione finale sui risultati e programma di esportabilità della ricerca.

Di seguito una sintesi di risultati intermedi per le Fasi 1 e 2.

Phase 1.a_Studio dello stato dell’arte e costruzione di un apparato casi studio

Nella prima fase della ricerca sono stati condotti gli studi dello stato dell’arte e dello scenario di riferimento, della caratterizzazione delle tecnologie impiegate e dei diversi caratteri di contesto di sviluppo ed implementazione delle Comunità Energetiche Rinnovabili. Attualmente, sono 54 le Comunità Energetiche attive in Italia ed è importante notare che ben il 75% è situato nelle aree interne (Legambiente, 2021). Sulla scia

Phase 1.b_Meta-design mapping of the operational phase

The objective of this phase concerns the definition of elements characterising the creative, planning and experimental process of the *Living Lab*, within the area and the “inner” community identified with a scouting process. Activities will be carried out for prototyping, verification and experimentation for technical and economic feasibility studies on the level of efficiency of technological choices at the system/component scale and of devices supporting the Energy Community.

The LL in support of the Energy Community project will take into account:

- “territorial” components, i.e. physical capital and natural capital, with the reference community (stakeholders and end users together);
- “technological” components, i.e. technologies and devices for pro-

duction and consumption with RES, integrated technologies for energy production and storage and network monitoring (digital management platforms, smart boxes, storage batteries, etc.) (Fig. 4).

These aspects become fundamental levers for the development of regenerative EWCs, allowing this model to develop, integrating transdisciplinary and interscalar research, knowledge, technologies and methodologies (building/neighbourhood or village, citizen/community, inner areas/urban areas).

The meta-design phase of the LL is divided into eight activities/phases for three definitions of technological and social innovation spaces (Fig. 5):

- Problem space, for “empathisation” activities and the construction of a “human” knowledge platform with context analysis (1), the involve-

delle evidenze della lettura di settore sul contributo sostanziale che i territori marginali possono apportare agli obiettivi di neutralità climatica (Marinakakis, Papadopoulou, Psarras, 2015) e di transizione energetica, in questa fase è stato utile analizzare ed approfondire alcune esperienze di comunità energetiche e Living Labs in aree rurali/interne a livello europeo e nazionale. Per i casi studio a chiusura si sono prodotte 15 schede organizzate secondo i seguenti livelli di informazione:

- localizzazione, anno di costituzione (sezione identificativa);
- modello di gestione, tecnologie impiegate (dati quali-quantitativi);

- produzione energetica, copertura del fabbisogno energetico (dati quantitativi);
- impatti “rigenerativi” (dati quali-quantitativi).

A fini esemplificativi, si riporta in questo contributo, la scheda relativa al caso studio della CER “Berchidda Energia 4.0” (Fig. 3).

Fase 1.b Mappatura meta-progettuale della fase operativa

L’obiettivo di questa fase riguarda la definizione degli elementi che caratterizzano il processo ideativo, progettuale e sperimentale del *Living Lab*, all’interno dell’area e della comunità “interna” individuate con un percorso di scouting. Si realiz-

Case Study #4 (CS-4) | REC “Berchidda 4.0”

| 03



Location: Berchidda (Sassari, Italy)

Population: 2688 inhabitants (up to date 31-08-2020)

Management model: Energy Community made up citizens, Sardegna Region, Department of Engineering and Electronic University of Cagliari

Technologies used:

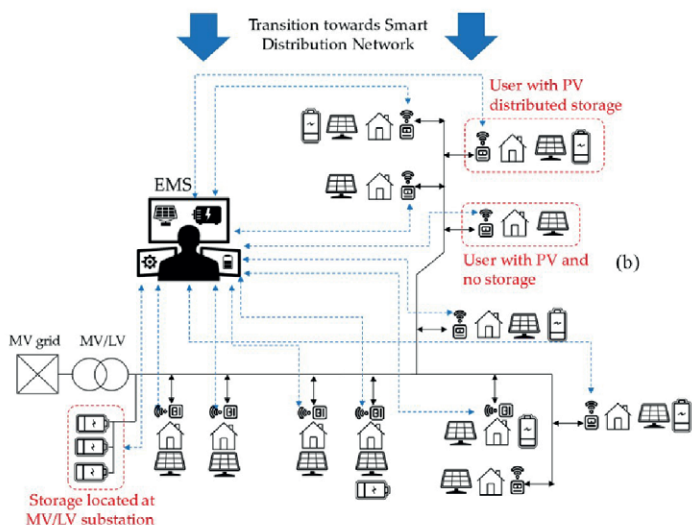
- 200 fotovoltaic plants with >1500 kWp of power
- Storage systems with a capacity of 50 kW/50kWh
- Smart Home Systems for energy monitoring

