

La strategia del progetto ABRACADABRA per azzerare il consumo energetico e bilanciare i costi nella riqualificazione degli edifici esistenti

The ABRACADABRA strategy to set the energy to zero and balance the cost in the deep renovation of existing buildings

Annarita Ferrante*, Elena Cattani*, Anastasia Fotopoulou*, Riccardo Gulli*, Giovanni Semprini**

* Dipartimento di Architettura, Scuola di Ingegneria ed Architettura, Università di Bologna, Viale del Risorgimento 2, 40126 Bologna, mail: annarita.ferrante@unibo.it

** Dipartimento di Ingegneria Industriale, Scuola di Ingegneria ed Architettura, Università di Bologna, Viale del Risorgimento 2, 40126 Bologna, mail: giovanni.semprini@unibo.it

Abstract La sfida energetica dell'Europa 2020 riguarda principalmente la riqualificazione energetica il patrimonio costruito. Contrariamente alle previsioni e agli indirizzi dettati dal BPIE che indicano al 4% il livello target di riqualificazioni annuali, ad oggi, ogni anno, solo il 1,2% degli edifici esistenti in Europa viene rinnovato. Il rinnovamento del parco edilizio esistente, con l'obiettivo NZEB, è difatti frenato dalle risorse economiche necessarie per procedere a tali adeguamenti, che presentano un alto livello di rischio finanziario e di investimento iniziale e lunghi tempi di rientro della spesa. Sviluppare azioni concertate e innovative, colmare il divario degli investimenti richiesti per l'efficienza energetica e contribuire al rilancio del mercato delle costruzioni e alla creazione di nuovi posti di lavoro, sono le sfide da affrontare per la riqualificazione del patrimonio esistente. Il progetto ABRACADABRA (*“Assistant Buildings’ addition to Retrofit, Adopt, Cure And Develop the Actual Buildings up to zero energy, Activating a market for deep renovation”*) mira a identificare le possibili soluzioni tecnico-economiche per ottenere un sostanziale incremento del valore immobiliare attraverso la trasformazione energetica e architettonica degli edifici esistenti. L'articolo illustra i benefici dell'approccio basato sulla strategia delle addizioni volumetriche come soluzione in grado di ridurre consistentemente i tempi di ritorno degli investimenti, e incrementare la qualità abitativa attraverso la sinergia tra nuovo intervento e pre-esistente. In questo contesto, il progetto mira a promuovere un cambiamento paradigmatico che investe anche il settore normativo e procedurale allo scopo di accelerare l'adozione di strategie non convenzionali e non esclusivamente “energy-related” nell'obiettivo di energia quasi zero negli edifici esistenti. Viene presentato lo studio di fattibilità condotto su diversi casi di studio sui quali sono applicate e analizzate diverse soluzioni: dalla ristrutturazione di tipo standard a vari

scenari di intervento incrementale. Tutte le soluzioni vengono analizzate e confrontate in termini di risparmio energetico e costo-beneficio.

Abstract Europe's energy efficiency challenge in buildings mainly concerns the energy efficient refurbishment and investments in the existing building stock. Yet, today, only 1,2% of Europe's existing buildings is renovated every year. The actual investment gap in the deep renovation sector is because high investments are required up-front and they are generally characterized by an excessively high degree of risk, by long payback times and by the "invisibility of the energy benefit". It is therefore necessary to develop concerted and innovative actions. The EU project ABRACADABRA ("*Assistant Buildings' addition to Retrofit, Adopt, Cure And Develop the Actual Buildings up to zero energy, Activating a market for deep renovation*") aims at demonstrating to the key stakeholders and financial investors the appeal of a new renovation strategy based on volumetric Add-ons and Renewables (AdoRe) intended as one or as a combination of Assistant Building unit(s) that "adopt" the existing buildings to achieve nearly zero energy. The conception of new AdoRes aims at reducing the initial investment allocated for the deep renovation of the existing building creating an up-grading synergy between old and new. The ABRA strategy aims at implementing a precise densification policy to foster the investments in deep renovation of the existing built environment. In this context, the project aims at fostering a legislative and market change accelerating the revolution towards nearly Zero Energy in the existing buildings and in the urban settings of the EU cities. The paper focuses on case studies in different geographical and climatic contexts, where different solutions are analysed: from standard renovation up to the AdoRe strategy. All solutions are compared in terms of energy saving, non-energy benefits and cost-effective analysis.

