

# “Nearly Zero Energy Building” e “Cost-Optimality”: Norme Europee e loro recepimento

G.GRAZZINI , L.LEONCINI

DIEF, Università di Firenze

## INTRODUZIONE

Un edificio è un sistema il cui uso induce impatti a livello energetico, economico e ambientale sia a scala locale che a scala globale. La limitazione di questi impatti si inserisce nel più ampio quadro dello sviluppo sostenibile [1], e può essere letta in ottica di Zero Energy Building [2]. In letteratura sono proposti studi relativi al concetto di Zero Energy Building focalizzati sugli aspetti di definizione [3], di design economicamente efficiente [4], di bilancio del sistema [5], e di Energy Payback [6]. Il concetto di Zero Energy Building è stato recentemente trasposto dal piano di sperimentazione al piano di regolamentazione a seguito dell'introduzione del requisito nZEB come obiettivo vincolante su scala europea per le nuove costruzioni al 2018/2020.

Il metodo “ottimalità dei costi” costituisce uno strumento di lettura energetico-economica del ciclo di vita economico di un edificio attraverso l'analisi costi-benefici dei costi globali legati all'energia. Un inquadramento concettuale del metodo e una discussione delle implicazioni è presentato nel report “Cost-optimal levels for energy performance requirements”[7]. Il report evidenzia la necessità di disporre di un quadro comparativo di riferimento su scala europea e di individuare misure di efficienza energetica in funzione di criteri di efficienza economica.

Si vuole qui inquadrare l'introduzione del requisito nZEB all'interno dell'azione strategica europea volta alla riduzione della dipendenza energetica e delle emissioni di gas a effetto serra, vista come misura di aumento dell'efficienza energetica nel settore degli edifici. Il requisito nZEB viene letto in prospettiva di efficienza economica, evidenziando le variabili da risolvere in fase di implementazione nei singoli contesti nazionali. L'analisi del metodo dell'ottimalità dei costi presenta gli elementi di rilievo e porta ad una lettura comparativa fra

calcolo a livello finanziario e calcolo a livello macroeconomico. Questi due livelli vengono messi in relazione con il mercato europeo dell'energia e del carbonio, al fine di evidenziare l'ampia variabilità in fase applicativa derivante dalle problematiche di previsione delle quotazioni dei prodotti energetici e della CO<sub>2</sub>.

## 1- LA REVISIONE EPBD ALL'INTERNO DELL'AZIONE EU IN MATERIA DI CLIMA E ENERGIA

Nel 2010 la Direttiva 2002/91/EC “EPBD” (Energy Performance of Building Directive) [8] è stata sottoposta a revisione per considerare anche le modifiche apportate dal Regolamento EC 1137/2008 [9]. La revisione ha portato alla pubblicazione della Direttiva 2010/31/EU “EPBD recast” [10].

La revisione della Direttiva EPBD si inserisce all'interno della strategia EU in ambito clima e energia, i cui obiettivi principali sono ridurre la dipendenza energetica dall'importazione e le emissioni di gas a effetto serra. Il settore degli edifici rappresenta al 2010 il 41,5% della domanda finale di energia complessiva in EU-27 [11]. Come mostrato nel grafico di Figura 1 la quota è prevista stabile nelle proiezioni al 2030 al 2050, a fronte di un aumento in valore assoluto della domanda. Il settore delle costruzioni costituisce un ambito di intervento centrale in relazione alla strategia EU in ambito clima e energia. Da qui la necessità di rafforzare le attuali misure di efficienza energetica degli edifici tramite la Direttiva EPBD recast.

La riduzione della domanda finale di energia è uno dei principali strumenti dell'Unione Europea per influire sul mercato globale dell'energia e per garantire la sicurezza di approvvigionamento. Secondo dati Eurostat [12], al 2011 i combustibili fossili costituivano il 76,1% del consumo interno lordo complessivo in EU-27.

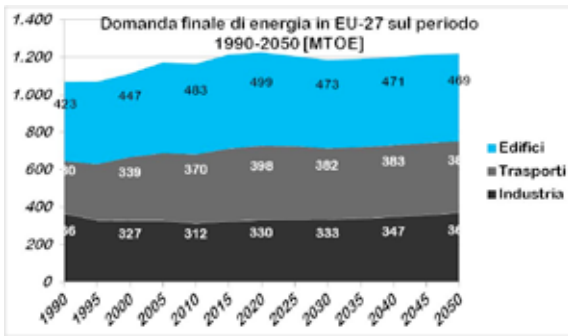


Figura 1: domanda finale di energia 1990-2050 in EU-27. [11]

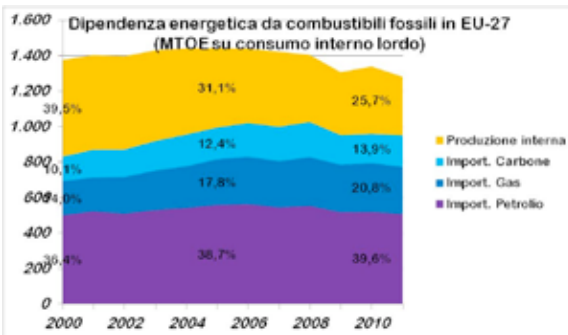


Figura 2: dipendenza energetica EU-27 da combustibili fossili. [12]

Dalla Figura 2 si rileva che nel periodo 2000-2011 la dipendenza energetica dall'importazione di combustibili fossili è aumentata dal 60,5% al 74,3%, nonostante il consumo interno lordo di combustibili fossili si sia contratto come effetto della "crisi finanziaria 2008-2012". L'aumento della dipendenza energetica è dovuto in misura maggiore a gas (+6,8%) e in misura minore a petrolio e carbone (+3,2% e +3,8 %).

