

La compatibilità delle tecnologie *off-grid* nella riqualificazione delle reti energetiche dei centri storici minori

Chiara Marchionni, Pierluigi De Bernardinis, Alessandra Bellicoso

DICEAA_ Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile-Architettura e Ambientale, Università degli Studi de L'Aquila

RICERCA/RESEARCH

chiara.marchionni@graduate.univaq.it
pierluigi.debernardinis@univaq.it
alessandra.bellicoso@univaq.it

Abstract. La ricerca lega il tema del recupero dei piccoli centri storici italiani al tema ambientale, proponendo il recupero sostenibile come possibilità di compiere un'azione virtuosa nel territorio.

Lo studio di tali realtà territoriali, in particolare dell'area abruzzese colpita dal sisma del 2009, permette di portare avanti una ricerca che mira a riqualificare un patrimonio in abbandono da anni, ora ulteriormente compromesso dal sisma. È stata elaborata una metodologia operativa finalizzata al recupero energetico dei borghi che parte da un'approfondita conoscenza dell'area d'indagine, individuandone i valori e le peculiarità. Vengono poi approfonditi gli ambiti d'intervento e messe in luce le tecnologie applicabili, attraverso un accurato processo di compatibilità (Zordan et al., 2002) con il contesto.

Lo studio guarda con interesse al tema delle reti energetiche, al loro stato d'uso e di deterioramento e alla possibilità d'integrazione delle fonti di energia rinnovabile. In particolare, si esaminano le potenzialità e le criticità dei sistemi tecnologici *off-grid*, individuando la possibilità della loro applicazione nei centri storici minori.

Parole chiave: Riqualificazione sostenibile, Centri storici minori, Fonti rinnovabili, Tecnologie *off-grid*

Introduzione: centri minori abruzzesi nella situazione post-sisma

Quando si parla dei centri minori ci si riferisce ad un patrimonio storico e architettonico che caratterizza il territorio italiano in quanto ne determina la storica organizzazione territoriale, sia per le singole specificità, sia come sistema complessivo dotato di organicità.

Da decenni, però, questi piccoli paesi, da tempo definiti come "minori" (Secchi, 1984), sono interessati da condizioni di spopolamento e abbandono¹, dovute alla perdita di potere economico e alla bassa qualità della vita legata alla carenza di servizi.

L'attenzione che da anni caratterizza la questione del recupero dei borghi italiani deriva dal riconoscimento dell'importanza del riuso di tale patrimonio edilizio, con la volontà di rimetterne in luce i valori storico-architettonici e ambientali e le potenzia-

lità economiche e climatiche, in nome del minor consumo di suolo e del risparmio delle risorse.

Il sisma che ha colpito la regione Abruzzo nel 2009 ha solo aggravato una situazione già difficile da decenni: l'area compresa nel "cratere sismico"² è stata oggetto di inevitabili modifiche negative all'organizzazione territoriale e sociale degli insediamenti. Il sisma, tuttavia, deve essere inteso come occasione per un rilancio del territorio, con l'opportunità di ricostruire, laddove sia possibile e sensato, sfruttando le possibilità della tecnologia di adeguare i livelli di comfort a quelli odierni.

Indirizzi per una metodologia operativa³

La ricerca affronta le problematiche proposte guardando al territorio di indagine nella sua

interezza: più importante del singolo centro e dei singoli interventi su di esso risulta il sistema costituito da più centri.

In seguito all'evento sismico si sono succeduti numerosi decreti e provvedimenti legislativi volti alla ricostruzione dei paesi. Tra questi il Decreto Abruzzo n. 39/2009, poi convertito in legge (L. 77/2009) ha introdotto i Piani di Ricostruzione (PdR) quale strumento attraverso cui assicurare la ripresa socio-economica del territorio, riqualificare l'abitato, individuare gli interventi idonei a garantire la migliore sicurezza delle costruzioni, facilitare il rientro delle popolazioni nelle abitazioni recuperate. Mancano, tuttavia, riferimenti relativi all'introduzione di fattori incentivanti l'efficienza energetica e la sostenibilità, oltre che indicazioni per un'effettiva correlazione tra i comuni limitrofi.

Per quanto riguarda le politiche incentivanti l'efficienza energetica, invece, si segnala l'adesione di tutti i 305 comuni abruzzesi al Patto dei Sindaci⁴, che li ha obbligati a dotarsi di un Piano

The compatibility of off-grid technologies in the rehabilitation of energy network of minor historical centres

Abstract. The research links the issue of recovery of the small Italian historic centres to the environmental issue, proposing the sustainable recovery as opportunity to carry out a virtuous action in the territory.

The study of these territories, particularly the inner area of Abruzzo Region affected by the earthquake of April 6, 2009, offers the opportunity to carry out a research that aims to redevelop a heritage abandoned for years, now further compromised by the earthquake.

An operational methodology aimed at energetic rehabilitation of the minor centres has been drawn up, which starts from an in-depth knowledge of the investigation area, identifying its peculiarity. Then we analyzed the intervention area and highlighted the applicable technologies through a careful "process of compatibility" (Zordan et al., 2002) with the context.