Energy production: solar energy production of about 3 GWh/year

Energy demand coverage: solar energy production of about 3 GWh/year

Impacts:

- Activation of 30 pilot projects on existing pv systems for self-consumption promotion and community engagement
- 620,000 € savings (-50% public cost of energy) and 30% energy bill reduction



Figures:

View of Berchidda FV plants and REC functioning model. Source: Ghiani, Emilio & Giordano, & Rosetti, & Pilo, F.. (2019). Planning of a Smart Local Energy Community: The Case of Berchidda Municipality (Italy). *Energies*. 12. 4629. 10.3390/en12244629.

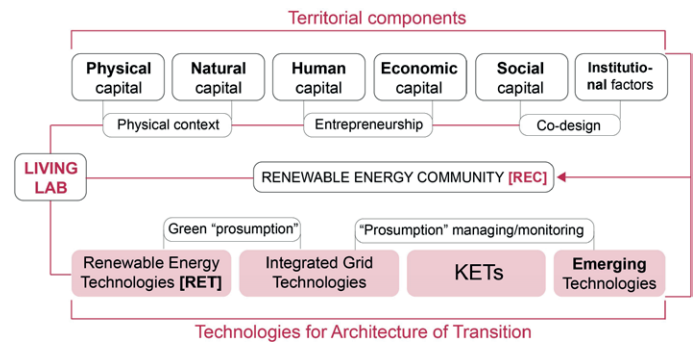
04 | Le componenti territoriali e tecnologiche per l'attivazione di un LL a supporto delle CER. Fonte: elaborazione di G.Mangano
The territorial and technological components for the activation of a LL in support of the CERs. Source: elaboration by G.Mangano

05 | Mappa meta-progettuale per il LL. Fonte: rielaborazione di G.Mangano dal modello proposta da Energy Living Lab Association. Cfr: <https://energylivinglab.com/>
Meta-project map for the LL, source: G. Mangano's reworking of the model proposed by the Energy Living Lab Association. See <https://energylivinglab.com/>

zeranno le attività per la prototipazione, la verifica e la sperimentazione per la fattibilità tecnica ed economica, gli studi sul livello di efficienza delle scelte tecnologiche alla scala di sistema/componente e di dispositivi a supporto della Comunità Energetica.

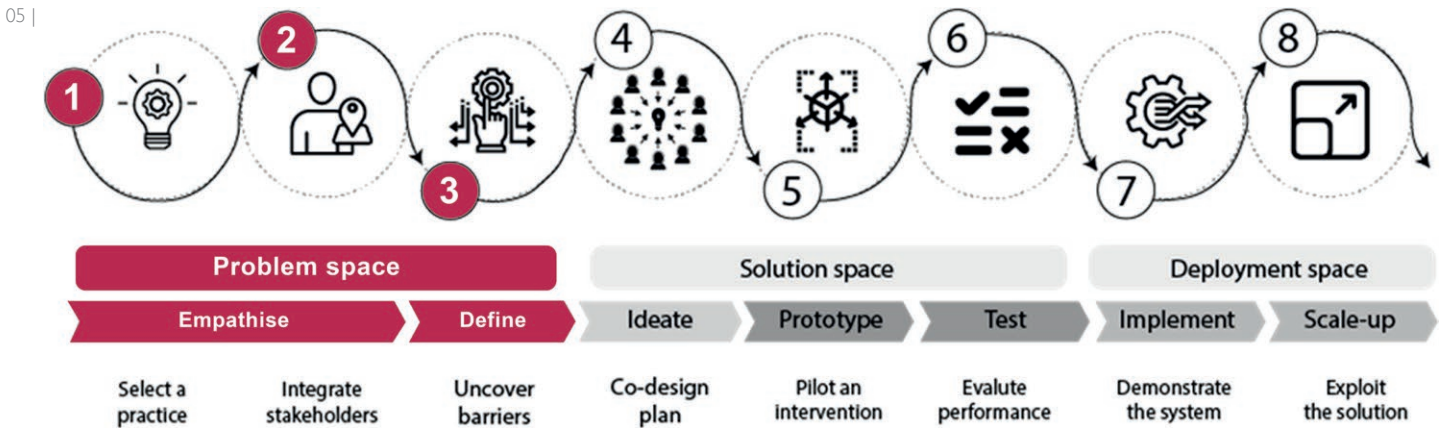
Il LL a supporto del progetto della Comunità Energetica terrà conto di:

- componenti di tipo “territoriale”, ovvero il capitale fisico e capitale naturale, con la comunità di riferimento (stakeholder e utenti finali insieme);
- componenti di tipo “tecnologico”, ovvero le tecnologie ed i dispositivi per la produzione ed il consumo con le FER, le tecnologie integrate di produzione e accumulo energetico e di monitoraggio delle reti (piattaforme digitali di gestione, *smart box, storage batteries*, ecc.) (Fig. 4).



