POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

La trasformazione degli edifici pubblici in nZEB (edifici a energia quasi zero)

Original
La trasformazione degli edifici pubblici in nZEB (edifici a energia quasi zero) / Corrado, Vincenzo; Murano, Giovanni; Paduos, SIMONA ANGELA ALINA; Riva, Giovanni. - In: LA TERMOTECNICA. - ISSN 0040-3725. - STAMPA. - 2:(2017), pp. 46-51.

Availability:
This version is available at: 11583/2675661 since: 2017-07-05T00:23:07Z

Publisher:
EIOM

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

19 April 2024

La trasformazione degli edifici pubblici in nZEB (edifici a energia quasi zero)

L'articolo presenta alcuni risultati del progetto europeo RePublic_ZEB, relativo alla ristrutturazione del patrimonio edilizio pubblico verso l'obiettivo nZEB. Il lavoro si concentra sull'applicazione della definizione di nZEB adottata nel progetto attraverso l'analisi di un edificio pubblico esistente ad uso uffici. Vengono identificati e valutati un insieme di pacchetti di misure di efficienza energetica che rispondono ai requisiti nZEB.

TRANSFORMATION OF THE PUBLIC BUILDINGS INTO NZEBS (NEARLY ZERO-ENERGY BUILDINGS)
The paper presents some results of the European Project, RePublic_ZEB, on the refurbishment of the public building stock towards the nearly zero-energy target (nZEB). The work is focused on the application of the nZEB definition as adopted in the project context, to an existing public office, representative of this Italian building type in Northern Italy. A set of packages of energy efficiency measures that comply with the nZEB requirements has been identified and evaluated.

INTRODUZIONE

RePublic_ZEB (Refurbishment of the Public building stock towards nZEB) è un progetto di ricerca finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del programma IEE (Intelligent Energy-Europe) che si è sviluppato dal 2014 al 2016. Il progetto, che ha coinvolto prevalentemente partner del Sud e dell'Est Europa, è stato coordinato dal Comitato Termotecnico Italiano Energia e Ambiente (CTI) e ha avuto come partner italiano anche il Politecnico di Torino - Dipartimento Energia.
Scopo principale di RePublic_ZEB è stato quello di favorire la riqualificazione energetica degli edifici pubblici verso il target nearly zero-energy, conformemente ai principi della Direttiva 2010/31/UE (EPBD recast), sia attraverso la promozione di soluzioni tecniche disponibili sul mercato, sia attraverso la sensibilizzazione di alcuni attori strategici coinvolti nel processo (enti pubblici, aziende territoriali di edilizia economica popolare, associazioni di costruttori).
Nel seguito vengono illustrati i principi generali del progetto e alcune soluzioni tecniche proposte a livello nazionale a partire dalla trasformazione in nZEB di un edificio esistente pubblico ad uso uffici, sito in Torino, considerato come rappresentativo del patrimonio edilizio esistente degli anni '60 in zona climatica E, adibito a tale attività.