In the present study there is an interest in the topic of energy networks, in their state of use and deterioration and possibility of renewable energy sources integration.

In particular, we examine/analyze the off-grid technological systems potentiality and criticality, identifying the possibility of their application in the minor centres.

Keywords: Sustainable rehabilitation, Minor historic centres, Renewable energy sources, Off-grid technological systems

Introduction: minor centres of Abruzzo Region in the post seismic

When we talk about minor centres we refer to a historical and architectural heritage that characterizes the Italian territory as it determines the national historic territorial organization, both for the individual specificity, both as an organic total system.

For decades, however, these small towns, far-back defined as "minor" (Secchi, 1984), are affected by conditions of depopulation and abandonment¹, due to the loss of economic power and the low quality of life for lack of services.

The attention that for years has characterized the issue of recovery of Italian villages comes from the recognition of the importance of reuse of architectural heritage, with the desire to restore historical-architectural and environmental values and economic and climatic potentiality, in the name of the lower land consumption and resources savings.

The earthquake that struck the Abruzzo region in 2009 has only aggravated an already difficult situation for decades the area of the "seismic crater"² was subject to inevitable social and territorial organization of the settle-

d'azione per l'energia sostenibile (PAES) e del BEI (Inventario Base delle Emissioni).

Pur rappresentando la forte volontà della regione di rilancio, i piani tuttavia mancano di riferimenti allo specifico contesto di indagine e non affrontano questioni legate alla compatibilità dei sistemi proposti con il contesto stesso.

Ripartendo dalle carenze individuate, l'obiettivo della ricerca è di mettere la tecnologia a servizio della vivibilità dei luoghi, al fine non del mero recupero delle strutture, bensì di una ricostruzione sostenibile finalizzata al ripopolamento dei piccoli centri, laddove sia possibile. Fare sistema per risparmiare e ottimizzare le risorse, operando su una pluralità di fattori e applicando tecnologie diverse a seconda della maggior compatibilità al caso specifico. Il fine è di innescare un doppio processo: da una parte quello di condivisione delle risorse, dall'altro quello della riscoperta delle potenzialità del territorio nella sua interezza (Marchionni et al., 2014). Così l'ambito della presente ricerca guarda con interesse allo sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili nella condizione *off-grid*, ovvero non allacciate alla rete, intese come occasione di risparmio energetico e come mezzo per rendersi indipendenti, laddove possibile, dal gestore nazionale, in vista del miglioramento di indicatori prestazionali legati alla fruibilità e alla gestione.

Fonti energetiche rinnovabili e tecnologia *off-grid*

L'economista statunitense Jeremy Rifkin, come primo dei cinque pilastri di quella da lui definita "terza rivoluzione industriale"⁵, individua il passaggio dalle fonti di energia fossile a quelle rinnovabili (Rifkin, 2011).

ments negative changes. The earthquake, however, must be understood as an opportunity for a revitalization of the area, with the possibility of reconstruction, where it is possible and reasonable, taking advantage of the quality of technology to upgrade the comfort levels to those of today users.

Orientation for an operational methodology³

The research deals with the proposed issues looking at the investigation area in its entirety: most important of the single centre and of individual interventions on them is the system composed of several centres.

Following the earthquake there have been numerous decrees and legislation aimed at the reconstruction of the towns.

Among these, the Abruzzo Decree n. 39.2009, then converted into law (L.

77/2009) introduced the Reconstruction Plans (PDR) as a means to ensure the socio-economic recovery of the area, redevelop the town, identify appropriate actions to ensure a greater construction safety, facilitate the return of people to the recovered homes. However, there is a lack of any reference to the introduction of incentivizing factors in energy efficiency and sustainability, as well as any correlations with other municipalities.

Regarding to energy efficiency incentive policies, however, we noted the adhesion of all 305 municipalities of Abruzzo region to the Covenant of Mayors⁴ that constrained municipalities to submit the Action Plan for Sustainable Energy (SEAP) and the BEI (Base Emission Inventory).

Nevertheless, while representing the strong desire of relaunch of the region, the plans lack of references to

Per quest'ultime si intendono quelle fonti che, convertite con opportune tecnologie in energia secondaria utile (termica, elettrica, meccanica e chimica), a differenza dei combustibili fossili si considerano inesauribili e con un impatto sull'ambiente trascurabile. La fiducia verso l'energia verde si afferma in Europa già nei primi anni del XXI secolo, fino a fissare nel 2006, con il pacchetto Clima-Energia, l'obiettivo di ottenere il 20% di energia da fonti rinnovabili entro il 2020. In Italia l'attuazione della prima direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia, tuttavia, poneva in deroga gli edifici dei centri storici per evitare situazioni definite di "abbruttimento", con l'obbligo di introduzione di fonti rinnovabili ridotto al 50% nel caso di edifici situati nei centri storici.

Tuttavia dal 2014 si rendono obbligatori gli interventi di efficientamento energetico anche nei centri storici⁶.