Questi aspetti diventano leve fondamentali per lo sviluppo di CER a carattere rigenerativo, permettendo di rendere questo modello più avanzato, integrando ricerche, conoscenze, tecnologie e metodologie transdisciplinari e interscalari (edificio/quartiere o villaggio, cittadino/comunità, aree interne/aree urbane). La fase meta-progettuale del LL si articola in otto attività/fasi per tre definizioni di spazi dell'innovazione tecnologica e sociale (Fig. 5):

- *Problem space*, per le attività di “empatizzazione” e costruzione di una piattaforma conoscitiva “umana” con l’analisi



ment of interested users (2) and the exploration of their needs (3);

- Solution space, a first phase of co-design for the generation of ideas (4), for the development of a “pilot” solution (prototype) (5) to be tested for an initial verification of the performance of the solutions developed (6), with the possibility of repeating the process;
- Deployment space, with the phases of “implementation” of the solution adopted (7) and the possibility of being able to adapt and scale it within the demonstrator or in a similar environment (8).

Phase 2.a_Provisional models and localisation scenarios of the interventions
 The proposed methodology is applied to a municipality in the SNAI “Grecanica” pilot area, where 18,821 people live in 15 municipalities and which, in

the last forty years, has lost over 40% of the population and seen the abandonment of entire settlements due to the lack of essential services and environmental instability events. Based on this scenario, a preliminary survey was carried out for the candidacy of 3 inner settlements, verifying the presence of favourable characteristics for the activation of an energy community (location, solar radiation, performance potential of the installable photovoltaic systems). The analysis is performed using the open access tool PhotoVoltaic GIS (PVGIS)⁴. The simulations were carried out on the municipalities of Cardeto, Condofuri and Palizzi, using the PVGIS-SARAH2 database, which considers the use of crystalline silicon photovoltaic technology, with installed power [kWp]=1, system power loss (average) by 14% and a fixing angle of 35°.

The results show that among the three candidate municipalities for testing a CER, Palizzi has an annual PV energy production potential of 1631.26 kWh and flat irradiation of 1979.47 kWh/m², with higher values than Cardeto (1424.95 kWh – 1839.72 kWh/m²) and Condofuri (1516.9 kWh – 1952.61 kWh/m²), thanks to its position and the more favourable exposure to the performance of the photovoltaic panels (Fig. 6). Furthermore, the municipality of Palizzi, located in climatic belt C, is the one with the least number of degree-days. Therefore, already in this preliminary investigation phase, it is possible to state that, in energy terms, this translates into a lower energy requirement for heating systems. The table below (Tab. 1) illustrates the comparison between the three inner centres on the basis of data and information relating to:

- resident population;
- “green” policies and/or CERs in progress;
- past investments in renewables;
- climatic zone and degree days;
- the value of the potential energy from PV on a fixed angle;
- the value of the irradiation in plane for a fixed angle.

The results, at this stage of the research, indicate that the municipality of Palizzi presents conditions potentially favouring the activation of a CER with energy technologies for RES. The activities of the next steps will primarily concern the in-depth analysis of the context and study of the built heritage, with a view to integrated design processes of RES energy technologies and the start of the process of involving the stakeholders of the territory selected to co-design the energy community.

- di contesto (1), il coinvolgimento degli utenti interessati (2) e l'esplorazione dei loro bisogni (3);
- *Solution space*, una prima fase di co-design per la generazione di idee (4), per lo sviluppo di una soluzione "pilota" (prototipo) (5), da testare per una prima verifica delle performances delle soluzioni sviluppate (6), con la possibilità di reiterare il processo;
- *Deployment space*, con le fasi di "implementazione" e realizzazione della soluzione adottata (7) e la possibilità di poterla adattare e scalare all'interno del dimostratore o in ambiente analogo (8).