Il fuel-switching da fonti fossili a fonti rinnovabili costituisce, assieme alla riduzione della domanda finale di energia, uno dei principali strumenti dell'Unione Europea per garantire la sicurezza di approvvigionamento sul medio e lungo termine e per adempiere gli impegni assunti a livello internazionale di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra, in riferimento sia al Kyoto Protocol [13], sia all'United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) [14].

### 1.1 – Obiettivo “20-20-20”

La revisione della Direttiva EPBD è funzionale agli obiettivi dell'Unione Europea al 2020, stabiliti dalla strategia “20-20-20” [15]: riduzione del 20% delle emissioni di gas a effetto serra rispetto ai livelli al 1990; copertura del 20% del consumo finale lordo

di energia tramite fonti rinnovabili; aumento del 20% dell'efficienza energetica (equivalente a una riduzione del 20% del consumo annuo di energia primaria previsto al 2007, pari a -368,5 MTOE). Al 2010 gli obiettivi risultavano conseguiti con grado differenziato, come riportato in Tabella 1. L'obiettivo relativo alla riduzione di emissioni di gas a effetto serra è il più prossimo ad essere raggiunto, mentre quello relativo all'aumento di efficienza energetica è il più distante.

Tabella 1: grado di conseguimento degli obiettivi al 2020

	2005	2010	2020 (target)
-20% emissioni GHG	-6,8%	-14,3%	-20,0%
20% RES su consumo finale lordo di energia	8,5%	12,5%	20,0%
+20% efficienza energetica	+7,6% (-139,7 MTOE)	+10,7% (-197,9 MTOE)	+20% (-368,5 MTOE)

Secondo il report “Energy 2020 – A strategy for competitive, sustainable and secure energy” [16] l'efficienza energetica costituisce l'elemento centrale della strategia europea al 2020, finalizzata a disaccoppiare la domanda di energia dalla crescita economica. In base a dati Eurostat nel periodo 2000-2010 l'intensità energetica dell'economia europea, come rapporto tra consumo interno lordo di energia e prodotto interno lordo (Gross Domestic Product, GDP), è diminuita del 11%. La Figura 3 mostra l'evoluzione dell'intensità energetica dell'economia europea secondo lo scenario di riferimento presentato in Energy Roadmap 2050 [17].

Il report “Action plan for energy efficiency: realising the potential” [18] evidenzia il rilevante margine di efficienza energetica economicamente conveniente disponibile nel settore degli edifici, come riportato in Tabella 2. Il raggiungimento di obiettivi di efficienza energetica e di parallela efficienza economica costituisce una delle tematiche di maggior rilievo, centrale nell'impostazione della Direttiva EPBD recast.

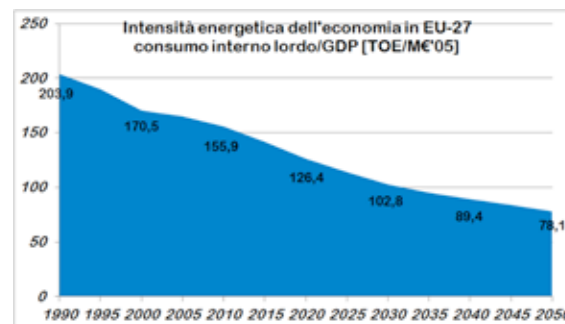


Figura 3: intensità energetica dell'economia in EU-27. [17]

Tabella 2: potenziale di efficienza energetica al 2020 per settore finale

	Consumo di energia al 2005 [MTOE]	Margine di risparmio al 2020 [MTOE]
Residenziale	280	91 (27%)
Servizi	157	63 (30%)
Trasporti	332	105 (26%)
Industria	297	95 (25%)

### 1.2 – definizione di “nearly Zero Energy Building” e di “ottimalità dei costi”

La Direttiva EPBD recast introduce due misure, volte a rafforzare le attuali disposizioni di efficienza energetica degli edifici: il requisito “nearly Zero Energy Building” e la parametrizzazione “ottimalità dei costi”, definiti rispettivamente come:

*“«edificio a energia quasi zero»: edificio ad altissima prestazione energetica, determinata conformemente all'allegato I. Il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo dovrebbe essere coperto in misura molto significativa da energia da fonti rinnovabili, compresa l'energia da fonti rinnovabili prodotta in loco o nelle vicinanze;”*

*“«livello ottimale in funzione dei costi»: livello di prestazione energetica che comporta il costo più basso durante il ciclo di vita economico stimato [...] Il livello ottimale in funzione dei costi si situa all'interno della scala di livelli di prestazione in cui l'analisi costi-benefici calcolata sul ciclo di vita economico è positiva;”*

La stessa Direttiva specifica che: *“il costo più basso è determinato tenendo conto dei costi di investimento legati all'energia, dei costi di manutenzione e di funzionamento (compresi i costi e i risparmi energetici, la tipologia edilizia interessata e gli utili derivanti dalla produzione di energia), se del caso, e degli eventuali costi di smaltimento”, e che: “il ciclo di vita economico stimato è determinato da ciascuno Stato membro. Esso si riferisce al ciclo di vita economico stimato rimanente di un edificio nel caso in cui siano stabiliti requisiti di prestazione energetica per l'edificio nel suo complesso oppure al ciclo di vita economico stimato di un elemento edilizio nel caso in cui siano stabiliti requisiti di prestazione energetica per gli elementi edilizi”.*

Il requisito nZEB è stabilito come obiettivo vincolante su scala europea per le nuove costruzioni al 2018 se pubbliche e al 2020 se private. La definizione data è di natura qualitativa e necessita di una serie di azioni interpretative in fase di imple-

mentazione. L'ottimalità dei costi è posta come metodo di analisi del margine di efficientamento energetico degli edifici nuovi e ristrutturati che risulti economicamente conveniente. A riguardo è richiesta la verifica dello scostamento tra le attuali soglie minime di efficienza energetica e quelle risultanti da una analisi costi-benefici e l'adozione di piani di ravvicinamento qualora lo scostamento risulti superiore al 15% e sia economicamente non giustificabile.