Occorre, dunque, fornire indicazioni riguardo alla compatibilità di tali sistemi nel tessuto storico considerato, in modo da rendere tali luoghi sostenibili senza essere invasivi e rispettando le peculiarità architettonico-ambientali dei paesi.

La ricerca, quindi, individua tra le possibili strategie quella di ricorrere all'utilizzo di tecnologie *off-grid*: il termine non identifica alcuna tecnologia specifica, bensì molteplici sistemi sviluppati dalle aziende attraverso i quali è possibile garantire l'autonomia idrico-energetica dai gestori nazionali.

Dal punto di vista economico, realizzare sistemi *off-grid* è conveniente perché, a fronte dell'investimento iniziale sostenuto per la costruzione degli impianti di produzione e accumulo dell'energia, si guadagna la possibilità di smettere di acquistare energia e si cessa di essere soggetti alle oscillazioni di costo della stessa.

the investigation context of inquiry and they do not face issues related to the compatibility of proposed systems with the context itself.

Restarting from identified deficiencies, the aim of the research is to put the technology at the service of the places livability, not only for the purpose of recovery of the structures, but for a sustainable reconstruction aimed at repopulation of small towns, wherever possible.

Systematize to save and optimize resources, operating on a plurality of factors and applying different technologies depending on the most compatibility to the specific case. The aim is to trigger a double process: on the one hand to share resources, on the other the rediscovery of the territory potentiality in its entirety (Marchionni et al., 2014).

The scope of the present research

looks forward to the exploitation of renewable energy sources off-grid, that is not connected to the national network. These are intended as an opportunity for energy savings and as a mean to become independent from the national institution, to improve performance indicators related to usability and management.

Renewable energy sources and off-grid technology

The American economist Jeremy Rifkin, as the first of the five pillars of the "third industrial revolution"⁵, as described by him, identifies the transition from fossil to renewable sources (Rifkin, 2011). For renewable sources we refer to those that, converted with appropriate technologies in secondary useful energy (thermal, electrical, mechanical and chemical), unlike fossil fuels, can be considered inexhaustible

TECNOLOGICAL SOLUTIONS OFF-GRID	MAIN IDENTIFYING ELEMENTS SYSTEM	ENERGY
Photovoltaic systems	photovoltaic panel storage systems inverter backup system	ELECTRICITY
Small wind generators	storage systems wind inverter	
Solar thermal panels	solar panel storage systems	HEAT
Biomass Systems	waste materials accumulation system (wood, agriculture, waste)	
Systems for collecting rainwater	tank constructed wetland	WATER MANAGEMENT
Extraction of groundwater	artesian well	
Septic tank installation	upper tank lower tank	INDEPENDENCE FROM THE SEWER
Radio link	provider	DATA AND VOICE CONNECTION FOR BROADBAND TELEPHONY

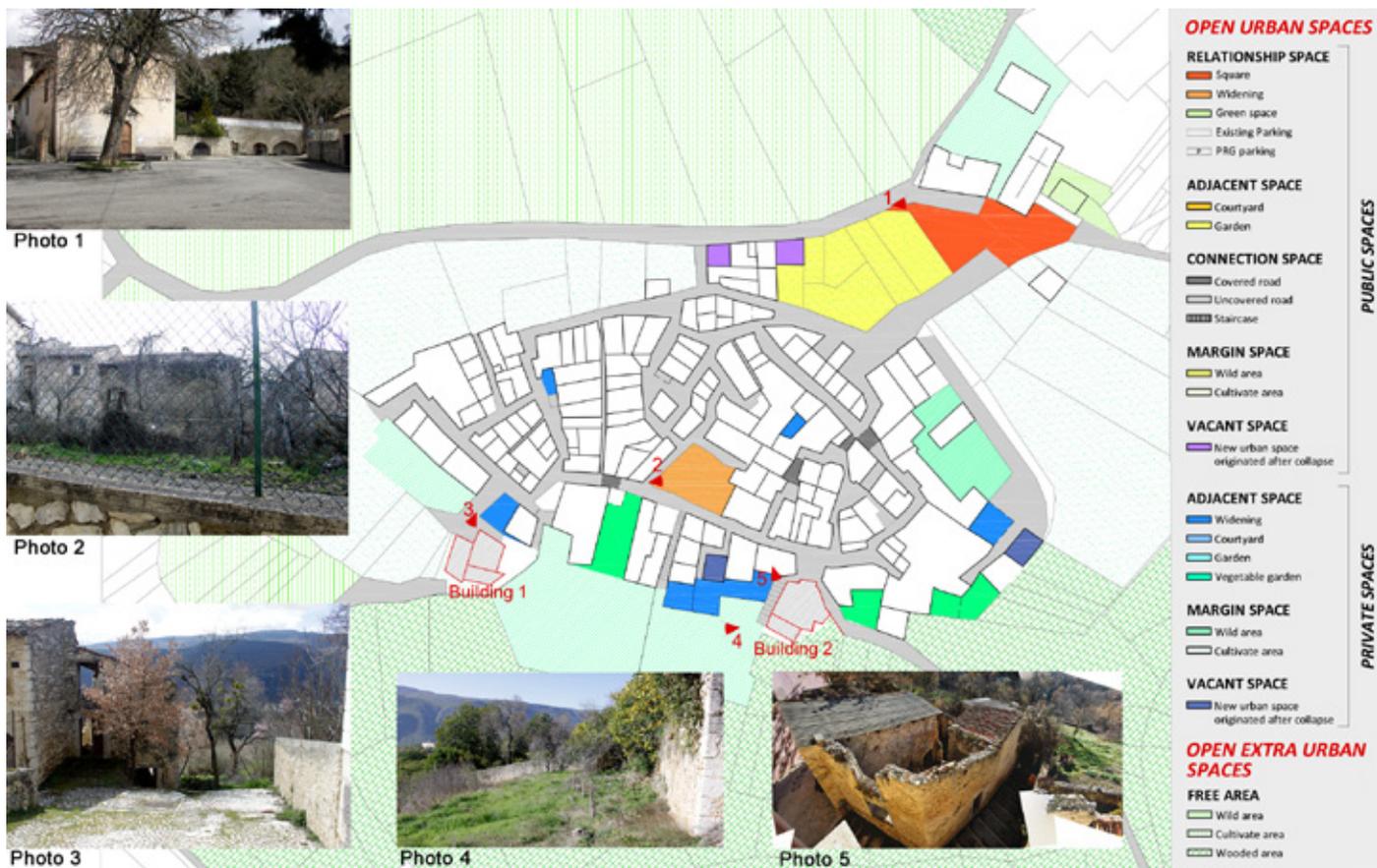
TAB. 1 | Soluzioni *off-grid* considerate e loro principali caratteristiche
Off-grid considered solutions and their main characteristics