Keywords: Fattibilità tecnico-economica; nearly Zero Energy; Riqualificazione patrimonio abitativo.

1. Introduzione

Le attuali politiche energetiche europee mirano alla promozione di azioni per riqualificazione energetica degli edifici attraverso una *riqualificazione profonda* del patrimonio esistente (Deep Renovation, DR). Il GBPN (Global Building Performance Network) ha individuato un valore soglia pari a 60 kWh/m² per i consumi di energia primaria su base annuale, per un edificio riqualificato secondo i criteri della DR [1]. Oggi, ogni anno, solo l'1,2% degli edifici esistenti viene riqualificato dal punto di vista energetico, contrariamente agli indirizzi europei [2] che indicano il 4% quale target percentuale di edifici da rinnovare annualmente. Il rinnovamento del parco edilizio esistente è difatti frenato dalle risorse economiche

necessarie per procedere a tali adeguamenti, che richiedono investimenti iniziali consistenti, e spesso presentano lunghi tempi di rientro della spesa e un alto rischio finanziario. Sviluppare azioni concertate e innovative, colmare il divario degli investimenti richiesti per l'efficienza energetica e contribuire al rilancio del mercato delle costruzioni e alla creazione di nuovi posti di lavoro, sono le sfide da affrontare per la riqualificazione del patrimonio esistente [3], [4]. Il progetto ABRACADABRA tenta di rispondere a tali sfide attraverso nuove strategie di riqualificazione basate sulla realizzazione di addizioni volumetriche e nuove unità abitative che producono un sostanziale incremento del valore immobiliare. Tali addizioni, denominate AdoRES (dall'inglese *Add-on* e *RES- Renewable Energy Sources*), configurabili sia come estensioni degli edifici esistenti sia come veri e propri edifici satellite di nuova costruzione (Assistant Buildings), sono concepite come elementi chiave per l'adozione di strategie non convenzionali e non esclusivamente "energy-related" verso la riqualificazione degli edifici esistenti.

2. Riqualificazione profonda attraverso le addizioni volumetriche

Le analisi economiche condotte su un ampio campione di edifici hanno dimostrato che il potenziale guadagno economico dato dalla vendita delle nuove unità aggiunte sarebbe in grado di compensare sia l'investimento necessario alla riqualificazione energetica profonda sia il costo degli impianti da fonti rinnovabili necessari per raggiungere i livelli nZEB. Questo tipo di intervento ha costi più elevati rispetto alla DR, ma la riduzione dei tempi di ritorno potrebbe comportare una maggiore attrattività di mercato [5]. A titolo esemplificativo, e allo scopo di effettuare una prima valutazione della fattibilità, è stato considerato un edificio di circa 3.000 m² con 30 unità immobiliari in un orizzonte temporale di riferimento 40 anni (Fig.1). I possibili scenari considerati sono: i) Hp0, stato di fatto con consumi annui stimati pari a 180 kWh/ m² (linea gialla tratteggiata); ii) Hp1, riqualificazione step-by-step, che prevede il rinnovo degli impianti nel primo anno, una conseguente riduzione dei consumi del 30%, dopo i primi 10 anni la sostituzione degli infissi (ulteriore riduzione del 15% dei consumi), dopo 20 anni la riqualificazione complessiva dell'involucro attraverso l'applicazione di isolamento a cappotto e riduzione ulteriore del 25% dei consumi (linea a punti rossa); iii) Hp2, costruzione di un nuovo edificio (Assistant Buildings) di circa 1.000 m² con un costo di costruzione ipotizzato di 1.000,00 Euro/m² e un prezzo di vendita di 1.800,00 Euro/m²; in questo scenario la riqualificazione energetica dell'edificio esistente consiste unicamente nel rifacimento degli impianti - per un costo complessivo di 300 euro/m² - risultante in una riduzione del solo 20% dei consumi (linea tratteggiata grigia); iv) Hp3, combinazione dello scenario ii. con la costruzione di un edificio satellite di circa 1.000 m² costruito con standard "passivi" (consumi annuali inferiori a 15kWh/m²) e impianti da produzione di energia rinnovabile in grado di soddisfare

sia il proprio fabbisogno energetico sia quello dell'edificio esistente (linea continua blu)¹.