CRITERI E PRINCIPI PER LA TRASFORMAZIONE DI EDIFICI PUBBLICI IN NZEB

Il fabbisogno annuo di energia primaria non rinnovabile in condizione standard definisce la prestazione energetica di un edificio. Quest'ultima è determinata considerando tutti i servizi energetici (riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, acqua calda sanitaria, ed illuminazione artificiale e trasporto di persone o cose limitatamente - queste ultime - agli edifici non residenziali); il calcolo è condotto in conformità alla normativa tecnica vigente (serie delle UNI/TS 11300).
Nel rispetto della legislazione nazionale [1], le soluzioni nZEB devono rispettare una quota di copertura da fonti rinnovabili, sia per l'insieme dei servizi di riscaldamento, raffrescamento e produzione di acqua calda sanitaria, sia per il solo servizio di produzione di acqua calda sanitaria, che in caso di edilizia pubblica è pari al 55%, oltre che una serie di prescrizioni inerenti alla prestazione del fabbricato e degli impianti tecnici ad esso asserviti.
Per quanto concerne l'involucro dell'edificio la legislazione prevede due verifiche. La prima è relativa al coefficiente medio globale di scambio termico per trasmissione per unità di superficie disperdente (coefficiente H'_T), che rappresenta la trasmittanza media dell'involucro disperdente (componenti opachi, trasparenti, ponti termici). Il limite di H'_T è un valore tabulato, diversificato per zona climatica e per rapporto S/V. L'altro parametro è l'area solare equivalente estiva per unità di superficie utile. Tale parametro quantifica l'attitudine dell'edificio a ricevere apporti termici di origine solare nel mese più caldo (tipicamente luglio). Esso è influenzato dalla presenza, dimensione, orientamento e tipologia dei componenti trasparenti e dalle relative schermature solari mobili. Anche in questo caso il limite è un valore tabulato, differenziato per abitazioni civili e per altre destinazioni d'uso.
Per quanto concerne il fabbricato il D.M. 26/06/2015 [1], oltre ai parametri sopra citati, prevede anche la verifica degli indici di prestazione termica utile per riscaldamento e per raffrescamento. I relativi limiti di legge, in questo caso, non sono fissi ma calcolati attraverso il metodo

TRASFORMAZIONE DI UN EDIFICIO IN NZEB: DEFINIZIONE ADOTTATA NELL'AMBITO DEL PROGETTO EUROPEO REPUBLIC_ZEB

Un nZEB ottenuto dalla ristrutturazione di un edificio esistente è un edificio nel quale sono impiegati materiali, prodotti e sistemi che consentono di ottenere una prestazione energetica migliore di quella derivante da una ristrutturazione ottimale sotto il profilo dei costi e una significativa copertura dei fabbisogni di energia con fonti rinnovabili, ma allo stesso tempo risulta economicamente conveniente.

Vincenzo Corrado, Giovanni Murano, Simona Paduos - Politecnico di Torino, Dipartimento Energia
Giovanni Riva - Comitato Termotecnico Italiano Energia e Ambiente (CTI)

DEFINIZIONI

Prestazione energetica (EP), determinata secondo l'EN ISO 52000-1 [7]. È l'energia primaria globale richiesta dall'edificio per soddisfare i servizi di climatizzazione invernale, climatizzazione estiva, ventilazione, acqua calda sanitaria e illuminazione artificiale rapportata all'area climatizzata (EP_{gl}). Per ogni servizio energetico, l'EP può considerare l'energia non rinnovabile (EP_{nren}) o la somma dell'energia proveniente da fonte non rinnovabile e rinnovabile: $EP_{tot}=EP_{nren}+EP_{ren}$. La prestazione globale totale di un edificio si calcola quindi come: $EP_{gl,tot}=EP_{gl,nren}+EP_{gl,ren}$

Percentuale di copertura del fabbisogno energetico complessivo da fonti rinnovabili (RER) consiste nel rapporto tra energia primaria rinnovabile e energia primaria totale. $RER = EP_{ren} / EP_{tot}$.

Costo globale (GC) determinato secondo la norma UNI EN 15459 [8], consiste nel valore attuale netto di tutti i costi (di investimento per i lavori di ristrutturazione, di sostituzione e di gestione annuali) riferiti all'anno in cui vengono eseguiti i lavori di ristrutturazione (anno zero). In riferimento all'edificio riqualificato, il differenziale di costo globale (ΔGC) mette invece in evidenzia la differenza tra il costo globale dell'edificio post ristrutturazione e quello dell'edificio da ristrutturare.

