



POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Valutazione dei benefici connessi al risparmio energetico degli edifici: un approccio econometrico

Original

Valutazione dei benefici connessi al risparmio energetico degli edifici: un approccio econometrico / Bottero, M. C. ; Bravi M.. - In: GEAM. GEOINGEGNERIA AMBIENTALE E MINERARIA. - ISSN 1121-9041. - STAMPA. - :3(2014), pp. 15-24.

Availability:

This version is available at: 11583/2595754 since: 2016-01-05T16:25:03Z

Publisher:

PATRON EDITORE

Published

DOI:

Terms of use:

openAccess

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)

Valutazione dei benefici connessi al risparmio energetico degli edifici: un approccio econometrico

Marta Bottero*
Marina Bravi*

* Dipartimento di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio (DIST), Politecnico di Torino, Torino

La certificazione energetica attesta la prestazione o rendimento energetico degli edifici ed è stata introdotta dalla Direttiva Europea 2002/91/CE come strumento di informazione e trasparenza del mercato immobiliare. Questo lavoro mira a indagare il contributo della certificazione energetica al valore di mercato di un immobile. In particolare, lo studio propone un'applicazione del metodo dei prezzi edonici (hedonic prices method) a un campione di immobili residenziali localizzati nella città di Torino con l'obiettivo di valutare la disponibilità a pagare degli acquirenti nei confronti di edifici energeticamente efficienti. I risultati dell'applicazione mostrano l'esistenza di un apprezzamento dei consumatori per le classi a rendimento energetico più elevato e ciò appare coerente con quanto riscontrato in altri studi a livello internazionale. Tuttavia, anche se incoraggianti, i risultati ottenuti appaiono suscettibili di ulteriori verifiche, anche attraverso una possibile integrazione con la metodologia del cost optimal.

Parole chiave: certificazione energetica degli edifici, metodo dei prezzi edonici, valutazione costi-benefici ambientali, disponibilità a pagare, mercato immobiliare.

Valuing benefits from buildings energy savings: an econometric approach. Energy certification attests the buildings energy performance and it was introduced by the European Directive 2002/91/CE as a tool for supporting information and transparency in real estate markets. The present paper intends to investigate the role of the energy certification in the formation of the market value of an estate. In particular, the study proposes an application of the Hedonic Prices method on a sample of residential buildings located in the city of Torino. The objective of the application is to determine the willingness to pay of the buyers with respect to energy-efficient buildings. The outputs of the research show that the consumers demonstrate to appreciate high energy performance classes and this results is aligned with the main findings coming from other international scientific studies. The obtained results could be further verified through the integration of the proposed approach with the cost-optimal methodology.

Keywords: building energy certification, hedonic price method, environmental costs-benefits evaluation, willingness to pay, real estate market.

Evaluation des bénéfices provenant des économies énergétique des bâtiments: un approche économétrique. La certification énergétique atteste la prestation énergétique des bâtiments; elle a été introduite par la Directive Européenne 2002/91/CE avec l'objectif de supporter la transparence et les informations dans le marché immobilier. L'article vise à explorer la contribution de la certification énergétique dans la formation de la valeur économique des immeubles. En particulier, l'étude propose une application de la méthode des prix hédoniques à un échantillon des bâtiments résidentiels localisés dans la ville de Turin avec l'objectif d'évaluer le consentement à payer pour bâtiments qui sont très efficaces du point de vue énergétique. Les résultats de l'application démontrent que les consommateurs apprécient les classes énergétiques les plus performantes; le résultat est en ligne avec les conclusions d'autres études internationales. Les conclusions de l'application pourraient être ultérieurement validés par le biais d'une intégration de l'approche proposé dans l'article avec la méthodologie du cout optimal.

Mots clés: certification énergétique des bâtiments, méthode des prix hédoniques, évaluation des couts-bénéfices environnementaux, consentement à payer, marché immobilier.