## 2 – RELAZIONE TRA PRESTAZIONE ENERGETICA E EFFICIENZA ECONOMICA

La prestazione energetica di un edificio è rappresentabile attraverso uno spazio monodimensionale. Il Regolamento Delegato EU n. 244/2012 [19] e gli Orientamenti di accompagnamento [20] stabiliscono che, ai fini della parametrizzazione economica, la prestazione energetica deve essere valutata secondo il criterio dell'energia primaria, ovvero come il consumo di energia primaria dell'edificio relativo a un anno di attività e normalizzato rispetto all'unità di superficie utile (kWh/m<sup>2</sup>anno).

Sulla linea EP di Figura 4 sono individuabili i gradi di prestazione energetica: le classi nella zona del grafico distante dall'origine; gli edifici nearly Zero Energy Building nell'intorno di destra dell'origine; gli edifici Zero Energy Building, se in configurazione ad isola, o Net Zero Energy Building, se in configurazione in rete, in corrispondenza dell'origine; gli edifici Energy Positive Building, nell'intorno di sinistra dell'origine.

La prestazione energetica di un edificio in relazione all'ottimalità dei costi è rappresentabile attraverso uno spazio bidimensionale. L'asse X riporta il consumo di energia primaria dell'edificio per anno di attività e per unità di superficie utile (kWh/m<sup>2</sup>anno). L'asse Y riporta il valore attuale netto (Net Present Value, NPV) dei costi globali legati all'energia relativo al ciclo di vita economico dell'edificio per unità di superficie utile (€/m<sup>2</sup>). Il ciclo di vita economico dell'edificio è composto dalle fasi di realizzazione, esercizio e dismissione. Il NPV dei costi globali legati all'energia, ovvero dei soli costi da cui dipende la prestazione energetica dell'edificio, è determinato secondo la metodologia Life Cycle Cost (LCC).

Sul piano EP-NPV di Figura 5 sono individuabili n punti, dati dalla combinazione energetico-eco-

nomica delle n differenti configurazioni di edificio considerate. L'insieme degli n punti descrive una curva il cui punto di minimo individua la configurazione di edificio economicamente ottimale ed il suo intorno individua le configurazioni di edificio economicamente efficienti. Il punto di ottimo economico corrisponde alla configurazione di edificio per la quale il valore risultante dall'analisi costi-benefici è massimo, mentre l'intorno di efficienza economica corrisponde alle configurazioni con valori positivi dell'analisi costi-benefici.

La relazione tra prestazione energetica e ottimalità dei costi è un concetto in divenire, in quanto il mercato dell'energia non è stazionario ma evolve nel tempo sotto l'azione combinata di due fattori: il costo delle tecnologie, che tende a diminuire nel tempo; il costo dell'energia, che tende a aumentare nel tempo.

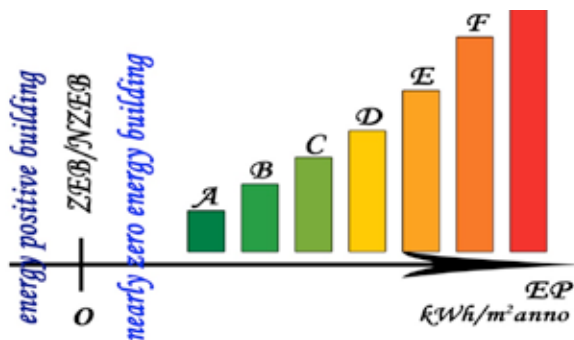


Figura 4: spazio monodimensionale.

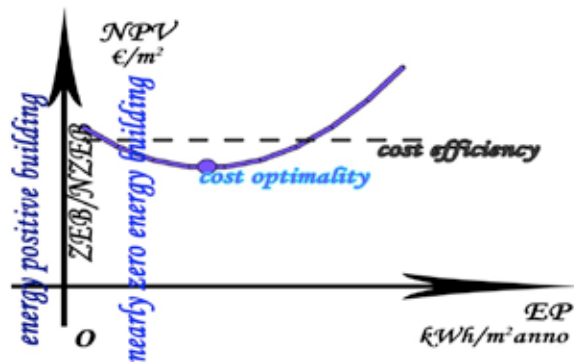


Figura 5: spazio bidimensionale

### 3 - NEARLY ZERO ENERGY BUILDING

La definizione di nZEB data dalla Direttiva EPBD recast è di natura qualitativa e necessita di una serie di azioni interpretative in fase di implementazione. Secondo la definizione data nearly Zero Energy Building è un edificio che verifica tre ca-

ratteristiche:

- prestazione energetica molto elevata, determinata in conformità a Annex 1 della Direttiva EPBD recast;
- domanda di energia molto modesta;
- copertura della domanda di energia prevalentemente tramite fonti rinnovabili. La specificazione di tenere conto a tal fine di fonti rinnovabili locali non esclude l'eventualità di tenere conto anche di fonti rinnovabili delocalizzate o acquistate.