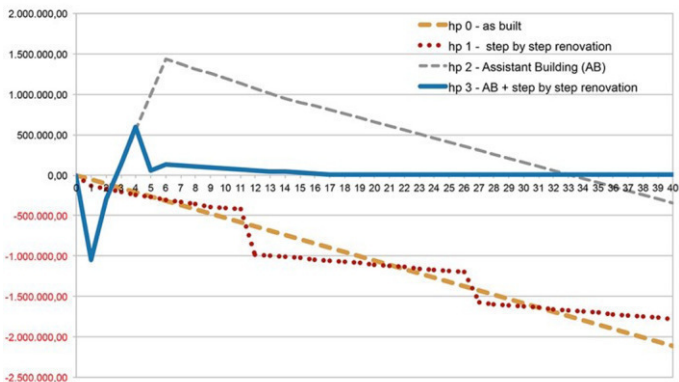


Fig. 1. Analisi costi benefici effettuata su di un caso teorico. I risultati mostrano la possibile integrazione di un intervento di riqualificazione energetica su un edificio esistente con la costruzione di un edificio satellite attraverso una modalità di progettazione per fasi (step-by-step). L'asse delle ordinate riporta i flussi di cassa per i differenti scenari (hp0, hp1, hp2, hp3), l'asse delle ascisse riporta gli anni di riferimento considerando un orizzonte temporale di 40 anni

Dai risultati riportati nel grafico di fig.1 risulta evidente che la costruzione di superficie aggiuntiva per lo scenario Hp2, se computata in modo autonomo e non connessa alla riqualificazione dell'edificio esistente, non produce profitto nel lungo termine.

Al contrario, costruendo un edificio satellite (Assistant Building) legato alla riqualificazione dell'esistente, grazie all'annullamento del consumo energetico complessivo, si genera una condizione di bilancio economico più vantaggiosa nel lungo periodo (Hp3).

Sulla base delle ipotesi formulate, risulta pertanto evidente come l'incremento volumetrico e la realizzazione di nuove unità abitative nel progetto di riqualificazione energetica producano una crescita del valore immobiliare tale da bilanciare e giustificare l'investimento iniziale. Tale valore immobiliare, se direttamente commercializzabile, è in grado di compensare il costo necessario per l'intervento di riqualificazione finalizzato al completo bilancio energetico dell'insieme composto dal nuovo e vecchio edificio [6].

¹ E' stato considerato un impianto fotovoltaico da 21,231 kWp per coprire un fabbisogno di 187.600 kWe per un totale complessivo di superficie residenziale di 4.000 m².

3. Casi di studio e toolkits abracadabra

Il progetto prevede lo sviluppo di un protocollo di indagine e di altrettanti studi di fattibilità finalizzati a riqualificazioni energetiche con AdoRES, da applicare su diversi casi di studio in sette paesi Europei. L'analisi condotta sui diversi scenari ha permesso di valutare le potenzialità delle diverse tipologie di addizione in relazione alle differenti tipologie edilizie e ai diversi contesti di riferimento².