1. Introduzione

La certificazione energetica attesta la prestazione o rendimento energetico di un edificio, cioè il fabbisogno annuo di energia necessaria per soddisfare i servizi di climatizzazione estiva e invernale, il riscaldamento dell'acqua per uso domestico, la ventilazione e l'illuminazione. La certificazione energetica è stata introdotta dalla Comunità Europea nel 2002 – Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings (EPBD) – ed è stata recepita in Italia dal D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 192. Uno dei suoi punti cardine è l'introduzione dell'Attestato di Certificazione Energetica (ACE) di cui tutti gli edifici devono essere dotati. In esso sono riportati tutti i valori relativi ai consumi energetici dell'edificio e un indice di prestazione finale, o livello di costo ottimale, utile per collocare l'immobile in una classe energetica dalla A alla G (energy labeling) dove la classe A è quella associata ai consumi più bassi. Nell'intenzione dei legislatori, esso rappresenta lo strumento per orientare il settore edilizio e il mercato immobiliare verso una domanda/offerta di immobili sempre più efficienti dal punto di vista energetico¹. In realtà, la valutazione del

¹ Secondo quanto stabilito dalle linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici (Decreto Ministeriale 26/6/2009), l'ACE è infatti necessario nei seguenti casi: a) vendita di un immobile; b) locazione di un immobile; c) annunci commerciali per vendita e locazione di immobili (dal 1 gennaio 2012); d) edifici

livello di costo ottimale tiene conto necessariamente dei singoli elementi costruttivi, di cui l'edificio è dotato, in quanto bene composito. Ad esempio, il livello di costo ottimale della caldaia dipende dalla durata, o ciclo di vita, dal costo iniziale più i costi di manutenzione, assieme ai ricavi generati dal risparmio energetico e la stessa cosa vale per tutti i componenti dell'edificio, ciascuno con le proprie caratteristiche.

La certificazione energetica degli edifici dev'essere di fatto, attuata da un tecnico esperto indipendente, secondo l'art. 10 della Direttiva 2002/91/EC, di modo che più soggetti potrebbero valutare le prestazioni energetiche e applicare la classificazione. Di conseguenza, una corretta attribuzione della classe dipende anche dalle capacità di valutazione degli esperti e non meno importante risulta il modo in cui essa viene recepita e comunicata all'utente finale, proprietario o locatario.

Mentre esiste una certa mole di letteratura sul problema della regolamentazione in questo settore (Anderson & Newell, 2004; Garcia Casal, 2006) e sulla minore o maggiore attendibilità dei metodi per la valutazione dei costi energetici² (Fabbri

di nuova costruzione; e) ristrutturazione integrale; f) demolizione e ricostruzione in manutenzione straordinaria; g) interventi migliorativi della prestazione energetica a seguito di interventi di riqualificazione che riguardino almeno il 25% della superficie esterna dell'immobile; h) interventi di riqualificazione degli impianti di climatizzazione e di produzione di acqua calda sanitaria con un rendimento più alto di almeno cinque punti percentuali rispetto ai sistemi preesistenti; i) interventi di ristrutturazione impiantistica o di sostituzione di componenti o apparecchi che possano ridurre la prestazione energetica dell'edificio.

² Il calcolo dell'energia incorporata e l'analisi del ciclo di vita (life cycle analysis) vengono considerati fondamentali per la valutazione dei costi/benefici

et al., 2011), pochi studi sono stati sviluppati per valutare l'effettivo apprezzamento, da parte del mercato e dei consumatori finali, di un edificio energeticamente efficiente, piuttosto che obsoleto. A tale proposito, questo articolo si occupa di valutare la *disponibilità a pagare* degli acquirenti nel mercato dell'edilizia residenziale per ottenere un prodotto di questo tipo, tenendo conto dell'effettiva complessità e segmentazione dei mercati immobiliari. In tale direzione, il lavoro è articolato come segue: nel primo paragrafo sono descritte le caratteristiche dei mercati immobiliari urbani – con particolare riferimento al caso italiano – nei quali le nuove offerte di edifici energeticamente efficienti vanno oggi a inserirsi, mentre nel secondo paragrafo è descritta la metodologia standard utilizzata nella valutazione dei prezzi marginali impliciti di una proprietà immobiliare – *metodo dei prezzi edonici* – che appare idonea a valutare i benefici ottenibili, per i proprietari, nel passaggio dalle classi energetiche meno efficienti a quelle più performanti. Nel terzo paragrafo, a scopo esemplificativo e argomentativo, è preso in considerazione un caso di studio, attraverso il quale è testata la suddetta metodologia.