L'Annex 1 stabilisce che la prestazione energetica deve essere determinata considerando: le caratteristiche termiche costruttive dell'edificio; i dispositivi di riscaldamento, di produzione di acqua calda sanitaria, di condizionamento dell'aria, di ventilazione naturale e meccanica, di illuminazione artificiale; la forma, la posizione e l'orientamento dell'edificio in relazione al clima esterno; l'interazione passiva con la fonte solare; il clima interno; le sorgenti termiche interne. Considerando inoltre gli eventuali effetti positivi derivanti da: l'interazione attiva con la fonte solare e i sistemi energetici da fonti rinnovabili; i dispositivi di cogenerazione; i dispositivi di teleriscaldamento; l'illuminazione naturale. Secondo l'Annex 1 la considerazione di questi aspetti a livello di metodologia di calcolo della prestazione energetica è essenziale, ma non limitativa. L'Annex 1 stabilisce inoltre che la prestazione energetica deve essere determinata riconducendo ciascun edificio ad una delle seguenti destinazioni d'uso: edifici residenziali isolati; blocchi di appartamenti; uffici; scuole; ospedali; strutture turistico-ricettive; installazioni sportive; edifici commerciali; altri edifici.

Un edificio nZEB si differenzia da un edificio ZEB o NZEB in quanto le rispettive domanda e domanda netta di energia non sono zero ma prossime a zero. Per stabilire l'ampiezza della prossimità a zero si applica all'edificio la parametrizzazione "ottimalità dei costi", in modo che la prestazione energetica sia spinta tanto quanto risulta conveniente secondo una analisi costi-benefici estesa al ciclo di vita economico dell'edificio, come illustrato in Figura 6. In questa prospettiva il requisito nZEB è in divenire, ovvero la soglia minima rappresentata dal requisito nZEB evolve nel tempo in relazione al mercato dell'energia.

In ottica di analisi costi-benefici il rapporto fra tecnologie passive e attive viene regolato secondo criteri di efficienza economica. In un contesto può risultare economicamente conveniente il modello

di edificio passivo, mentre in un altro il modello di edificio attivo. Analogamente per la configurazione a isola e quella in rete. Il requisito di modesta domanda di energia non dovrebbe essere motivo di compromissione del livello di qualità ambientale dell'edificio, e il requisito di elevata copertura della domanda tramite fonti rinnovabili non dovrebbe essere motivo di non-efficienza del sistema.

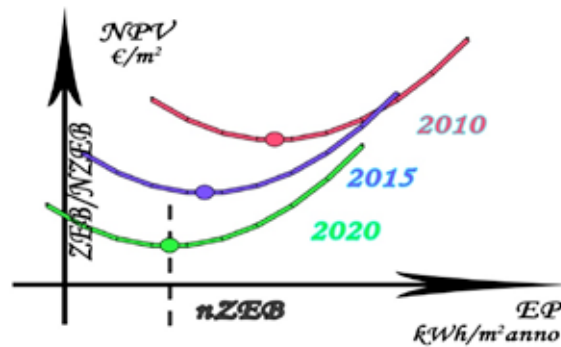


Figura 6: individuazione nZEB in funzione dell'analisi costi-benefici

#### 4 – COST-OPTIMALITY

Il metodo dell'ottimalità dei costi applica la teoria Life Cycle Cost (LCC) alla valutazione energetica del sistema edificio. La metodologia LCC è stata in origine sviluppata in ambito industriale, come strumento di indirizzo dei processi decisionali [21]. La sua applicazione al settore delle costruzioni implica una visione dell'edificio come prodotto, il cui ciclo di vita deve essere programmabile e prevedibile su un periodo di 20 o 30 anni. Essa risulta tanto più applicabile al settore delle costruzioni quanto più l'edilizia è tipologicamente seriale e il tasso di rinnovo/sostituzione è elevato.

Il principale riferimento di calcolo è lo standard EN 15459 [22]. L'impostazione generale del metodo e le modalità di implementazione sono contenuti nel Regolamento Delegato EU n. 244/2012 e negli Orientamenti di accompagnamento. Il primo istituisce un quadro metodologico comparativo per il calcolo dei livelli ottimali in funzione dei costi, come previsto dalla Direttiva 2010/31/EU e in conformità agli Allegati I e III della Direttiva stessa, mentre il secondo descrive la metodologia applicativa.

Il Regolamento rappresenta uno strumento a disposizione degli Stati membri per comparare, attraverso una analisi costi-benefici, differenti misure di efficienza energetica e le relative varianti, e per definire in base alla comparazione i requisiti

minimi a scala di sistema e a scala di componente.

Il quadro metodologico comparativo prevede che l'applicazione della analisi costi-benefici sia effettuata su un "edificio di riferimento", definito come "un edificio di riferimento ipotetico o reale che sia tipico in termini di geometria e sistemi, prestazione energetica dell'involucro e dei sistemi, funzionalità e struttura dei costi nello Stato membro e sia rappresentativo delle condizioni climatiche e dell'ubicazione geografica", e che i risultati ottenuti siano poi estesi agli edifici assimilabili. Gli Orientamenti di accompagnamento specificano che l'edificio di riferimento deve essere rappresentativo del parco immobiliare normale e medio di uno Stato membro. Il concetto di edificio di riferimento costituisce un aspetto controverso del metodo dell'ottimalità dei costi, data la problematica di individuazione di un edificio ipotetico o reale che possa essere effettivamente rappresentativo di un parco immobiliare e la conseguente incongruità di estendere a un numero indefinito di edifici la valenza del risultato di una parametrizzazione economica ottenuta per uno specifico edificio. Le modalità di individuazione degli edifici di riferimento sono state recentemente oggetto del progetto di ricerca europeo IEE-Tabula [23]. Le voci di costo da considerare nel calcolo sono distinte in costi di investimento iniziale (fase di realizzazione), costi di gestione e costi energetici (fase di esercizio), costi di dismissione (fase di dismissione).