01 | Classificazione degli spazi aperti, San Pio di Fontecchio?
Classification of open spaces, San Pio di Fontecchio?

Dal punto di vista ambientale questi sistemi, se eseguiti con un approccio sostenibile sfruttando le rinnovabili, offrono un notevole risparmio energetico rispetto agli impianti tradizionali. Riferendosi poi allo specifico contesto dei centri storici minori, soluzioni *off-grid* permettono vantaggi quali l'eliminazione di superfetazioni impiantistiche dovute all'allaccio alla rete comunale, una migliore gestione delle reti e la possibilità di rendersi auto-sufficienti in contesti spesso poco urbanizzati (Tab. 1).

Il ruolo delle reti energetiche e degli spazi aperti

A livello metodologico si è deciso di focalizzare l'attenzione su due elementi caratterizzanti i centri minori: le reti energetiche e gli spazi aperti, di cui si riporta come esempio applicativo il caso studio del piccolo borgo di San Pio di Fontecchio, in provincia di L'Aquila. L'analisi del sistema delle reti, attraverso la ricognizione *in situ* e il reperimento di informazioni, seppur scarse, dai singoli uffici comunali, ha permesso di mettere in luce una situazione difficile caratterizzata dalla carenza dei servizi e dal forte deterioramento delle reti (luce, acqua, gas, fognatura), a causa della mancata manutenzione e ammodernamento. D'altra parte, l'indagine delle tipologie di spazi aperti presenti, condotta incrociando l'analisi morfologica con quella funzionale, ha permesso di distinguere tra spazi pubblici e privati, spazi di relazione e di servizio o collegamento. Si considerano spazi aperti rilevanti ai fini della ricerca non solo gli spazi confinati intesi generalmente come piazze, ma anche i vuoti urbani creatisi in seguito al sisma, gli spazi urbani di collegamento tra vari ambiti edificati, gli spazi di margine, intesi come ambiti esterni al tessuto edilizio storico consolidato (Fig. 1).





I due livelli di analisi, sovrapposti, rilevano evidenti criticità di esercizio e carenza di gestione, così come livelli molto alti di incompatibilità esecutiva e figurativa con il contesto. Ulteriore elemento caratterizzante la metodologia di ricerca è l'analisi climatica e biofisica del borgo: la prima, attraverso la ricostruzione tridimensionale del paese e l'utilizzo del software Ecotect, mette in luce le condizioni di soleggiamento – ombreggiamento e di ventilazione, mentre la seconda le caratteristiche del suolo, delle acque e della copertura vegetazionale (Sala, 2001). Tale approfondimento permette, ai fini progettuali, di guardare con interesse quegli spazi in cui le caratteristiche climatiche si dimostrano più favorevoli all'applicazione di fonti rinnovabili. I vari elementi, messi a sistema, individuano da una parte situazioni di criticità delle reti energetiche, dall'altra "site specific" in condizioni climatiche favorevoli. In questi si propone l'efficientamento energetico applicando tecnologie *off-grid* compatibili, tenendo conto che tali "isole energetiche" devono, allo stesso tempo, tornare a essere luoghi di aggregazione relazionale. Lo scopo è quello di riportare in luce la capacità propria dello spazio aperto di stabilire delle reti sociali ed economiche, oltre che

energetiche. Tale capacità, infatti, è ancora apprezzabile in ambiti piccoli e a misura d'uomo come quelli dei centri storici, mentre da tempo è andata persa in molti contesti metropolitani, dove spesso gli spazi diventano "non luoghi" (Augè, 1993).