L'articolo si inserisce nel dibattito in merito alla disponibilità a pagare degli utenti nei confronti di benefici di carattere ambientale. In particolare, il lavoro può fornire un valido supporto per confrontare l'andamento dei costi ottimali del risparmio energetico, secondo l'*ener-*

energetici, nonostante non siano ancora stati integrati completamente e in modo omogeneo nella normativa relativa alla certificazione energetica degli edifici. In questo campo è possibile richiamare la metodologia del *cost optimal*, prevista dalla Direttiva Europea 2013/31/UE. Si tratta di una procedura per il calcolo del livello energetico ottimale di un edificio attraverso la valutazione del costo economico globale esaminato rispetto al ciclo di vita dei singoli componenti edilizi.

gy labeling, per verificare se esiste un differenziale di valore interpretabile come *beneficio ambientale puro*. In altre parole, qual è il vantaggio che gli acquirenti sono oggi in grado di apprezzare e valutare? Il risparmio che è effettivamente incamerato dal proprietario e che necessariamente dovrebbe essere, in una situazione di equilibrio, uguale al costo anticipato, oppure un valore superiore, interpretabile, almeno in parte, come beneficio da effetto esterno? Queste considerazioni sono trattate, anche dal punto di vista econometrico, nel secondo paragrafo e nelle conclusioni di questo lavoro. Ciò consente di entrare nel vivo di una precedente discussione, che ha riguardato l'applicazione dei metodi indiretti per la valutazione dei benefici ambientali e di riportarla all'attualità in relazione a un problema di rilevante interesse.

2. Mercati immobiliari urbani e domanda/offerta di edifici energeticamente efficienti

Lo stock immobiliare censito negli archivi catastali italiani al 31 dicembre 2012 consiste in circa 72 milioni di immobili o loro porzioni. Non considerando i beni comuni non censibili e gli immobili in lavorazione, la maggior parte di questo stock è censito nel gruppo A (oltre il 50%) e nel gruppo C (quasi il 40%), dove sono comprese le abitazioni e le rispettive pertinenze (Agenzia delle Entrate, 2012). Di questo stock, almeno il 70% è stato costruito prima che fosse introdotta qualsiasi norma sulla prestazione energetica, poiché la legge 373/1976 è la prima che contempli *Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici*. Come ricordato poco sopra, la legislazione nazionale recepisce la normativa europea sul risparmio energetico solo nel 2005, e si può dire che essa diventi operativa – attraverso l'obbligo dell'ACE – dal

2009 in poi, interessando segmenti sempre più ampi di immobili.

L'offerta immobiliare nel comparto delle nuove costruzioni non ha potuto dunque che adeguarsi a un panorama mutato, ove la sensibilità degli acquirenti nei confronti dell'ammontare della spesa energetica in capo al nucleo familiare risultava accresciuta. Una caratteristica dell'edificio, precedentemente trascurata, è emersa infatti come rilevante a causa di una serie di fenomeni. A tale proposito, occorre, prima di tutto, ricordare che l'Italia presenta una situazione contraddittoria dal punto di vista dei costi energetici. Come è noto, essa sconta un differenziale nei prezzi medi dei servizi energetici con i principali paesi europei che, in genere, si traduce in valori più alti della media, nonostante le cause di tali differenziali non siano sempre chiaramente identificabili: tassazione più elevata, deficit di infrastrutture, mix energetico, ecc.³ In secondo luogo, risulta modificata anche la percezione della qualità di un immobile residenziale. Se nel passato si era soliti valutare, prima di tutto, caratteristiche quali la dimensione dell'immobile, il livello qualitativo delle finiture esterne/interne e la presenza degli impianti essenziali, oggi si è sempre più attenti alle caratteristiche prestazionali dell'edificio, che possono incorporare componenti tecnologiche o riguardare soluzioni tipologiche, ma anche prevedere l'utilizzo di nuovi materiali da costruzione.