##### 4.1 – Formulazione analitica dei livelli

Secondo il Regolamento Delegato EU 244/2012 il metodo dell'ottimalità dei costi può essere sviluppato calcolando i costi globali a livello finanziario, la cui metodologia di calcolo è analoga a quella presentata dallo standard EN 15459 per l'analisi finanziaria del sistema edificio, o in alternativa a livello macroeconomico, con l'inserimento nella precedente della voce "costo delle emissioni di gas a effetto serra", definita come: "il valore monetario del danno ambientale causato dalle emissioni di CO<sub>2</sub> relative al consumo di energia negli edifici".

Il livello finanziario corrisponde ad una prospettiva che considera l'impatto costi/benefici degli investimenti in efficienza energetica sul solo soggetto che opera l'investimento. In questo caso le voci di costo devono essere computate al lordo

di imposte e incentivi. La computazione degli incentivi è posta come opzionale.

Il livello macroeconomico corrisponde invece ad una prospettiva che considera l'impatto costi/benefici degli investimenti in efficienza energetica sull'intera società. In questo caso le voci di costo devono essere computate al netto di imposte e incentivi. Il livello macroeconomico può essere visto come una strategia di efficienza energetica basata su criteri di efficienza economica alternativa a strategie dirette di natura energy-policy.

## 5 – EVOLUZIONE DEL MERCATO EUROPEO DELL'ENERGIA E DEL CARBONIO

### 5.1 – Quotazione dei prodotti energetici

L'evoluzione dei prezzi lordi dell'energia ai fini del calcolo a livello finanziario e netti ai fini del calcolo a livello macroeconomico, costituisce una delle principali variabili della fase di esercizio di un edificio secondo la metodologia LCC. Il Regolamento Delegato EU 244/2012 stabilisce che il periodo di calcolo su cui effettuare la valutazione è pari a 20 anni per edifici residenziali e pubblici e a 30 anni per edifici di altre categorie. Le proiezioni sul medio-lungo termine dei prezzi dell'energia sono soggette a un inevitabile margine di incertezza, dovuto sia a fattori di mercato che a fattori geopolitici, estesi su scala globale e che vanno oltre la portata dell'azione strategica comunitaria. In una visione su scala globale, il grafico di Figura 7, elaborato da dati British Petroleum [24], evidenzia l'effetto della "crisi finanziaria 2008-2012" sulla quotazione dei combustibili fossili sul mercato internazionale, che ha invertito il trend di crescita avviato a inizio anni Duemila dopo un decennio di stabilità. Durante il periodo di crisi il petrolio (indice Brent) è risultato meno stabile rispetto a gas e carbone. A partire dal 2010 il trend di crescita si sta riallineando sul profilo mantenuto durante il periodo pre-crisi. La quotazione dei combustibili fossili sul mercato internazionale incide sui costi dell'energia sia per impieghi come vettori primari, sia per impieghi nella produzione di vettori secondari. In una visione estesa su

scala europea l'effetto del mercato internazionale durante il periodo di crisi è risultato più marcato per il vettore gas rispetto che per il vettore elettrico (Figure 8 e 9). La maggiore sensibilità del prezzo del gas è attribuibile alla dipendenza energetica in EU-27 dall'importazione, che, come percentuale sul consumo interno lordo, era al 2009 oltre il 60%. La minore variazione del prezzo dell'energia elettrica è attribuibile alla quota di generazione termoelettrica da combustibili fossili sul mix elettrico complessivo pari, al 2010, al 50% (rispetto al 30% da fonte nucleare e al 20% da fonti rinnovabili), e al fatto che tale quota viene coperta per oltre la metà da carbone, fonte con quotazione più stabile, e in misura marginale da petrolio, fonte con quotazione meno stabile.

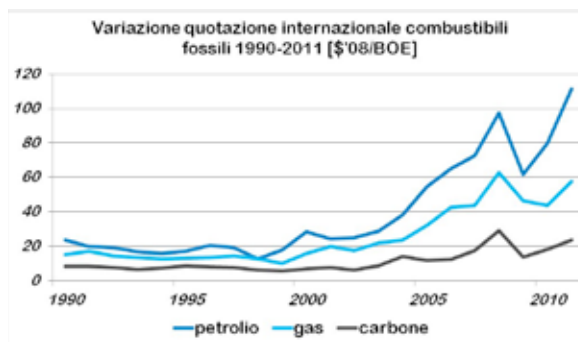


Figura 7: variazione quotazione combustibili fossili 1990-2011. Fonte [24]

La quotazione dei combustibili fossili sul mercato internazionale incide sui costi dell'energia sia per impieghi come vettori primari, sia per impieghi nella produzione di vettori secondari. In una visione estesa su scala europea l'effetto del mercato internazionale durante il periodo di crisi è risultato più marcato per il vettore gas rispetto che per il vettore elettrico (Figure 8 e 9). La maggiore sensibilità del prezzo del gas è attribuibile alla dipendenza energetica in EU-27 dall'importazione, che, come percentuale sul consumo interno lordo, era al 2009 oltre il 60%. La minore variazione del prezzo dell'energia elettrica è attribuibile alla quota di generazione termoelettrica da combustibili fossili sul mix elettrico complessivo pari, al 2010, al 50% (rispetto al 30% da fonte nucleare e al 20% da fonti rinnovabili), e al fatto che tale quota viene coperta per oltre la metà da carbone, fonte con quotazione più stabile, e in misura marginale da petrolio, fonte con quotazione meno stabile.