dell'edificio di riferimento. Tali indici non sono quindi influenzati dalle caratteristiche degli impianti tecnici.
Per quanto riguarda invece questi ultimi, vengono imposti requisiti di efficienza media stagionale degli impianti di climatizzazione invernale, climatizzazione estiva e acqua calda sanitaria. I valori di riferimento per la costruzione dei limiti sono fissi, tuttavia essi risultano diversificati per tipologia impiantistica adottata nell'edificio reale.
La prestazione energetica dell'edificio è definita attraverso, l'indice di prestazione globale totale ($EP_{gl,tot}$), espresso in kWh/m², che considera tutti i servizi presenti e considerati nella valutazione (globale) e l'energia primaria totale (rinnovabile + non rinnovabile). Il valore limite $EP_{gl,tot,lim}$ è calcolato con l'utilizzo dell'edificio di riferimento.
Il D.M. 26/06/2015 [1] stabilisce infine che si possa definire nZEB un edificio, sia esso nuovo o ristrutturato, che rispetti tutti i requisiti previsti per gli edifici nuovi al 2019/2021 (secondo step temporale) e gli obblighi di integrazione delle fonti rinnovabili previsti dal D.Lgs. 28/2011 [2].
La metodologia proposta dal Politecnico di Torino nell'ambito di RePublic_ZEB per la definizione degli interventi di riqualificazione ("pacchetti di misure") idonee per la trasformazione di un edificio in nZEB parte dalla valutazione dell'intervento ottimale di riqualificazione [5], ossia dell'intervento caratterizzato dal minore costo globale stimato nell'arco di un periodo di tempo (fissato nello specifico in 30 anni), e che include quindi sia i costi di investimento, sia di esercizio e manutenzione. A partire da tale soluzione, si ricercano quindi opportune varianti che consistono in pacchetti di misure tali che:
- l'indice di prestazione energetica ($EP_{gl,nren}$), sia migliore di quello proprio della soluzione ottimale sopra citata [6](un edificio a energia quasi zero è più efficiente in termini energetici anche se ha un costo superiore);
- il differenziale dei costi globali (ΔGC) tra l'edificio allo stato di fatto e le varie soluzioni nZEB sia negativo (l'intervento risulta quindi comunque economicamente vantaggioso o perlomeno equivalente rispetto allo status quo);
- siano soddisfatti tutti i requisiti minimi di prestazione energetica di legge definiti a livello nazionale.

In generale la conversione in nZEB può essere realizzata mediante più misure di efficienza energetica simultaneamente (pacchetti di misure) e diverse combinazioni di queste. Ogni pacchetto di misure di efficienza energetica è caratterizzato da specifici valori di prestazione energetica (EP) e da un differenziale di costo globale (ΔGC). Valgono le seguenti considerazioni:
- l'edificio esistente è in genere caratterizzato da un insoddisfacente valore di EP e da un differenziale di costo globale pari a zero (essendo

TABELLA 1 - Caratteristiche geometriche, costruttive e termofisiche del caso studio

Dati geometrici		Dati costruttivi		Dati relativi agli impianti tecnici Descrizione dei sistemi e efficienze medie stagionali
V_g	20.638 m³	U_{op}	0,68 W/(m²K)	Radiatori e fan-coils ($\eta_{H,e}$ 0,87)
$A_{f,n}$	4.521 m²	U_w	2,87 W/(m²K)	Regolazione per singolo ambiente + climatica ($\eta_{H,ctr}$ 0,86)
A_{env}/V_g	0,23 m⁻¹	$g_{gl,n}$	0,75	Distribuzione centralizzata a montanti orizzontale ($\eta_{H,d}$ 0,96)
A_w	628 m²	U_f	0,94 W/(m²K)	2 generatori alimentati a gas naturale ($\eta_{H,gn}$ 0,87)
N. piani	7(+2)	U_r	1,69 W/(m²K)	Boiler elettrico ($\eta_{W,gn}$ 0,80)
				Split ($\eta_{C,e}$ 0,97)

LEGENDA
Dati geometrici: V_g Volume lordo, $A_{f,n}$ Superficie utile, A_{env}/V_g Rapporto tra la superficie disperdente e il volume lordo dell'edificio, A_w Superficie finestrata.
Dati costruttivi: U_{op} Trasmittanza termica dell'involucro opaco verticale, U_W Trasmittanza termica del componente trasparente, $g_{gl,n}$ Trasmittanza di energia solare totale per incidenza normale, U_f Trasmittanza termica del solaio di pavimento, U_r Trasmittanza termica del solaio di copertura.
Impianti tecnici: $\eta_{H,e}$ Rendimento di emissione, $\eta_{H,ctr}$ Rendimento di regolazione, $\eta_{H,d}$ Rendimento di distribuzione, $\eta_{H,gn}$ Rendimento del generatore per il riscaldamento ambiente, $\eta_{W,gn}$ Rendimento del generatore per ACS, $\eta_{C,e}$ Rendimento di emissione dello split.