La questione della compatibilità

Il borgo di San Pio di Fontecchio è caratterizzato da un tessuto edilizio compatto e a destinazione prettamente agricola, che si sviluppa su un terreno prevalentemente pianeggiante. La ricostruzione tridimensionale del borgo e la successiva elaborazione di tavole di sintesi delle criticità estive e invernali rivelano la presenza in inverno di zone in condizione di persistente ombreggiamento, come quelle più a nord e le corti interne, e di aree a forte rischio di umidità dovuta all'impermeabilità dei suoli; tra queste le stradine più strette e interne del borgo e la piazza della Chiesa (Fig. 2). In estate, invece, l'esposizione verso sud del borgo fa sì che la maggior parte delle coperture siano esposte favorevolmente al sole, così come i fronti e gli spazi aperti di margine posti nella parte più a sud dell'edificato.

and that have a negligible impact on the environment. Faith towards green energy establishes itself in Europe in the early years of the twenty-first century, to define in 2006, with the Climate-Energy package, the aim of obtaining 20% of energy from renewable sources by 2020. However, in Italy the implementation of the 2002/91/EC directive on the energy performance of buildings, put in dispensation buildings of historic centres to avoid situations defined of "ugliness", with obligation to introduce renewable sources reduced of 50% in the case of buildings located in historic centres. However, by 2014, measures to energy improvement are compulsory also in the historical centres⁶. Therefore it should provide recommendation about the compatibility of these systems with the historical

fabric in question, in order to make that places sustainable without being invasive but respecting architectonic and environmental characteristics of the villages. So the research identifies between the possible strategies the introduction of off-grid technologies. The definition does not identify any specific technology, but rather many systems developed by companies through which you can ensure the water-energetic autonomy from the national operators. From the economic point of view the off-grid systems realization is favorable because, compared to the greater initial investment made for the construction of production and energy storage system, you gain the ability to stop buying energy and you cease to be subject to variations of its cost. From the environmental point of view

these systems, if performed with a sustainable approach taking advantage of renewable energy, offer significant energy savings compared to traditional systems. Referring to the specific context of minor historical centres, off-grid solutions can offer advantages such as the elimination of excessive supplementary plants due to grid connection to municipal plant, a better management of networks and the opportunity to become self-sufficient in contexts often little urbanized (Tab. 1). **Energy networks and open spaces roles** At a methodological level, we decided to focus on two elements that characterize minor centers: energy networks and open spaces, of which we report as applicative example the case study of the small village of San Pio di Fon-

tecchio, in the Province of L'Aquila. The analysis of the networks system, through the in situ reconnaissance and data retrieval, although limited, by each municipal offices, has allowed us to highlight a difficult situation characterized by the lack of services and strong deterioration of these networks (electricity, water, gas, sewer), because of the lack of maintenance and modernization. On the other hand, the investigation of these types of open spaces, conducted by crossing the morphological and the functional analysis, allowed us to distinguish between public and private spaces, spaces of relationship and of service or connection. We consider significant open spaces for the research not only confined spaces such as squares, but also urban voids created after the earthquake, urban spaces of connection between the var-

CONSIDERED SOLUTION		SCORE (From 0 to 10)	COMPATIBILITY (High/ medium/ low/null)	GLOBAL COMPATIBILITY
SUBJECTIVE PARAMETERS	Level of invasiveness with the context			Insufficient / Sufficient / Good / Excellent
	Figurative impact			
	Social impact			
	...			
OBJECTIVE PARAMETERS	Technical feasibility			
	Energy efficiency			
	Cost			
	Functional compatibility			
	...			

TAB. 2 | Analisi di compatibilità
Compatibility analysis

non può prescindere dal considerare anche le caratteristiche tipologiche, tecniche e storiche che influenzano sia le condizioni al contorno determinate dal costruito storico, sia il livello di compatibilità degli interventi che si propongono.

Tra gli elementi da prendere in considerazione vi sono parametri sia oggettivi che soggettivi, che vengono valutati attraverso l'attribuzione di punteggi che variano da 1 a 10 (Tab. 2).

È proprio in questa area, lontana da emergenze architettoniche di rilievo, che si propone l'applicazione delle tecnologie sopra descritte. Il progetto prevede la sperimentazione di tecnologie *off-grid* su due edifici isolati, oggi in forte stato di degrado strutturale, situati appena fuori dal tessuto urbano consolidato, e la creazione di "orti urbani tecnologici" negli spazi aperti limitrofi ad essi. Questi ultimi vengono pensati come luoghi a servizio dei due edifici in cui integrare sistemi di captazione solare per la produzione di energia elettrica, sistemi di accumulo e riutilizzo delle acque piovane, fosse settiche per rendersi indipendenti dalla rete fognaria.