4. Gli scenari di intervento

Per i casi di studio è stato analizzato lo stato di fatto (CS, Current State) e sono stati definiti una serie di interventi volti al raggiungimento dei livelli di DR tali per cui l'EPI di involucro sia pari a 60 kWh/m^2 , considerando i consumi di riscaldamento, raffrescamento, acqua calda sanitaria e illuminazione. Le simulazioni energetiche sono state condotte su base mensile secondo gli standard europei³ [7]. Il primo livello di intervento (DR) è stato considerato come scenario base e utilizzato come riferimento per valutare l'impatto delle diverse tipologie di addizioni volumetriche in termini di analisi costi-benefici. L'ipotesi di DR considera una riduzione del consumo degli edifici fino al 75% rispetto ai consumi calcolati sullo stato di fatto. Per raggiungere i livelli di performance richiesti per lo scenario DR si considerano i seguenti interventi: 1. Sostituzione degli infissi esistenti con infissi a taglio termico a doppio vetro e trasmittanza complessiva inferiore a $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$; 2. Isolamento a cappotto esterno con fibra di legno di spessore variabile a seconda del contesto climatico di riferimento e comunque tale da garantire una trasmittanza complessiva delle componenti opache dell'involucro pari a $U=0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$; 3. Abbattimento dei ponti termici; 4. Isolamento in copertura e al piano terra attraverso l'inserimento di uno strato di lana di roccia per ottenere valori di trasmittanze per gli elementi orizzontali degli edifici inferiori a $U_{\text{floor}} = 0,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ 5. Riqualificazione impianti esistenti con inserimento di pompa di calore.

Sono stati poi definiti quattro diversi scenari di AdoRes e uno scenario di trasformazione a livello di comparto che prevede la costruzione di un edificio di nuova costruzione come edificio satellite: i) S1 Terra: AdoRes come unità aggiuntive al piano terra, specialmente negli edifici a pilotis; ii) S2 Copertura: AdoRes come unità aggiuntive in copertura e che dunque si configurano come un nuovo livello dell'edificio esistente. Questo scenario prevede l'integrazione di un impianto fotovoltaico; iii) S3 A lato: AdoRes come unità aggiuntive a lato dell'edificio esistente come estensione del volume in adiacenza, sui fronti ciechi dello stesso; iv) S4 Facciata: AdoRes come estensione della facciata esistente considerando la riconversione e/o creazione di balconi, logge o serre; v) S5 Costruzione di un nuo-

² Per maggiori informazioni relative ai casi di studio: <http://www.abracadabra-project.eu/>

³ UNI, 2014a and UNI, 2014b

vo edificio satellite localizzato nello stesso comparto dell'edificio di riferimento. La logica è quella di un bilancio energetico complessivo a livello di distretto, per il quale il nuovo edificio bilancia i consumi degli edifici esistenti.

Un primo studio di fattibilità ha permesso di individuare, per ognuno dei 5 scenari, le potenziali trasformazioni dei vari edifici (Fig. 2). L'obiettivo è la definizione delle tipologie di addizione più favorevoli in termini economici ed energetici per i vari contesti analizzati, attraverso l'individuazione delle variabili chiave che influenzano direttamente la riduzione dei tempi di ritorno dell'investimento e il contenimento dei consumi energetici.

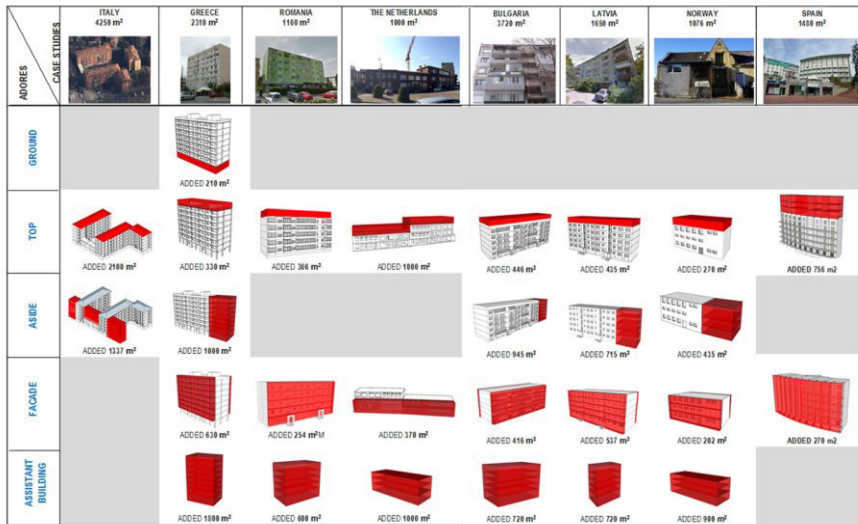


Fig. 2 Differenti scenari di intervento applicati al primo gruppo di casi di studio analizzati. In rosso sono riportati schematicamente i volumi corrispondenti alle possibili addizioni volumetriche per ogni edificio pilota.