No.	Misure di efficienza energetica	Parametri	U.M.	Edificio ad uso ufficio EEO				
				1	2	3	4	5
1	Isolamento termico di pareti verso l'esterno	U_{op}	W/m^2K	0,27	0,23	0,21		
		$C/A_{f,n}$	€/m²	44	47	49		
2	Isolamento termico di pareti verso gli ambienti non climatizzati	$U_{op,u}$	W/m^2K	0,30	0,25	0,21	0,19	
		$C/A_{f,n}$	€/m²	31	32	42	45	
3	Isolamento termico della copertura o dell'ultimo solaio verso gli ambienti non climatizzati	U_r	W/m^2K	0,24	0,21	0,19		
		$C/A_{f,n}$	€/m²	39	44	49		
4	Isolamento termico del primo solaio o del solaio contro terra	U_f	W/m^2K					
		$C/A_{f,n}$	€/m²					
5	Sostituzione delle finestre	U_w	W/m^2K	1,49	1,35	1,16	0,91	
		$C/A_{f,n}$	€/m²	387	308	300	400	
6	Schermature solari	τ_s	-	0,40	0,35			
		$C/A_{f,n}$	€/m²	113	95			
7	Gruppo frigorifero	EER	-	5	6			
		C	€	66.934	75.880			
8	Generatore di calore e sistemi di emissione	$\eta_{gn,Pn,H}$ o COP		1,1	0,88	3,7		
		C	€	51.050	30.276	206.818		
9	Generatore per l'ACS	$\eta_{gn,Pn,W}$ o COP		2,6				
		C	€	15.082				
10	Generatore di calore combinato per il riscaldamento e l'ACS e sistemi di emissione (*)	$\eta_{gn,Pn,H+W}$ o COP	-	1,1	0,88	3,9		
		C	€	59.296	30.276	215.059		
11	Pompa di calore per il riscaldamento, l'ACS, il raffrescamento e i sistemi di emissione	COP	-	4,3				
		EER	-	3,1				
		C	€	215.059				
12	Collettori solari termici	A_{coll}	m^2					
		C	€					
13	Pannelli fotovoltaici	W_p	kW	27	47	70	85	
		C	€	12.221	26.607	45.401	82.452	
14	Sistema di ventilazione con recupero di calore	η_{ve}	-	0,7				
		C	€	30.740				
15	Sistema avanzato di regolazione del riscaldamento	η_{ctr}	-	0,995				
		C	€	31.526				
16	Sistema di illuminazione	PN	W/m^2	10,85	10,85	6,09	6,09	6,09
17	Sistemi per il controllo dell'illuminazione	F_D (F_C)	-	1 (0,9)	0,9 (0,9)	1 (0,9)	0,9 (1)	0,9 (0,9)
		C	€	19.794	31.236	68.712	68.712	80.154

TABELLA 2 - Misure di efficienza energetica (EEMs), relative opzioni (EEOs) e costi. I rendimenti e i relativi costi corrispondono (in ordine) alle seguenti tipologie: caldaia a condensazione, caldaia a biomassa e pompa di calore

esso stesso assunto come base di riferimento);
- a seguito della ristrutturazione, la prestazione energetica migliora, mentre il differenziale di costo globale è negativo per alcuni casi di ristrutturazione che sono quelli economicamente convenienti;
- il livello ottimale in funzione dei costi è il livello di prestazione energetica proprio di alcuni pacchetti di misure di efficienza energetica che se applicati comporterebbero il minore costo globale. Considerate le incertezze e le semplificazioni, si ritiene più corretta l'individuazione di un intervallo ottimale piuttosto che di un solo punto ottimale;
- le soluzioni nZEB vengono qui definite dai casi caratterizzati da un consumo di energia primaria non rinnovabile inferiore alla soluzione ottimale e da un differenziale di costo globale compreso tra quello del caso ottimale e quello dell'edificio di riferimento.