Alle scelte progettuali si arriva quindi, dopo un'attenta analisi dell'area di indagine e con l'applicazione di una logica legata "al caso per caso", essendo il contesto di indagine portatore di valori. In sede progettuale, infatti, è necessario considerare varie discriminanti al fine di superare un complesso processo di verifica dei rapporti e delle relazioni che si instaurano con il contesto. Questo perché tra le soluzioni proposte nella ricerca la scelta di quelle che consentono di migliorare il comportamento energetico

I parametri numerici da utilizzare non hanno un valore assoluto, ma sono ponderati e resi confrontabili in ragione sia delle strategie progettuali sia degli obiettivi da perseguire.

Scopo della ricerca in atto è anche quello di definire appropriati indicatori di valutazione che siano congruenti e attendibili sia nel processo di verifica che di indirizzo progettuale. Tra le soluzioni che rispettano un punteggio definito minimo di "compatibilità globale", quelle che permettono di ottenere un maggior rendimento energetico a costi inferiori saranno quelle prese in considerazione.

Conclusioni: limiti e sviluppi futuri

delle tecnologie esaminate possono essere legati a diversi fattori: invasività nel contesto, deficit tecnici, costi elevati, tempi di realizzazione sfavorevoli.

Il principale limite dell'*off-grid*, inoltre, rimane attualmente il sistema di accumulo: infatti, per quanto riguarda l'energia elettrica,

Come evidenzia il processo di compatibilità proposto, i problemi legati all'applicazione

ious built zones, the spaces of margin, defined as external areas to the building fabric statements (Fig. 1).

The two levels of analysis, overlapped, underline operating critical and lack of management, as well as very high levels of executive and figurative incompatibility with the context.

Another characteristic element of the research methodology is the climatic and biophysical analysis of the village: the first, through the three-dimensional reconstruction of the minor centre and the use of Ecotect software, highlights the conditions of sunshine/shading and ventilation, while the second, soil, water and vegetation characteristics (Sala, 2001).

This study allows for design purposes to involve those spaces where the climatic conditions are more favorable to the application of renewable energy sources. The various elements, systematized,

identify on the one hand critical situations of energy networks, on the other hand site-specifics in favorable climatic conditions.

It is proposed to improve energy efficiency by applying off-grid compatible technologies, taking into account that these "energy islands" must, at the same time, revert back to be meeting places.

The aim is to bring back the open space ability to establish social and economic networks, as well as energy. This ability, in fact, is still relevant in small areas as those of historic centres, while far-back has been lost in many metropolitan areas, where often spaces become "no-places" (Augè, 1993).

The compatibility question

The village of San Pio di Fontecchio is characterized by a compact urban fabric and by an agricultural function

of the settlement, which develops itself on a flat ground.

The three-dimensional reconstruction of the village and the subsequent elaboration of the maps of the summer and winter critical conditions reveal in winter the presence of areas in persistent shadowing condition and other areas subject to moisture risk due to land impermeability and declivity. Among these there are the narrowest and inner streets of the village and the square of church (Fig. 2).

During the summer, instead, the south exposure of the village makes most of the roofing continuously exposed to sun, as well as the fronts of entire buildings and the open margin spaces located in the southern part of the built fabric.

Therefore, it is in this area, away from significant buildings that we proposed the application of the technologies de-

scribed above. The project involves the experimentation of off-grid technologies on the two buildings, now in a state of strong structural degradation, just outside the consolidated urban fabric, and the creation of technological urban gardens in the open spaces adjacent to them.

These are thought as places to serve the two buildings, where integrate solar collection systems for the production of electricity, storage and reuse systems of rainwater and septic tanks to become independent from the sewer system.

Afterwards we arrive to the design choices, the investigation context is rich in values so it is required a careful analysis of the area and the application of a logic linked to "case by case".

In the planning phase, in fact, various elements must be considered, in order to overcome a complex verification

nel caso dei sistemi fotovoltaici ed eolici i sistemi disponibili sul mercato sono batterie che, seppur in via di sviluppo, risultano non molto efficienti in caso di un'utenza considerevole. Sono in corso sperimentazioni che prevedono l'impiego dell'energia elettrica generata da fonti rinnovabili per produrre idrogeno accumulabile in serbatoi e utilizzabile come carburante tradizionale (Gallo, 2013). Per l'acqua esistono problemi di ordine economico: i costi di realizzazione di un serbatoio d'accumulo, infatti, crescono con il crescere delle sue dimensioni. Inoltre, nei contesti considerati, vanno individuati con cura gli spazi aperti dove poter collocare tali serbatoi senza creare danni ambientali.

Tuttavia sono evidenti buone prospettive di approfondimento e sviluppo, sia riguardo l'aspetto pratico, legato alla questione della captazione, dell'accumulo e della gestione delle energie, che a quello teorico legato alla questione della compatibilità dell'intervento nei centri storici minori.

La ricerca quindi punta ad approfondire tali aspetti e a validare la metodologia proposta su ulteriori casi studio, in modo da arricchire gli indicatori proposti e da verificare l'effettivo miglioramento prestazionale delle soluzioni proposte con risultati quantitativi.