Figura 8: prezzo medio europeo gas 2005-2012. [12]

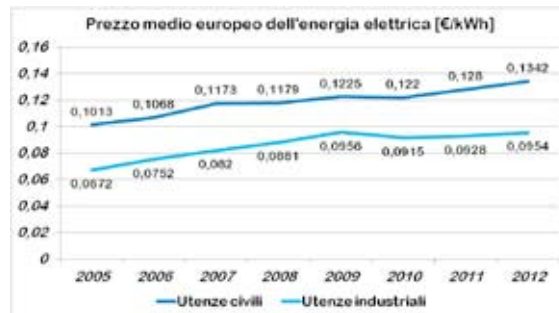


Figura 9: prezzo medio europeo energia elettrica 2005-

La valutazione della fase di esercizio di un edificio secondo la metodologia LCC risente di fattori di mercato e geopolitici su scala globale che incidono sulle proiezioni a medio-lungo termine, le quali risultano così soggette a un inevitabile margine di incertezza. La Figura 10 mostra le proiezioni relative alla tariffa media elettrica in EU sul periodo 2000-2030 secondo la baseline 2007 [25], elaborata durante il periodo pre-crisi, e secondo la baseline 2009, [26] elaborata durante il periodo di crisi in una fase di contrazione della domanda finale elettrica [27]. Nonostante la distanza temporale ravvicinata tra le due elaborazioni, lo scostamento relativo al 2020/2030 è circa 50%. Conseguenza che la parametrizzazione LCC della prestazione energetica di uno stesso edificio, che impiega vettore elettrico in alimentazione degli usi delle utenze, può portare a risultati differenti a seconda dell'anno in cui viene effettuata l'analisi.

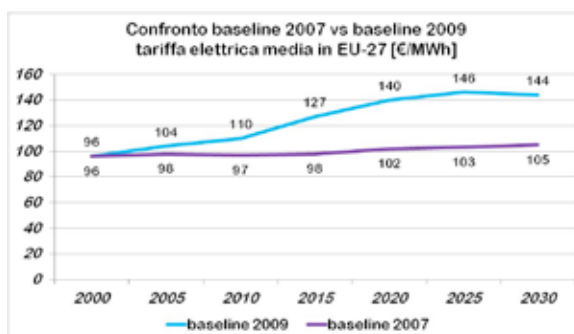


Figura 10: tendenza del costo medio del MWh elettrico in EU-27 per differenti baseline. [25] e [26]

## 5.2 – Quotazione della CO2

Il Regolamento Delegato EU 244/2012 stabilisce che ai fini del calcolo a livello macroeconomico venga assunta come soglia minima l'evoluzione dei prezzi del carbonio relativa al sistema Emission Trading Scheme (ETS), supponendo che siano attuate le correnti iniziative politiche ma non la decarbonizzazione (scenario di riferimento).

Il sistema ETS è stato istituito dalla Direttiva 2003/87/CE [28] al fine di predisporre uno strumento per lo scambio di quote di emissione di gas a effetto serra a livello comunitario, relativamente alle categorie di attività descritte nell'Allegato I, e riconducibili ai settori industriali ad alta intensità energetica, agli impianti di combustione di potenza superiore a 20 MW e alle raffinerie. La Direttiva 2009/29/CE [29] ha successivamente modificato alcuni parametri del sistema ETS, estendendo l'applicazione al traffico aereo e classificando come "gas a effetto serra" i costituenti gassosi dell'atmosfera, sia naturali che di origine antropica, che interagiscono con le radiazioni infrarosse. Il sistema ETS è uno strumento di mercato finalizzato alla riduzione delle emissioni di gas a effetto serra secondo criteri di efficienza economica, e costituisce uno dei principali riferimenti nella pianificazione degli obiettivi comunitari sia in relazione alla strategia "20-20-20" sia nella prospettiva di una economia a basso tenore di carbonio al 2050. Dovrebbe inoltre costituire guida e modello per i mercati del carbonio globali, anche in relazione ai meccanismi di gestione delle emissioni previsti dal Protocollo di Kyoto [30].

Il sistema ETS si definisce tecnicamente "cap and trade", ovvero è stabilito un limite massimo prefissato alle emissioni (cap) ma è consentito ai partecipanti acquistare e vendere diritti di emissione all'interno di tale limite (trade). Il sistema ETS dovrebbe consentire all'Unione Europea di adempiere gli impegni assunti in sede internazionale in tema di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra con un costo contenuto entro lo 0,1% del GDP. Dal punto di vista operativo il sistema ETS si articola in tre fasi. La prima fase, dal 2005 al 2007, è servita come pilota. La seconda fase, dal 2008 al 2012, orientata verso gli adempimenti derivanti dal Protocollo di Kyoto, è stata impostata secondo una allocazione diretta dei titoli di emissione. La terza fase, dal 2013 al 2020, orientata verso gli obiettivi fissati dalla strategia "20-20-20", sarà invece impostata tramite meccanismo d'asta.