Fase 2.a_Modelli previsionali e scenari di localizzazione degli interventi

La metodologia proposta si applica su un comune dell'Area pilota SNAI "Grecanica", dove risiedono 18.821 persone in 15 comuni e che negli ultimi quarant'anni ha perduto oltre il 40% della popolazione e visto l'abbandono di interi insediamenti a causa dell'assenza di servizi essenziali ed eventi di dissesto ambientale. Sulla base di questo scenario, è stata effettuata un'indagine preliminare per la candidatura di 3 insediamenti interni, verificandone la presenza di caratteristiche favorevoli per l'attivazione di una comunità energetica (localizzazione, irraggiamento solare, potenzialità prestazionali degli impianti fotovoltaici installabili). L'analisi viene effettuata tramite l'*open access tool* PhotoVoltaic GIS (PVGIS)⁴, che restituisce il calcolo del potenziale di produzione di energia per diverse tecnologie e configurazioni fotovoltaiche e per radiazione solare e temperatura, come medie mensili o profili giornalieri in serie temporali complete (annuali, mensili, giornaliere).

Research implications and progress: the response of innovation

If, on the one hand, the socio-economic fragility of the inner areas can represent an impediment to the application of research, on the other its Living Lab responds as a platform of "innovation and open knowledge", which enables technology transfer processes and sustainability for innovative models, as stated in the introductory paper.

Five aspects have been identified that make the experimentation of a Living Lab innovative for energy communities in inner areas:

1. climatic and environmental factors (availability of resources);
2. the defined settlement model (accounting of energy needs);
3. the absence/scarcity of essential services and energy supplies;
4. the scalability of the interventions (project at all scales);

5. integrated territorial investments for the period 21-27.

The answer that LL field experimentation can certainly provide the aforementioned aspects, placing the application of its integrated process practices (problem space; solution space, deployment space)⁵, derives from those strategies, solutions and visions, which, from the local scale can contribute to the global one concerning environmental, social, economic, geopolitical and even technological risk factors. Referring to what emerges from the latest WEF 2023 Report regarding the severity of certain short and long-term global risks (Fig. 7), we can assume that the themes of biodiversity, intensively present in the inner areas of the Grecanica (subject of experimentation), as well as the proposal to control the migratory emergency,

Le simulazioni sono state effettuate sui comuni di Cardeto, Condofuri e Palizzi, utilizzando il database PVGIS-SARAH2, che considera l'impiego di tecnologia fotovoltaica al silicio cristallino, con potenza installata [kWp]=1, perdita di potenza del sistema (media) del 14% e angolo di fissaggio di 35°. I risultati mostrano che tra i tre comuni candidati alla sperimentazione di una CER, Palizzi possiede un potenziale di produzione energetica da FV annua di 1631,26 kWh e un'irradiazione piana di 1979,47 kWh/m², con valori più elevati rispetto a Cardeto (1424,95 kWh – 1839,72 kWh/m²) e Condofuri (1516,9 kWh – 1952,61 kWh/m²), grazie alla sua posizione e all'esposizione più favorevole alle prestazioni dei pannelli fotovoltaici (Fig. 6). Inoltre, il comune di Palizzi, situato nella fascia climatica C, è quello che presenta il minor numero di gradi-giorno. Pertanto, già in questa fase di indagine preliminare, è possibile affermare che, in termini energetici, questo si traduce in un minor fabbisogno di energia per sistemi di riscaldamento.

La tabella di seguito (Tab.1) illustra il confronto tra i tre centri interni sulla base di dati e informazioni relativi a:

- popolazione residente;
- politiche "verdi" e/o CER in corso;
- investimenti passati sulle rinnovabili;
- zona climatica e gradi giorno;
- il valore dell'energia potenziale da FV su angolo fisso;
- il valore dell'irradiazione in piano per angolo fisso.

I risultati, a questa fase della ricerca, indicano che nel territorio del comune di Palizzi vi siano condizioni potenziali più favorevoli all'attivazione di una CER con le tecnologie energetiche per le FER.

taking into account the fact that such areas can be re-inhabited, can become "drivers of sustainable development and innovation". ERCs capable of proactively managing this necessary transition, in climate change scenarios, have all the resources available to initiate co-design approaches, facilitation, global analyses, networks and bottom-up innovations, capable of constituting real "demonstrators of new models and technological and transition management systems", capable of replicating the processes to scale them in other nearby territories with other energy communities.

ACKNOWLEDGMENTS AND ATTRIBUTION

This contribution is partially supported by the ONP research project "Research and Innovation" 2014-2020, Action IV.6 "Research contracts

on green issues", cod. G05, CUP C35F21001290002 and the research project "RC Metro Citizens in Transition – Metropolitan Agenda for Sustainable Development for the Metropolitan City of Reggio Calabria" (Agreement between the Metropolitan City of Reggio Calabria and the MATTM DG-SVI, see www.rcmetro-citizensintransition.com).