Con il progetto RePublic_ZEB, il Politecnico di Torino in collaborazione con il CTI, ha prodotto un tool informatico che permette di individuare, per qualsiasi edificio sottoposto a riqualificazione, l'insieme di soluzioni tecnologiche ottimali in termini di costi/benefici, tra quelle proposte dall'utente. La metodologia adottata è conforme alla normativa tecnica vigente e alla legislazione UE (Direttiva 2010/31/UE [3], Regolamento (UE) n. 244/2012 [4], Orientamenti che accompagnano il Regolamento).

APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA AD UN EDIFICIO AD USO UFFICI

Di seguito si riportano, a titolo di esempio, i risultati ottenuti dall'analisi di uno degli edifici presi in considerazione nel progetto e i relativi "pacchetti di misure" di efficienza energetica selezionati per la sua trasformazione in nZEB. Si tratta di un edificio pubblico ad uso uffici situato in Torino e costruito negli anni '60.

MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA (EEMS)

Gli interventi ipotizzati di riqualificazione in nZEB prevedono l'intervento sull'intero edificio. Le misure di efficienza energetica (EEMs) proposte riguardano sia l'involucro, sia gli impianti tecnici. In dettaglio, con riferimento alla Tabella 2:
- le EEMs da 1 a 6 considerano l'involucro (l'isolamento termico esterno, la sostituzione dei serramenti, l'installazione di dispositivi di schermatura solare);
- le EEMs da 7 a 11 riguardano gli impianti tecnici relativi al riscalda-

N.	Misure di efficienza energetica	Parametro	Prima della ristrutturazione	Cost optimal	nZEB1	nZEB2	nZEB3
1	Isolamento termico di pareti verso l'esterno	U_{op}	0,94	0,23	0,27	0,27	0,21
2	Isolamento termico di pareti verso ambienti non climatizzati	$U_{op,u}$	1,72	0,25	0,25	0,25	0,21
3	Isolamento termico della copertura o dell'ultimo solaio verso non climatizzati	U_r	1,69	0,24	0,24	0,24	0,19
4	Isolamento termico del primo solaio o del solaio contro terra	U_f	0,96				
5	Sostituzione delle finestre	U_w	2,87		1,49	1,49	
6	Schermature solari	τ_s			0,4	0,4	0,35
7	Gruppo frigorifero	EER	3,0				
8	Generatore di calore e sistema di emissione	$\eta_{gn,Pn,H}$ o COP	0,87				
9	Generatore per ACS	$\eta_{gn,Pn,W}$ o COP	0,80				
10	Generatore di calore combinato per il riscaldamento e l'ACS e sistema di emissione	$\eta_{gn,Pn,H+W}$ o COP				3,9	3,9
11	Pompa di calore per il riscaldamento, ACS, raffrescamento e sistema di emissione	COP EER			4,3 3,1		
12	Collettori solari termici	A_{coll}					
13	Pannelli fotovoltaici	W_p		70	70	85	70
14	Sistema di ventilazione con recupero di calore	η_{ve}		0,7			0,7
15	Sotto sistema di regolazione del riscaldamento	η_{ctr}	0,86	0,995	0,995	0,995	0,995
16	Sistema di illuminazione	PN	12,0	10,85	10,85	10,85	10,85
17	Sistemi per il controllo dell'illuminazione	F_D (F_C)	1,0(1,0)	0,9(0,9)	0,9(0,9)	0,9(0,9)	0,9(0,9)

TABELLA 3 - Pacchetti di misure di efficienza energetica Cost-optimal e nZEB

mento e al raffrescamento degli ambienti e la produzione di acqua calda sanitaria (la sostituzione del generatore di calore) e considerano tecnologie come le caldaie a condensazione, i generatori a biomassa, il teleriscaldamento, le pompe di calore aria – aria e aria – acqua;
- le EEMs da 12 a 13 riguardano la produzione di energia da fonti rinnovabili (collettori solari termici e pannelli solari fotovoltaici);
- la EEM 14 riguarda l'installazione di sistema di ventilazione meccanica controllata con recupero di calore;
- la EEM 15 riguarda l'installazione di un sotto sistema di regolazione avanzato (BACS) per il riscaldamento;
- le EEMs 16 e 17 riguardano la modifica dell'impianto di illuminazione presente con un sistema di regolazione della luce nei locali (sensore di presenza e di luce naturale).