I titoli di emissione sono valori quotati in borsa e come tali soggetti a fluttuazioni in funzione della domanda e dell'offerta. Possono prendere parte alle contrattazioni acquistando o vendendo titoli non solo gli attori assoggettati obbligatoriamente a ETS, ma anche altri investitori operanti in borsa. I titoli allocati in un determinato anno non necessariamente devono essere utilizzati nella loro totalità. Qualora per un dato attore le emissioni in quell'anno risultino comunque coperte da una parte dei titoli posseduti, esso può mettere in deposito le allocazioni in eccesso e utilizzarle negli anni successivi. L'andamento dei prezzi registrato nel periodo 2008-2012 ha evidenziato un'elevata volatilità del mercato europeo del carbonio [31]. Durante la seconda fase è stato allocato un quantitativo di titoli di emissione superiore rispetto alle effettive necessità degli attori. Di conseguenza le quotazioni del carbonio si sono mantenute modeste, attenuando così la potenziale spinta del sistema ETS verso interventi di efficientamento energetico. I quantitativi in eccedenza sono stati messi in deposito, con il rischio che la loro successiva reimmissione sul mercato possa indurre distorsioni nelle quotazioni durante la terza fase. Il report [32] presenta otto diversi scenari sul medio e lungo termine (2030-2050), che si differenziano per le modalità di attuazione della decarbonizzazione, per le iniziative politiche intraprese e per la quotazione di mercato dei combustibili fossili:

1. scenario di riferimento;
2. scenario di ritardo nell'elettrificazione;
3. scenario di ritardo nella Carbon Capture and Storage (CCS);
4. scenario di ritardo nell'azione avverso i cambiamenti climatici;
5. scenario di azione efficace (prezzo dei combustibili fossili basso);
6. scenario di azione efficace (prezzo dei combustibili fossili di riferimento);
7. scenario di azione efficace (prezzo dei combustibili fossili alto);
8. scenario di azione efficace (shock del petrolio).

Nella Figura 11 è descritta la variazione prevista delle emissioni complessive europee di CO<sub>2</sub> sul periodo 2005-2050 secondo gli scenari presentati.

Nella Figura 12 è riportato il prezzo medio europeo del carbonio sul periodo 2005-2050 secondo gli stessi scenari.

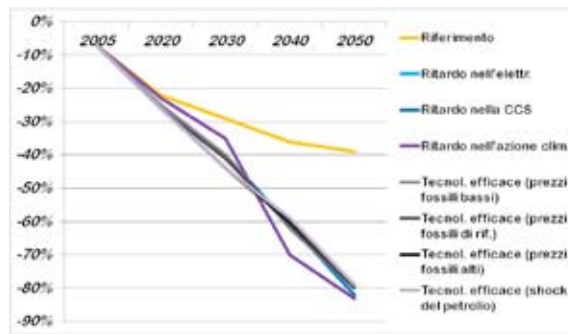


Figura 11: evoluzione delle emissioni della CO<sub>2</sub> al 2050 per differenti scenari (effetto CAP). [32]

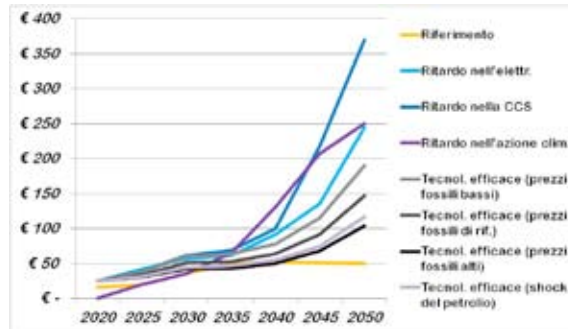


Figura 12: evoluzione del costo della CO<sub>2</sub> per differenti scenari (effetto trade). [32]

Dai due grafici risulta evidente l'effetto indotto dall'impostazione "Cap & Trade" del sistema ETS: le emissioni di CO<sub>2</sub> seguono una variazione convergente tra scenari, in quanto i valori sono determinati secondo regole politiche; il prezzo del carbonio segue una variazione divergente tra scenari, in quanto i valori sono determinati secondo regole di mercato. Il sistema ETS stabilisce un quantitativo massimo di emissioni (effetto CAP) e lascia libertà di contrattazione del loro valore economico (effetto TRADE).

A fronte di una drastica riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, gli scenari di tecnologia efficace prospettano un prezzo del carbonio inferiore a quello prospettato dagli scenari di ritardo. Ciò è conseguenza del diverso grado di competitività economica con cui può essere conseguito uno stesso obiettivo di politica energetica. Lo scenario di riferimento, rispondente alle correnti iniziative politiche, da assumere come soglia minima ai fini del calcolo a livello macroeconomico, mantiene un profilo stabile sia in termini di emissioni di CO<sub>2</sub> sia in termini di prezzo del carbonio, se confrontato con gli scenari di decarbonizzazione rispondenti ad iniziative politiche di più ampia portata. In relazione al metodo dell'ottimalità dei costi la selezione dello scenario di riferimento piuttosto che degli



scenari di decarbonizzazione implica un contenimento dell'incidenza dei costi del carbonio sui costi globali durante il ciclo di vita economico di un edificio.

## CONCLUSIONI

Il concetto di Zero Energy Building è stato recentemente trasposto dal piano di studio al piano di regolamentazione a seguito dell'introduzione del requisito nZEB come obiettivo vincolante su scala europea per le nuove costruzioni al 2018/2020. Tale requisito costituisce una misura di efficienza energetica introdotta dalla Direttiva EPBD recast al fine di far convergere il settore delle costruzioni verso gli obiettivi al 2020, realizzando il potenziale di efficientamento disponibile. La definizione di nZEB data dalla Direttiva EPBD recast è di natura qualitativa e necessita di una serie di azioni interpretative in fase di implementazione. Per stabilire la vicinanza a zero si applica all'edificio la parametrizzazione "ottimalità dei costi" in modo che la prestazione energetica sia spinta tanto quanto risulta conveniente secondo una analisi costi-benefici estesa al ciclo di vita economico dell'edificio. In questa prospettiva il requisito nZEB è in divenire, ovvero la soglia minima rappresentata dal requisito nZEB evolve nel tempo a seguito del mercato dell'energia.