C.Nava is the author of the paragraph entitled "Introduction and overview. The "just energy transition" of living labs in the decarbonisation process. G.Mangano is the author of the paragraph entitled "An experimental methodology for the design of energy communities in inner areas". C. Nava and G.Mangano are co-authors of the paragraph entitled "Implications and progress of research: the response of innovation".

Le attività dei prossimi step riguarderanno prioritariamente l'approfondimento delle analisi di contesto e di studio del patrimonio costruito, in ottica di processi di design integrato delle tecnologie energetiche FER e l'avvio del processo di coinvolgimento degli stakeholder del territorio selezionato per le fasi di co-progettazione della comunità energetica.

Implicazioni e progress della ricerca: la risposta dell'innovazione

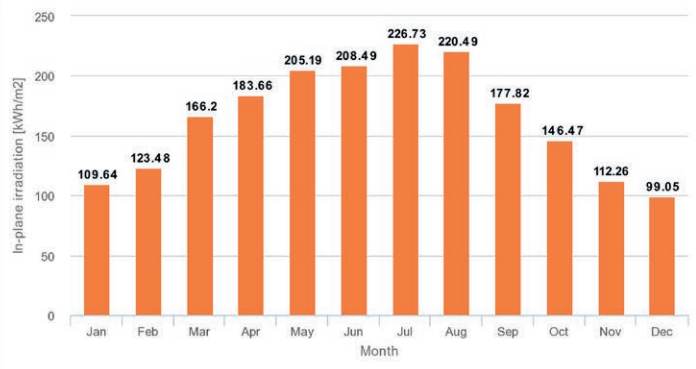
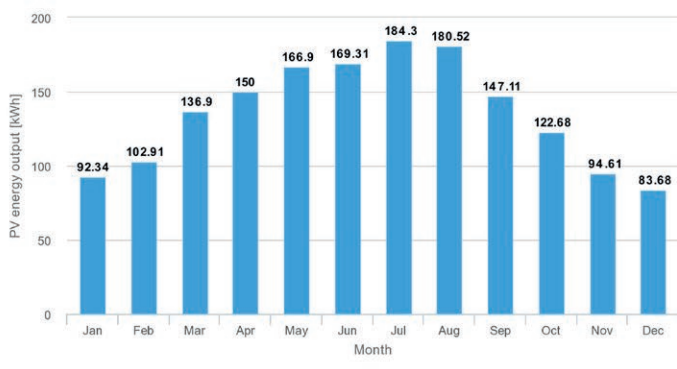
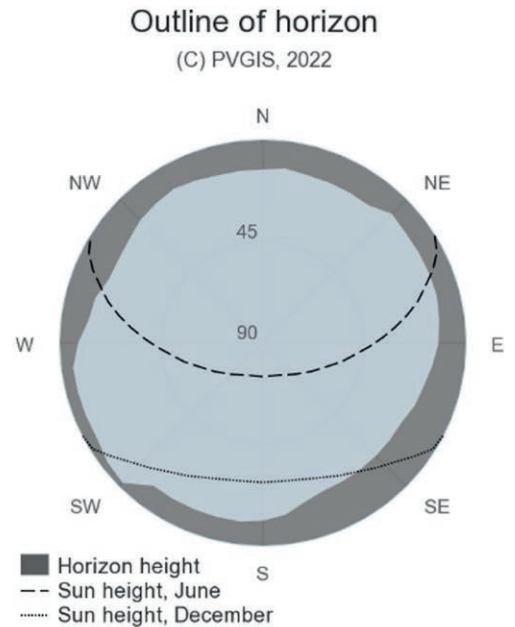
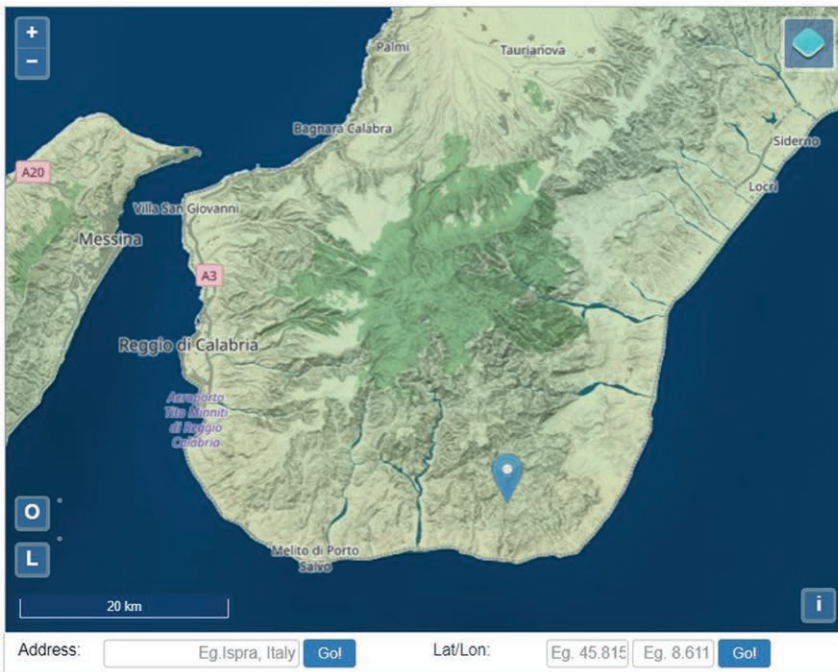
Se da un lato, la fragilità socio-economica delle aree interne può rappresentare un fattore ostativo per l'applicazione della ricerca, dall'altro il suo *Living Lab* risponde quale piattaforma di "innovazione e conoscenza aperta", che abilita i processi di