Per ogni EEM sono previste sino a cinque diverse opzioni di efficienza energetica (EEOs) caratterizzate da livelli crescenti di prestazione (Tabella 2). Sono inoltre riportati i valori dei parametri rappresentativi della prestazione energetica per ogni EEM e i relativi costi considerati, esclusa l'IVA, ma inclusi gli extra-costi relativi alla posa dei materiali e all'installazione degli impianti tecnici.

ASSUNZIONI

La prestazione energetica è espressa in termini di energia primaria non rinnovabile (EPnren) e di copertura da fonti energetiche rinnovabili (RER) [2]. I fattori di conversione in energia primaria sono ricavati dalla legislazione vigente (D.M. 26/06/2015 [1]). L'energia elettrica prodotta dai pannelli solari fotovoltaici viene utilizzata per compensare su base mensile la domanda di energia elettrica, mentre l'eccedenza di energia rispetto al fabbisogno mensile, prodotta in situ e che viene esportata, non concorre alla definizione della prestazione energetica dell'edificio.
Per la determinazione dei costi globali sono state utilizzate le seguenti assunzioni di calcolo:
- periodo di calcolo pari a 30 anni;
- tasso di interesse reale del 3%;
- costi di energia elettrica e gas naturale come fissati dall'Autorità per l'Energia Elettrica il Gas e il sistema idrico (AEEG);
- costo della biomassa ricavato da indagini di mercato;
- scenari di tendenza dell'energia sviluppati con il modello PRIMES, secondo le direttive EU;
- costi per la manutenzione annuale variabili dallo 0% al 4% del costo dell'investimento a seconda della tecnologia;
- durata della vita tecnica degli elementi costruttivi fissata a 20 anni, per gli impianti variabile da 15 a 20 anni.

RISULTATI

A partire dal set di misure di efficienza energetica ottimale in funzione dei costi, la riqualificazione energetica che risponde al canone nZEB comprende le seguenti misure di efficienza energetica:
- Isolamento termico dell'involucro;
- Installazione di pannelli fotovoltaici;