Il metodo "ottimalità dei costi" costituisce una strategia finalizzata all'aumento di efficienza energetica nel settore degli edifici secondo criteri di efficienza economica. Questa strategia dovrebbe inserirsi all'interno di un quadro comune di riferimento ed essere implementata senza costituire una barriera di mercato. L'analisi svolta ha mostrato che il metodo è fortemente influenzato da fattori di natura economica, quali i mercati dell'energia e del carbonio, che ne rendono ampiamente variabili e potenzialmente frammentati gli effetti applicativi.

A riguardo si osserva che, data l'intrinseca complessità di previsione sul medio e lungo termine, e data l'influenza di componenti di mercato e geopolitiche estese su scala globale, che vanno oltre la portata dell'azione strategica comunitaria, la relazione tra prestazione energetica e ottimalità dei costi è un parametro che evolve nel tempo. Il conseguente adattamento dei requisiti energetici ai requisiti economici sarebbe opportuno, per avere previsioni realistiche su periodi di 20 o 30

anni, ma tuttavia problematico, in quanto costituisce un impedimento al consolidarsi di soluzioni progettuali e costruttive e dei relativi criteri di verifica e validazione.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] A. Hoseini, N. Dahlan, U. Berardi, A. Hoseini, N. Makaremi, M. Hoseini, *Sustainable Energy performances of green buildings: A review of current theories, implementations and challenges*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 25 (2013) 1–17.
- [2] D. H. W. Li, L. Yang, J. C. Lam, *Zero energy buildings and sustainable development implications – A review*, Energy 54 (2013) 1–10.
- [3] I. Sartori, A. Napolitano, K. Voss, *Net zero Energy buildings: A consistent definition framework*, Energy and Buildings, in press.
- [4] M. Kapsalaki, V. Leal, M. Santamouris, *A methodology for economic efficient design of Net Zero Energy Buildings*, Energy and Buildings 55 (2012) 765–778.
- [5] H. Lund, A. Marszal, P. Heiselberg, *Zero energy buildings and mismatch compensation factors*, Energy and Buildings 43 (2011) 1646–1654.
- [6] J. S. Bourrelle, I. Andresen, A. Gustavsen, *Energy payback: An attributional and environmentally focused approach to energy balance in net zero energy buildings*, Energy and Buildings 65 (2013) 84–92.
- [7] S. Aggerholm, H. Erhorn, R. Hitchin, H. Erhorn-Kluttig, B. Poel, K. Englund Thomsen, K. B. Wittchen, *Cost optimal levels for energy performance requirements*, EPBD-CA, 2011.
- [8] Directive 2002/91/EC of the European parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings.
- [9] Regulation (EC) No 1137/2008 of the European parliament and of the Council of 22 October 2008 adapting a number of instruments subject to the procedure laid down in Article 251 of the Treaty to Council Decision 1999/468/EC, with regard to the regulatory procedure with scrutiny – Adaptation to the regulatory procedure with scrutiny — Part One.
- [10] Directive 2010/31/EU of the European parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast).
- [11] *Commission Staff working paper – Impact Assessment Accompanying the document: "Com-*

communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Energy Roadmap 2050”, SEC(2011) 1565 final, European Commission, 2011.

[12] <http://epp.eurostat.ec.europa.eu>

[13] [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php)

[14] <http://unfccc.int/2860.php>

[15] [http://ec.europa.eu/europe2020/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/europe2020/index_en.htm)

[16] *Communication from the Commission to the European parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – Energy 2020 – A strategy for competitive, sustainable and secure energy*, COM(2010) 639 final, European Commission, 2010.

[17] *Impact assessment - Accompanying the document Communication from the Commission to the Council, the European parliament, the European economic and social Committee and the Committee of the regions – Energy Roadmap 2050* (SEC(2011) 1565 final), European Commission, 2011.

[18] *Communication from the Commission – Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential*, COM(2006) 545 final, European Commission, 2006.

[19] Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings by establishing a comparative methodology framework for calculating cost-optimal levels of minimum energy performance requirements for buildings and building elements.

[20] Guidelines accompanying Commission Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings by establishing a comparative methodology framework for calculating cost-optimal levels of minimum energy performance requirements for buildings and building elements.

[21] H. P. Barringer, *A Life Cycle Cost Summary*, International Conference of Maintenance Societies, 2003.

[22] EN 15459:2008, Energy performance of buildings. Economic evaluation procedure for energy systems in buildings.

[23] TABULA <http://www.building-typology.eu/tabula.html>

[24] *BP statistical review of world energy June 2012*, British Petroleum, 2012.

[25] *European energy and transport trends to 2030 – update 2007*, European Commission, 2008.

[26] *EU Energy trends to 2030 – Update 2009*, European Commission, 2010.

[27] *Power Statistics & Trends 2011 – synopsis*, Eurelectric, 2011.

[28] Directive 2003/87/EC of the European parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC.

[29] Directive 2009/29/EC of the European parliament and of the Council of 23 April 2009 amending Directive 2003/87/EC so as to improve and extend the greenhouse gas emission allowance trading scheme of the Community.

[30] B. Leguet, N. Fujiwara, A. Georgiev, *The EU Emissions Trading Scheme as a driver for future carbon markets*, Centre for European Policy Studies, 2012.

[31] <http://www.co2prices.eu>

[32] *Impact assessment - Accompanying document to the communication from the Commission to the European parliament, the Council, the European economic and social Committee and the Committee of the regions - A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050* (SEC (2011) 288 final), European Commission, 2011.