trasferimento tecnologico e di sostenibilità, per modelli innovativi, come riferito nel contributo introduttivo. Si individuano cinque aspetti che rendono innovativa la sperimentazione di un Living Lab per le comunità energetiche nelle aree interne:

1. i fattori climatici ed ambientali (disponibilità di risorse);
2. il modello insediativo definito (contabilizzazione del fabbisogno energetico);
3. l'assenza/scarsità dei servizi essenziali e approvvigionamento energetico;
4. la scalabilità degli interventi (progetto a tutte le scale);
5. gli investimenti territoriali integrati per il periodo 21-27.

La risposta che la sperimentazione sul campo del *LL* può cer-

06 |



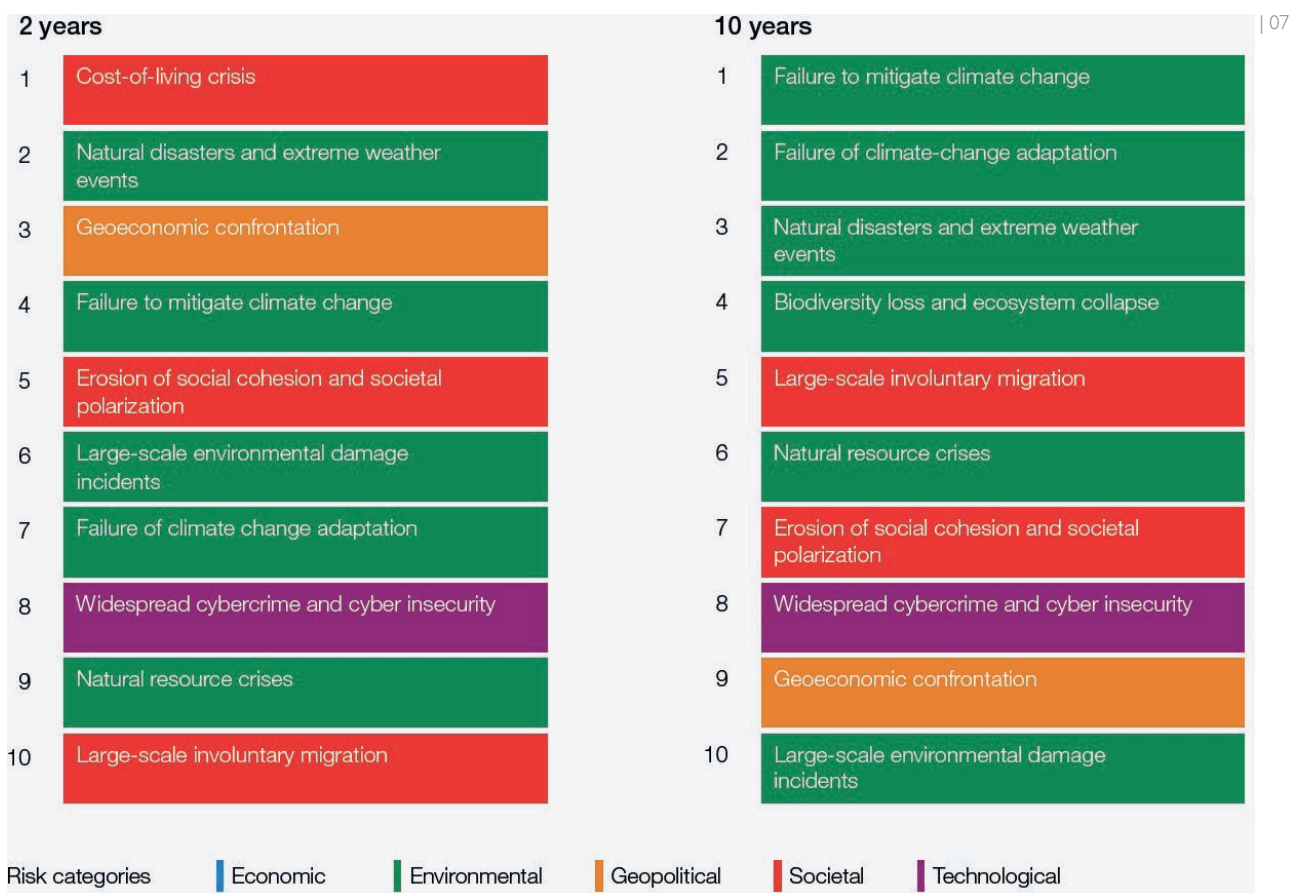
Tab. 01 | Confronto tra le tre aree interne candidate alla sperimentazione del LL. Fonte: elaborazione di G.Mangano
 Comparison between the three inner candidate areas for LL experimentation. Source: elaboration by G.Mangano