Dopo la raccolta dei dati geometrici e tecnologici relativi agli edifici in esame si è proceduto all'applicazione di un calcolo semplificato per l'analisi dei consumi attuali. Attraverso lo stesso metodo di calcolo, sempre su base mensile è stata prevista la riqualificazione profonda tramite gli interventi sopra descritti ed è stato possibile definire i consumi a seguito di un intervento di standard DR.

I risultati dalle simulazioni per lo scenario DR sono poi stati confrontati con i risultati delle simulazioni riferite ai 5 scenario di AdoRES illustrati sulla base delle fattibilità architettoniche e urbanistiche dei vari edifici presi in esame.

5. Analisi costi-benefici

L'analisi costi-benefici condotta sui casi di studio ha evidenziato la potenziale innovazione che la strategia ABRA può apportare al mercato delle riqualificazioni energetiche. Analogamente, i risultati delle indagini energetiche condotte per lo stato di fatto, sia per la DR sia per i vari scenari di addizione sono state inserite valutazioni di carattere economico, tenendo conto dei diversi mercati energetici, immobiliari ed edilizi degli stati membri coinvolti nel progetto. Per ottenere una prima valutazione dell'impatto economico complessivo, al risparmio annuo di energia primaria è stato aggiunto l'incremento di valore determinato dalle nuove unità immobiliari, tralasciando, allo stato attuale, l'incremento di valore e di qualità immobiliare generato dalla riqualificazione nell'edificio di partenza.

Dal punto di vista finanziario, il valore aggiunto costituisce anche una garanzia per i potenziali investitori e per gli istituti di credito, certamente più interessati ad uno scenario finanziariamente più competitivo rispetto alla DR standard. Infatti, per rendere competitivi gli investimenti nel settore delle riqualificazioni immobiliari è solitamente necessario contenere i tempi di ritorno entro i 5 anni. Si è deciso dunque di impostare la procedura alla base degli studi di fattibilità su di un approccio inverso.

Considerando la formula di calcolo per il tempo di ritorno semplice (*simple pay back time*) di un investimento che includa la riqualificazione profonda dell'edificio e la costruzione di un'addizione volumetrica, si è posto come incognita la superficie complessiva di addizione volumetrica (1). In questo modo, definendo come t , il tempo di ritorno pari al valore di soglia di 5 anni, attraverso la formula inversa è possibile calcolare x che coincide con la superficie di addizione necessaria per ottenere $t = 5$. Risulta pertanto possibile definire il valore minimo di incremento di superficie (adoRES) in grado di garantire un tempo di ritorno adeguato.. In generale, quanto sopra enunciato può essere formulato in termini matematici con il rapporto che segue:

$$t = \frac{Cr*y + Cc*x - P*x}{R*y} \quad (1)$$

dove:

- t = tempo di ritorno dell'investimento con tasso di investimento al 5%
- Cr = costo unitario di riqualificazione energetica profonda inclusiva degli impianti e dell'installazione di RES (€/m²);
- y = superficie complessiva in m² dell'edificio oggetto di riqualificazione;
- Cc = costo di costruzione dell'addizione volumetrica m²);
- x = superficie complessiva addizionale (m²);
- P = valore immobiliare di nuove unità aggiuntive calcolato in riferimento al valore immobiliare dell'edificio esistente (€/m²);
- R = risparmio unitario annuo in bolletta in relazione alla riduzione del consumo di energia primaria conseguente all'intervento (€/m²).

Al momento dell'investimento, nell'analisi economica condotta sui casi di studio, si ipotizzano dunque due distinti periodi temporali: inizialmente il costo della riqualificazione profonda così come il costo di costruzione delle addizioni volumetriche viene contabilizzato come un'uscita di cassa. In una seconda fase si considera come entrata di cassa il guadagno corrispondente alla vendita delle nuove AdoRES.

Da queste indagini locali sono stati definiti i parametri di riferimento ossia i prezzi unitari del costo di costruzione e del costo di riqualificazione per le varie regioni di riferimento del progetto. Analogamente si è condotta una indagine di mercato per valutare il valore immobiliare delle possibili aggiunte.