D'altra parte, dal punto di vista imprenditoriale, a partire dal rap-

³ In relazione alla media dei prezzi della EU27, l'Italia paga un prezzo per i prodotti energetici nel complesso del 18% più alto. Tuttavia, questo differenziale varia molto a seconda dei prodotti e della tipologia di utenze: si va da prezzi sostanzialmente allineati con la media europea per il gas a uso domestico, sino a prezzi del 40% più elevati nel caso dell'elettricità per usi non domestici (Ronchi *et al.*, 2013).

porto tra valore di mercato e costo di produzione, il profitto generato dalla realizzazione di edifici certificati può essere più o meno elevato secondo le tendenze del mercato attuale e potenziale. L'investimento in nuovi prodotti e il loro relativo posizionamento appaiono infatti giustificati nella misura in cui la domanda è in grado di esprimere bisogni insoddisfatti – tenuto conto delle profonde differenze tra mercati industriali e immobiliari – oppure l'innovazione è imposta dalla normativa, come nel caso dell'obbligo della ACE. Alcuni studi, riferiti però al solo contesto statunitense, suggeriscono che il sovra-profitto ottenibile da edifici certificati si attesta mediamente su percentuali molto basse, attorno al 2-3% (Eichholtz *et al.* 2013), mentre altri valutano incrementi sino al 24-25% in riferimento al comparto dell'edilizia commerciale (Fuerst e McAllister, 2011), ma in Italia non esistono risultati comparabili basati su valutazioni altrettanto oggettive. Inoltre, la congiuntura di mercato può incidere profondamente sulle condizioni dell'offerta, nel determinare ad esempio il rapporto tra sotto-mercati del nuovo e dell'usato, rendendo più o meno accessibile/rarefatto il prodotto certificato⁴.

⁴ Quando si misura la variazione della domanda derivante dall'introduzione di un nuovo prodotto, si osservano generalmente due effetti separati: da un lato, si nota uno spostamento dovuto alla maggiore differenziazione – segmentazione – mentre, dall'altro, si verifica un puro effetto di prezzo, derivante dalle variazioni dei prezzi dei prodotti esistenti in seguito all'introduzione di quello nuovo. In campo immobiliare, ciò si verifica ogni qual volta il patrimonio viene rinnovato attraverso l'introduzione di edifici eventi caratteristiche tecniche e prestazionali più avanzate, che rendono obsolete quelle precedenti. Non va tuttavia sottovalutato che un immobile, in quanto bene a utilità ripetuta, è soggetto a un decadimento dovuto all'usura dei suoi componenti. Quest'ultima non va confusa con

Il ciclo immobiliare che si è recentemente concluso con la crisi finanziaria internazionale e con la successiva stagnazione delle compravendite e dei valori – assieme a un sensibile ridimensionamento del volume del credito erogato a sostegno della domanda – si è sicuramente contraddistinto per l'inserimento, in particolare nel segmento residenziale, di immobili nuovi con caratteristiche tecniche e prestazionali assai differenti rispetto al passato. Si tratta, come si è detto, di un'offerta limitata alle nuove costruzioni – o meglio, a una loro quota parte – che si è inserita per lo più in contesti urbani ove la maggior parte degli edifici è collocabile in classe energetica E o F. Nel "Rapporto Annuale sull'andamento del mercato immobiliare urbano 2013. Valori, trend di mercato e previsioni per il 2014" di FIAIP/I-COM/ENEA si evidenzia infatti come gli aspetti legati all'efficienza energetica non rappresentino ancora una variabile pienamente significativa per la determinazione del prezzo di vendita di un immobile. Il 70% delle abitazioni vendute nel 2013 risulta infatti in classe energetica G e, purtroppo, nonostante la legge in vigore, nella stessa classe ricade anche il 20% di abitazioni di nuova costruzione. Si tratta dunque ancora di un segmento di domanda limitato, che potrebbe essere considerato come il target di punta del mercato dell'edilizia residenziale.

il fenomeno dell'obsolescenza funzionale e tecnologica che caratterizza i prodotti che vengono sostituiti con soluzioni più performanti. La differenza nei confronti dei prodotti industriali riguarda piuttosto il fatto che gli edifici obsoleti non scompaiono necessariamente dal mercato, ma vanno a occupare segmenti diversi e di livello inferiore, almeno sino al loro totale rinnovamento o alla loro definitiva demolizione. In altre parole, nei mercati immobiliari, il processo di sostituzione dei prodotti risulta molto più lento, se non addirittura ostacolato da condizioni oggettive.