	CARDETO	CONDOFURI	PALIZZI
Population			
(n. inhabitants)	1,591	4,656	2,017
Ongoing REC or green policies			
(Yes/ No)	No	No	No
Past investments			
on RES	Yes (ROP 2007-2013 – Axes I/II)	No	No
Climatic Zone	D	C	C
Degree-days	2,033	1,323	1,205
Monthly energy output from fix-angle PV (kWh)	1424.95	1516.9	1631.26
Monthly in-plane irradiation for fixed angle (kWh/m²)	1839.72	1952.61	1979.47

| Tab. 01

tamente fornire ai suddetti aspetti, collocandovi l'applicazione delle sue pratiche di processo integrato (*problem space; solution space, deployment space*)⁵, deriva da quelle strategie, soluzioni e visioni, che dalla scala locale possono contribuire a quella globale, con riferimento ai fattori di rischio di tipo ambientale, sociale, economico, geopolitico e anche tecnologico. Riferendoci, infatti, a quanto emerge dall'ultimo Rapporto WEF 2023, in merito alla severità di certi rischi globali a breve

e lungo termine (Fig. 7), possiamo assumere che i temi della biodiversità, molto presenti nelle aree interne dell'Area Gre-canica (oggetto di sperimentazione), così come la proposta di controllare l'emergenza migratoria, per la capacità delle stesse aree di essere luoghi da riabitare, possono divenire “drivers di sviluppo sostenibile e innovazione”. Le CER che possono in maniera proattiva gestire questa necessaria transizione, in scenari di cambiamenti climatici, hanno tutte le risorse dispo-



nibili per avviare approcci di co-design, facilitazione, analisi globali, networks e innovazioni bottom-up, in grado di costituire veri e propri “dimostratori di nuovi modelli e sistemi tecnologici e di gestione della transizione”, capaci di replicare i processi per scalarli in altri territori prossimi, con altre comunità energetiche.

RICONOSCIMENTI E ATTRIBUZIONE

Questo contributo è supportato in parte dal progetto ricerca PON “Ricerca e Innovazione” 2014-2020, Azione IV.6 “Contratti di ricerca su tematiche green”, cod. G05, CUP C35F21001290002 e dal progetto ricerca “RC Metro Citizens in Transition – Agenda Metropolitana di Sviluppo Sostenibile per la Città Metropolitana di Reggio Calabria” (Accordo tra la Città Metropolitana di Reggio Calabria e il MATTM DG-SVI, cfr. www.rcmetrocitizensintransition.com).

C. Nava è autrice del paragrafo intitolato “Introduzione e panoramica. La “giusta transizione energetica” dei living lab nel processo di decarbonizzazione, G. Mangano è autore del paragrafo intitolato “Una metodologia sperimentale per il progetto delle comunità energetiche nelle aree interne”. C. Nava e G. Mangano sono co-autori del paragrafo intitolato “Implicazioni e progress della ricerca: la risposta dell’innovazione”.