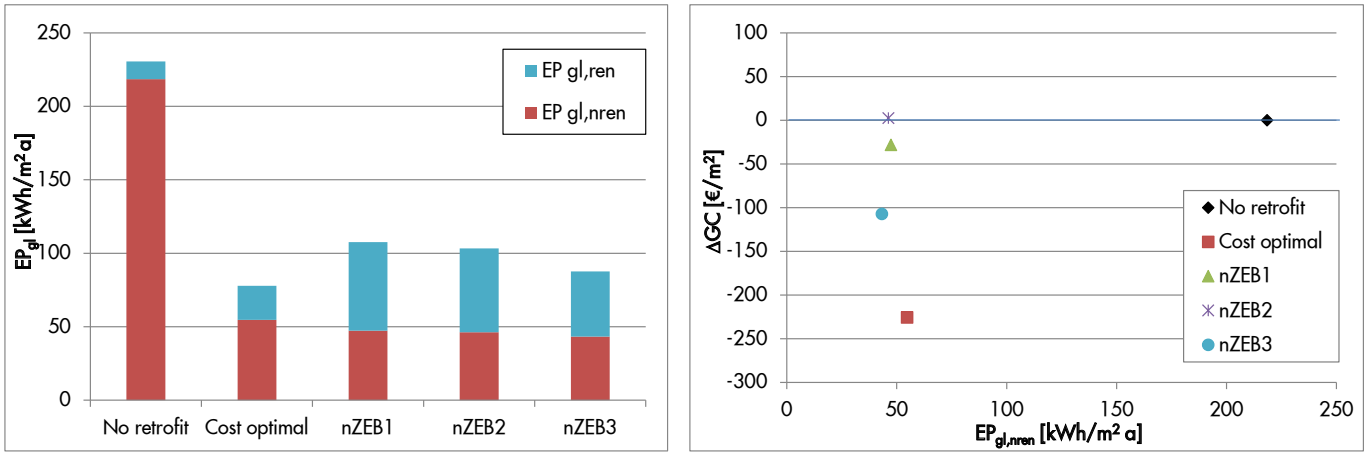

FIGURA 1 - A sinistra: prestazione energetica dell'edificio raggiungibile applicando i vari pacchetti. A destra: differenziale del costo globale ΔGC e relativo $EP_{gl,nren}$: stato attuale, soluzione cost-optimal e soluzioni nZEB. Ufficio

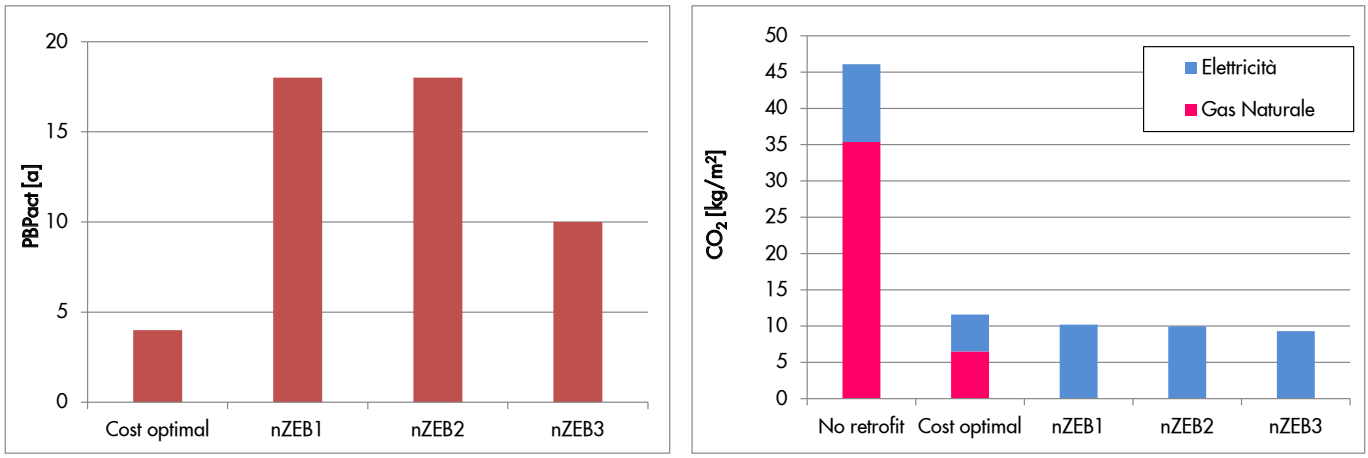

FIGURA 2 - A sinistra: periodo (attualizzato) di recupero dell'investimento PBP_{act}: soluzione cost optimal e soluzioni nZEBs. A destra: emissioni di CO_2: stato attuale, soluzione cost optimal, soluzioni nZEBs

- Installazione di un sistema di ventilazione meccanica controllata con recupero di calore;
- Efficientamento del sistema di regolazione del riscaldamento;
- Efficientamento del sistema di illuminazione;
- Installazione di sistemi mobili di schermatura solare.

Al fine di raggiungere l'obiettivo RER, sono stati considerati, in alternativa tra loro, tre diversi impianti tecnici:

- nZEB1: pompa di calore centralizzata per il riscaldamento, il raffrescamento e l'ACS;
- nZEB2: pompa di calore centralizzata per il riscaldamento e acqua calda sanitaria;
- nZEB3: ventilazione meccanica controllata con recupero di calore e pompa di calore centralizzata.

In tutte le soluzioni viene incluso un sistema di regolazione della temperatura per singolo ambiente più climatica e pannelli fotovoltaici, mentre l'impianto di illuminazione è dotato di lampade T5 e sensori di presenza e luce naturale.