NOTE

¹ Come emerge da recenti studi effettuati da società pubbliche, Legambiente e Confcommercio, e private, gruppo Norman, il 72% degli oltre 8.000 comuni italiani conta meno di 5.000 abitanti, di cui 1.650 "rischio estinzione" nella proiezione al 2016. Fonte: Atti del convegno *Paesi fantasma. Tesori nascosti dell'Italia minore*, 23 Giugno 2006.

process of reports and relations that are established with the context.

This is because among the proposed solutions in the research choosing the one that allows improving the energy performance of an area of the village cannot be separated even from considering typological, technical and historical characteristics influencing both the surrounding conditions determined by the historical built and the compatibility level of proposed solutions.

Among the factors to be taken into account there are both objective and subjective parameters, which are evaluated by assigning scores from 1 to 10 (Tab. 2).

The numerical parameters to be used do not have an absolute value, but are weighted and made comparable both for the design strategies and objectives to pursue.

The aim of the research is also to de-

fine appropriate evaluation indicators that are consistent and reliable both in the verification process and design orientation.

Among the solutions that respect a defined minimum score of "global compatibility", those that allow greater energy efficiency at lower cost will be the ones taken into account.

Conclusion: limitations and future developments

As highlighted by the proposed compatibility process, the problems related to the application of the analysed techniques are due to different factors: incompatibility with the context, technical deficiency, excessive costs, unfavorable times of realisation.

Furthermore, the main limitation of off-grid systems is the storage system. In fact, as regards the electricity, in the case of photovoltaic and wind systems

² L'area definita dai decreti ministeriali succedutisi dopo il sisma (Decreto Abruzzo n. 39.2009 e successivi), come "cratere sismico" occupa una superficie di circa 3000 kmq comprendente 73 Comuni (52 in Provincia di L'Aquila, 12 in Provincia di Pescara, 9 in Provincia di Teramo).

³ La ricerca fa parte di un lavoro di dottorato ancora in itinere, condotto dall'Ing. Chiara Marchionni sotto la guida del Prof. P. De Bernardinis e della Prof. A. Bellicoso, Dottorato di ricerca in Recupero, Progetto e Tutela nei contesti insediativi e territoriali di elevato valore ambientale e paesistico, XXVII ciclo, Università de L'Aquila.

⁴ Il Patto dei Sindaci (Covenant of Mayors) nasce nel 2008 per iniziativa della Commissione Europea, in seguito all'adozione del "Pacchetto europeo su clima ed energia", per coinvolgere attivamente i Governi locali nella strategia finalizzata alla sostenibilità energetica ed ambientale.

⁵ Per "Terza Rivoluzione industriale" Rifkin intende il connubio di tecnologie di telecomunicazione in rete ed energie da fonti rinnovabili.

⁶ Nei casi in cui esse "non implicino alterazione inaccettabile del loro carattere o aspetto, con riferimento proprio a quelle caratteristiche che rendono il bene di particolare pregio artistico, architettonico e paesaggistico", D. Lgs. 63/2013: Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento sulla prestazione energetica nell'edilizia.

⁷ Immagine realizzata da Marchionni C.

⁸ Immagini elaborate da Marchionni C. e Rotilio M. nell'ambito della ricerca Progetto Prin 2009: "Tecnologie a secco per il recupero e la riqualificazione energetica nel contesto della ricostruzione di edifici, insediamenti e centri in aree a rischio sismico del territorio abruzzese". La ricerca è stata sviluppata nel Dipartimento DICEAA, Università degli Studi de L'Aquila, responsabile scientifico Prof. Morganti R. Gruppo di lavoro: Prof. De Bernardinis P., Prof. Marcotullio F., Prof. Bellicoso A., Prof. Di Giovanni G., Prof. Tosone A., PhD Rotilio M., PhD Di Donato D., PhD stud. Boccia O., PhD stud. Ciammitti L., PhD stud. Franchi D., PhD stud. Marchionni C.

are available on the market batteries which, although developing, are not very efficient in case of a considerable user.

Trials are in progress that involves the use of electricity generated from renewable sources to produce hydrogen that is possible accruing in tanks and use as a traditional fuel (Gallo, 2013).

For water, there are problems of economic nature: the construction costs of a storage tank, in fact, grow with the increase of its size. In addition, in the considered contexts must be identified with attention the open spaces where you can place these tanks without causing environmental damages.

However, good prospects for deepening and development are evident, both with regard to the practical aspect, related to the issue of uptake, accumula-

tion and management of energy, and the theoretical aspect tied to the compatibility question of the intervention in the historic centres.

The research therefore aims to explore these issues and to validate the proposed methodology on additional case studies, in order to enrich the proposed indicators and to verify the actual performance improvement of the proposed solutions with quantitative results.