NOTE

¹ Horizon2020 con la Mission Platform della EU Mission on Climate-Neutral e Smart Cities, ha selezionato 53 città provenienti da 21 paesi della UE che si trasformeranno per attuare le politiche di transizione climatica urbana, ma con l’obiettivo comune di rendere entro il 2030 112 città dell’UE ad emissioni zero. Tra le città c’è Amsterdam e tra le Italiane ci sono Bergamo, Bologna, Firenze, Milano, Padova, Parma, Prato, Roma, Torino.

² 2EU regional and urban development_JTM_ https://ec.europa.eu/regional_policy/funding/just-transition-fund/just-transition-platform_en.

NOTES

¹ Horizon2020 with the Mission Platform of the EU Mission on Climate-Neutral and Smart Cities, has selected 53 cities from 21 EU countries that will transform urban climate transition policies for electricity, but with the common goal of creating 112 zero emission cities in the EU by 2030. The cities include Amsterdam and, the Italian context counts Bergamo, Bologna, Florence, Milan, Padua, Parma, Prato, Rome and Turin.

² EU regional and urban development_JTM_ https://ec.europa.eu/regional_policy/funding/just-transition-fund/just-transition-platform_en.

³ Research project “Advanced Impact Design and Enabling Technologies for the design and activation of “energy communities” with models, devices and prototypes. Living Lab in the inner areas of the Greca Area”

– PON “Research and Innovation” 2014-2020, Axis IV “Education and research for recovery” Action IV.6 – “Research contracts on Green issues” – ssd ICAR/12, Scientific Responsible: Prof. Consuelo Nava – Technology transfer in R&D: R.ed.el srl – Third party research agreement dArTe – R.ed.el. (signed on 07/26/2022), Researcher: RTdA Arch. PhD Giuseppe Mangano.

⁴ EU Science Hub, PVGIS Photovoltaic Geographical Information System, https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system_en (accessed 20 June 2022).

⁵ See caption Fig. 5.

³ Progetto-ricerca “Advanced Impact Design e Tecnologie abilitanti per il progetto e l’attivazione delle “comunità energetiche” con modelli, dispositivi e prototipi. Living Lab nelle aree interne dell’Area Greca” – PON “Ricerca e Innovazione” 2014-2020, Asse IV “Istruzione e ricerca per il recupero” Azione IV.6 – “Contratti di ricerca su tematiche Green” – ssd ICAR/12, Resp. Scientifico: Prof.ssa Consuelo Nava – Trasferimento tecnologico in R&S: R.ed.el srl – Convenzione di Ricerca Conto Terzi dArTe – R.ed.el. (stipulata il 26/07/2022), Ricercatore: RTdA Arch. PhD Giuseppe Mangano.

⁴ EU Science Hub, PVGIS Photovoltaic Geographical Information System, https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system_en (accessed 20 June 2022)

⁵ Cfr. didascalia Fig. 5.

REFERENCES

Bauwens, T. (2016), “Explaining the Diversity of Motivations behind Community Renewable Energy”, *Energy Policy*, Vol. 93, pp. 278-290.

Caramizaru, A. and Uihlein, A. (2020), *JRC – Energy communities: an overview of energy and social innovation*, EUR 30083 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

De Santoli, L. (2011), *Le Comunità dell’energia*, Quodlibet, Macerata.

E&S Group Polimi (2021), *Electricity Market Report 2021*, Collana Quaderni AIP, Politecnico Milano.

European Commission (2018), *Final Report of the High-Level Panel of the European Decarbonisation Pathways Initiative*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Fan, Z., Cao J., Jamal, T. et al. (2022), “The role of ‘living laboratories’ in accelerating the energy system Decarbonization”, *Energy Reports*, Vol. 8, pp. 11858-11864.

Hanna, R. (2017), “Community Renewables Innovation Lab. Energy Transition Platform Policy Briefing”, *Spiral.Imperial.Ac.Uk*, Vol. 22.

IPCC (2019), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.

Kampman, B., Blommerde J. and Afma M. (2016), *The Potential of Energy Citizens in the European Union*, Report Commissioned by Greenpeace.

Marinakos, V., Papadopoulou, A.G. and Psarras, J. (2015), “Local communities towards a sustainable energy future: Needs and priorities”, *Int. J. Sustain. Energy*, Vol. 36, pp. 296-312.

Roberts, J., Bodman F. and Rybski R. (2014), “Community Power; Model Legal Frameworks for Citizen-Owned”, *Renewable Energy*, Vol. 1, ClientEarth, London.

REN21 (2016), “Renewables 2016 Global Status Report. Key Findings 2016”, *REN21 – Renewable Energy Policy Network*, Paris

World Economic Forum (2023), “Global risks ranked by severity over the short and long term”, in WEF, *The Global Risk Report*.