CONSIDERAZIONI

In Figura 1 sono rappresentate la prestazione energetica iniziale dell'edificio da ristrutturare e quella raggiungibile applicando i vari pacchetti; è inoltre riportato sia per lo stato attuale, sia per le soluzioni cost-optimal e nZEB, il differenziale dei costo globale ΔGC e il relativo $EP_{gl,nren}$. La soluzione nZEB che registra il differenziale minore di costo globale ΔGC è la numero 3, pari a 110 €/m², e una prestazione energetica globale pari a 88 kWh/m², di cui 44 kWh/m² sono non rinnovabili.
In Figura 2 è rappresentato, per ogni soluzione di nZEB, il periodo (attualizzato) di recupero dell'investimento e analogamente le emissioni di CO_2 associate ad ogni soluzione. Tutte hanno un tempo di ritorno dell'investimento sempre inferiore ai 20 anni.
Per il caso studio esaminato i risultati dimostrano che è possibile raggiungere l'obiettivo dell'edificio ad energia quasi zero. La prestazione energetica delle soluzioni nZEB proposte è inferiore a 100 kWh/m², mentre dal punto di vista economico, pur risultando convenienti rispetto allo status quo, comportano tempi di ritorno variabili. Si rammenta che i calcoli effettuati considerano comunque un utilizzo dell'edificio di tipo continuo sulle 24 ore, secondo la definizione di calcolo "standard"

riportato dalle specifiche tecniche UNI/TS 11300; tale metodologia di calcolo è la medesima attualmente utilizzata per la definizione delle classi energetiche degli edifici. Ne consegue che, in caso di calcolo adattato all'utenza reale dell'edificio, i fabbisogni energetici possano risultare inferiori (nel caso specifico indicativamente di circa il 30% per via dell'occupazione parziale dei locali), e conseguentemente, i tempi di ritorno dell'investimento più lunghi. Si nota, infine, come i pacchetti di misure più interessanti si basino sull'impiego della pompa di calore in combinazione con il sistema fotovoltaico.

BIBLIOGRAFIA

1. *D.M. 26/06/2015 "Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici"*
2. *Decreto Legislativo 3 marzo 2011, n. 28 "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE"*
3. *Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19/05/2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione).*
4. *Regolamento delegato (UE) n. 244/2012 della Commissione del 16 gennaio 2012 che integra la direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia istituendo un quadro metodologico comparativo per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi per i requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici e degli elementi edilizi"*
5. *V. Corrado, I. Ballarini, S. Paduos, 2013. Sviluppo della metodologia comparativa cost-optimal secondo Direttiva 2010/31/UE. ENEA RdS/2013/144.*
6. *Guidelines accompanying Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU.*
7. *EN ISO 52000-1 "Energy performance of buildings — Overarching EPB assessment – Part 1: General framework and procedures"*
8. *UNI EN 15459 "Heating systems and water based cooling systems in buildings — Energy performance of buildings — Part 1: Economic evaluation procedure for energy systems in buildings"*
9. *V. Corrado, G. Murano, S. Paduos, G. Riva, On the refurbishment of the public building stock toward the nearly zero-energy target: two Italian case studies, Energy Procedia 2016; 101: 105–112*
10. *L.Aelenei, S. Paduos, H. Petran, J. Tarrés, A. Ferreira, V. Corrado, S. Camelo, E. Polychroni, K. Sfakianaki, H. Gonçalves, J. Salom, G. Riva, G. Murano, Implementing Cost-optimal Methodology in Existing Public Buildings. Energy Procedia 2015; 78:2022-2027.*
11. *http://www.republiczeb.org*
12. *www.cti2000.eu*

TENUTE SPECIALI
TESPE®
TESSILI TECNICI E GUARNIZIONI INDUSTRIALI PER ALTE TEMPERATURE

Fibra di vetro - Silice - Ceramica Eco Silcawool - PTFE - Aramidica
Trecce - Filotti - Cordoni - Calze - Nastri - Tessuti - Baderne - Fogli - Guarnizioni s.a.
TESPE® - Via Pizzo Arera 44 - 24060 Chiuduno (BG) - Italia
Tel. +39.035.838864 - Fax +39.035.838865 - info@tespe.it. - www.tespe.it