NOTES

¹ As is clear from recent studies carried out by Italian public companies such as Legambiente and Confcommercio, and private company like Norman Group, 72% of the more than 8.000 Italian municipalities have fewer than 5.000 inhabitants, of which 1.650 "endangered towns" in the projection to 2016. Source: *Acts of the convention*:

REFERENCES

- Augè, M. (2009), *Nonluoghi. Introduzione a un'antropologia della surmodernità con una nuova prefazione dell'autore*, Elèuthera, Milano.
- Bertoldi, P., Cayuela, D. B. and Raveschoot, R.P. (2010), *Linee guida "Come sviluppare un piano di azione per l'energia sostenibile - PAES"*, JRC Scientific and Technical Reports.
- Bonamico, S. and Tamburini, G. (1996), *Centri antichi minori d'Abruzzo. Recupero e valorizzazione*, Gangemi Editore, Roma.
- Cooper Marcus, C. (1990), *People paces: design guidelines for urban open space*, Van Nostrand Reinholds, New York.
- Dessi, V. (2007), *Progettare il comfort urbano: soluzioni per un'integrazione tra società e territorio*, Gruppo editoriale Esselibri Simone, Napoli.
- Forlani, M.C. (2011), *Cultura tecnologica e progetto sostenibile. Idee e proposte ecocompatibili per i territori del sisma aquilano*, Alinea Editrice, Firenze.
- Fulini, P. (2009), "La fabbrica del sole. Tecnologia off-grid per edifici senza reti ed ecosostenibili", *Geocentro*, n. 4, pp. 51-53.
- Gallo, P. (2013), "Sistemi costruttivi e prodotti: una risposta alle normative per l'efficienza energetica", *Il progetto sostenibile*, n. 32, Edicom Edizioni, Montefalcone (Go), pp. 6-13.
- Grandi, A. (2009), "Emiliano Cecchini: Vivere off-grid", *Wired magazine*, n. 3.
- Marchionni, C. and De Berardinis, P. (2014), *Sustainable networks in the post seismic rehabilitation of the minor centres*, Rehab 2014 - Proceedings of the International Conference on Preservation, Maintenance and Rehabilitation of Historic Buildings and Structures, Green Lines Institute, Barcelos.
- Paolini, G. (2003), *La vita transecolare nel contado aquilano: Villa S. Pio, Fontecchio e Famiglia Paolini di Aquila*, Andromeda Editrice.
- Rifkin, J. (2011), *La Terza Rivoluzione industriale*, (trad. di Canton P.), Mondadori, Milano.
- Rolli, G.L. (2008), *Salvare i centri storici minori: proposte per un atlante urbanistico dei centri d'Abruzzo*, Alinea Editrice, Firenze.
- Sala, M. (2001), *Recupero Edilizio e bioclimatica: strumenti, tecniche e casi di studio*, Esselibri, Napoli.
- Secchi, B. (1984), "Piccoli centri", *Casabella*, n. 504.
- Valente, R. (2010), *Environmental design. Quaderno didattico sul progetto per gli spazi aperti urbani*, Liguori Editore, Napoli.
- Zordan, L., Bellicoso, A., De Berardinis, P., Di Giovanni, G. and Morganti, R. (2002), *Le tradizioni del costruire della casa in pietra: materiali, tecniche, modelli e sperimentazioni*, Gruppo Tipografico Editoriale, L'Aquila.
- "Ghost town. Hidden Treasures of minor Italy, June 23, 2006"
- ² The area defined as "seismic crater" by the Ministerial Decrees succeeded after the earthquake (Abruzzo Decree n. 39.2009 and followings), occupies a portion of land of approximately 3000 square kilometers, comprising 73 municipalities (52 in the Province of L'Aquila, 12 in the Province of Pescara, 9 in the province of Teramo).
- ³ The research is a part of Eng. Chiara Marchionni's doctoral work still in progress, supervisors Prof. P. De Berardinis and Prof. A. Bellicoso, PhD in "Recovery, Planning and Environmental Protection in settlements of high environmental and landscape value, XXVII cycle, University of Study of L'Aquila.
- ⁴ The Covenant of Mayors was founded on an initiative of the European Commission in 2008, following the adoption of the "European Climate and Energy Package", to actively involve local governments in the strategy for energy and environmental sustainability.
- ⁵ For "Third Industrial Revolution" Rifkin intends the combination of telecommunication network technologies and renewable energy sources.
- ⁶ In case they "do not involve unacceptably alteration of their character or aspect, with reference to the features that make the good of particular artistic, architectural and landscape value", Decree 63/2013: Urgent measures for the transposition of Directive 2010/31/UE on the energy performance of buildings.
- ⁷ Design elaborated by Marchionni C.
- ⁸ Designs elaborated by Marchionni C. and Rotilio M. in range of research project PRIN 2009: Mortarless building technologies for recovery and improved energy efficiency in the context of the reconstruction of buildings, inhabited areas, and towns in earthquake-prone areas of Abruzzo". This research was developed in the DICEAA Department, University of Study of L'Aquila, with unit responsible Prof. Morganti R. Team working: Prof. De Berardinis P., Prof. Marcotullio F., Prof. Bellicoso A., Prof. Di Giovanni G., Prof. Tosone A., PhD Rotilio M., PhD Di Donato D., PhD stud. Boccia O., PhD stud. Ciammitti L., PhD stud. Franchi D., PhD stud. Marchionni C.