DATI GENERALI	u.m.	IT	GR	RO	NL	BG	LV	NV	SP
y area iniziale	m ²	4.250	2.310	1.160	1.000	3.720	1.650	1.076	1.480
Cc costo di costruzione	€/m ²	1.000	800	800	1.400	300	500	1.000	1.000
Cr costo di ristrutturazione	€/m ²	550	400	600	800	200	230	650	650
p prezzo di vendita	€/m ²	2.500	1.500	2.500	3.500	415	1.000	3.000	3.000

Tabella 1. Riassunto dei valori di riferimento emersi dall'indagine di mercato effettuata nelle regioni di riferimento in relazione ai casi di studio presi in esame.

Questo valore non è stato tuttavia parametrizzato e viene considerato quale dato specifico per ogni caso di studio non potendo definire un trend su scala né locale né regionale. Il mercato immobiliare è difatti suscettibile a variazioni e fluttuazioni costanti e pertanto i valori riportati come prezzi di vendita derivano da ricerche di mercato condotte sui singoli casi di studio e contesti di riferimento, a livello locale.

I valori riportati in tabella 1 sono stati utilizzati per valutare i tempi di ritorno dei possibili scenari di addizione per i casi di studio.

6. Risultati e conclusioni

Utilizzando i modelli economici per il calcolo del tempo di ritorno sviluppati dal progetto Abracadabra e sulla base delle analisi di mercato e dei dati raccolti nei paesi di riferimento per i casi di studio coinvolti, è stato possibile mettere in relazione i diversi scenari di AdoRes e i vantaggi economici connessi all'ipotesi di una vendita. Si è stabilita una proporzionalità inversa tra l'aumento di superficie (e dunque l'aumento di valore immobiliare degli edifici) e i tempi di ritorno dell'investimento. La fig. 3 mostra le diverse linee di tendenza per ogni caso di studio considerato; i punti evidenziati nel grafico corrispondono agli scenari di AdoRES. E' stato campita in rosa la porzione di grafico che si riferisce ad investimenti ancora al di sopra dei 10 anni di ritorno. Viene pertanto individuato un

campo di azione della strategia, escludendo scenari e contesti nei quali la strategia ABRA apporta vantaggi solo marginali e non competitivi rispetto alla DR.

Dalle prime valutazioni condotte risulta evidente come la forbice tra il valore di mercato delle addizioni e il corrispettivo costo di costruzione rappresenti un elemento chiave per valutare l'impatto della strategia sull'ammortamento dei costi di riqualificazione energetica.

Un'altra importante riflessione, allo stato attuale del progetto, riguarda il valore immobiliare connesso ai differenti scenari di intervento.

Sono infatti necessarie indagini accurate e strettamente legate al contesto specifico per definire le variazioni locali del valore immobiliare per ciascuna tipologia di addizione.

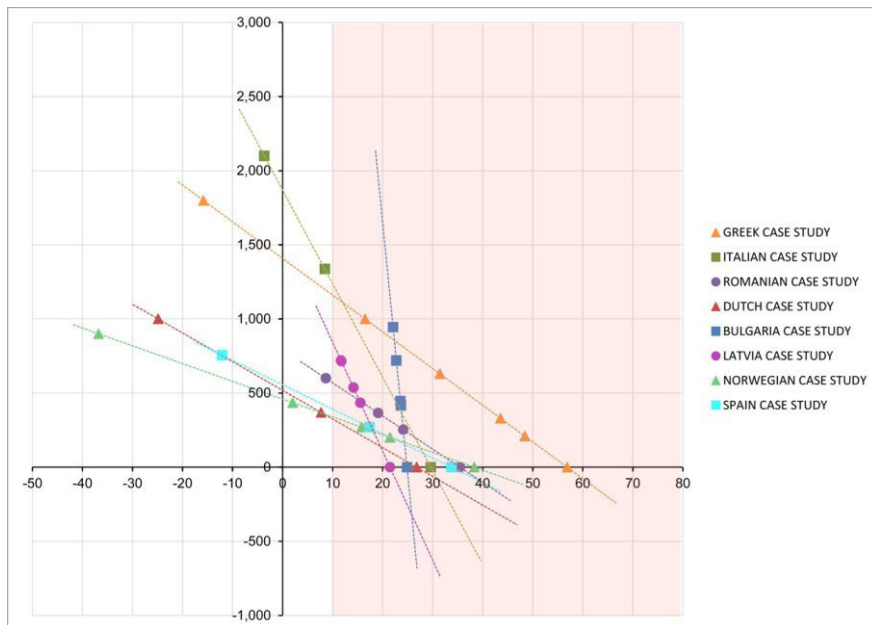


Fig. 3. Interpolazione dei risultati per i diversi scenari ABRA considerati sui primi 8 casi pilota. L'asse delle ascisse riporta i tempi di ritorno e l'asse delle ordinate riporta i metri quadri di addizione prevista per ogni scenario. I punti evidenziati corrispondono agli scenari ritenuti fattibili dalle analisi architettoniche e urbanistiche condotte.

A titolo di esempio basti considerare il valore di vendita al metro quadro di un nuovo appartamento in copertura (Scenario S2) rispetto al valore di mercato di un appartamento, nel medesimo edificio, localizzato al piano terra (Scenario S1). L'identificazione delle variabili differenziali caratteristiche di ogni scenario è uno degli obiettivi della ricerca e rappresenta un elemento chiave per l'individuazione delle variabili specifiche di ogni scenario a supporto della fase di *decision making*.

Nello sviluppo futuro del progetto, inoltre, il campo di indagine si allargherà a comprendere anche scenari composti, dati dalla combinazione dei cinque scenari primari sino ad ora considerati; considerando la formula (2):

$$C = n! / k!(n-k)! \quad (2)$$

le possibili combinazioni (C) sono infatti 31, considerando n=5 addizioni sviluppate k volte, senza ripetizioni.

Le analisi preliminari condotte sul campione di edifici esaminati dimostrano che nella maggioranza dei casi il potenziale guadagno economico dato dalla vendita delle nuove unità sarebbe in grado di compensare sia l'investimento necessario alla riqualificazione energetica (DR) sia il costo degli impianti da fonti rinnovabili necessari per raggiungere i livelli nZEB.

Questi primi risultati sono in linea con il paradigma iniziale del progetto, la cui essenza sta nella ricerca di una strategia capace di accelerare l'adozione di strategie non convenzionali e non esclusivamente "energy-related" per edifici esistenti a energia e a costo zero.

Bibliografia

1. Shnapp S, Sitjà R, Laustsen J (2013) What is Deep Renovation, Technical Report, Global Building Performance Network, GBPN.
2. BPIE (2013) A guide to developing strategies for building energy renovation. Delivering Article 4 of the Energy Efficiency Directive. Buildings Performance Institute Europe (BPIE).
3. JWG (EED, EPBD and RES) (2013) Towards assisting EU Member States on developing long term strategies for mobilising investment in building energy renovation. Composite Document of the Joint Working Group of CA (<http://www.ca-eed.eu/reports/art-4-guidance-document/eed-article-4-assistance-document>).
4. Ferrante A (2014) Energy retrofit to nearly zero and socio-oriented urban environments in the Mediterranean climate. *J. Sustainable Cities and Societies*, 13, 237-253.
5. Cattani E (2016) User-oriented methodologies and techniques for deep energy renovation in social housing. The add-ons strategy based on multiple variables. PhD Dissertation, University of Bologna.
6. Ignjatovic NC, Ignjatovic D (2006) Some Possibilities of Extensions in Building Renovation. The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland.
7. DM 26/06/2015 Application of the calculation of energy performance methods and definition of prescriptions and minimum requirements for buildings. *Gazzetta Ufficiale* n. 162, 15/07/2015. Immobiliare s.p.a. 2015. Data and survey UNI. 2014°, b, UNI TS 11300-1 and 11300-2 Standard. Milano: Italian Organization for Standardisation.

Crediti

ABRACADABRA è un progetto finanziato dalla Comunità Europea all'interno del Programma *Horizon 2020*, *Grant agreement No 696126*.