Nondimeno, può risultare interessante da indagare, proprio perché si configura come sufficientemente segregato per poter essere analizzato e valutato.

3. Valutazione dei benefici connessi al risparmio energetico degli edifici: il metodo dei prezzi edonici

Caratteristica fondamentale dei mercati immobiliari urbani è infatti la loro complessa stratificazione e segmentazione. Come risaputo, la localizzazione di un immobile è essenziale, poiché è il territorio a definire, per primo, un sotto-mercato come insieme di valori posizionali, culturali e ambientali. L'edificio si colloca all'interno di esso, di modo che esiste una certa indipendenza, ancorché non perfetta, tra caratteristiche immobiliari, intrinseche ed estrinseche (Simonotti, 2006). Nel tempo, sono state messe a punto metodologie standard atte a isolare e stimare il contributo di queste ultime. Il metodo dei prezzi edonici (*hedonic prices method*) è infatti considerato idoneo a valutare prodotti differenziati, coerentemente alla teoria di Lancaster (1966) e al contributo pioniere di Rosen (1974). Secondo tale impostazione, il bene immobile può essere considerato come un insieme di attributi, in grado di apportare utilità al consumatore, tutti facenti parte della funzione di prezzo edonico, di modo che:

$$P = f(z_1, z_2, \dots, z_n)$$

ove P è il valore di mercato (prezzo) e (z_1, z_2, \dots, z_n) sono caratteristiche strutturali e posizionali che fanno parte del modello empirico - estimativo - come variabili dipendenti. I prezzi marginali, relativi a ciascun attributo, sono indicativi di un mercato implicito, le cui domande/offerte sono identificabili, sia nel breve, sia nel lungo periodo.

Sebbene le proprietà certificate/non certificate non possano essere considerate perfette sostitute all'interno del mercato, è possibile assumere, almeno per il target di eco-consumatori, che la loro funzione utilità vari in relazione alla classe energetica degli edifici. La funzione valore θ_{zi} , per un incremento di classe energetica, si determina in presenza di tutti gli altri attributi rilevanti e della funzione utilità u_x , relativa a tutti gli altri beni consumati, nel rispetto del vincolo di bilancio r . Ora, se la funzione di prezzo edonico $P(\cdot)$ rappresenta un segmento del mercato immobiliare, le sue derivate parziali $\delta P_n / \delta z_i$ relative alla caratteristica indagata forniscono i prezzi marginali impliciti. L'individuo renderà massima la sua utilità, spostandosi da un livello di prezzo a un altro, sino al punto in cui la sua disponibilità a pagare marginale, o prezzo di riserva, sarà eguagliata. Quel punto, se il consumatore è in equilibrio, rappresenta anche la misura monetaria ricercata.

Dal punto di vista dei produttori, sempre in una situazione di equilibrio, tenuto conto della quantità

ottimale da produrre, la funzione valore ϕ_{zi} in corrispondenza di un incremento di classe energetica, si determina nel punto di tangenza tra la curva di indifferenza relativa ai livelli di costo e sovraprofitto per ciascun attributo aggiuntivo e la superficie dei prezzi di mercato impliciti. In Figura 1 sono rappresentate le derivate prime della funzione di prezzo edonico, pari a θ_{zi} per il consumatore e a ϕ_{zi} per il produttore, in presenza di edifici con livelli crescenti di qualità energetica. L'incontro tra domanda e offerta definisce la funzione di prezzo marginale implicito p_z in corrispondenza dell'attributo z_i .

Le condizioni di applicabilità della stima di una funzione di prezzo edonico e della sua possibile interpretazione quale valutazione della disponibilità a pagare al variare della quantità di una certa caratteristica sono state a lungo discusse e ciò ha prodotto una considerevole mole di letteratura sull'argomento (Bravi, 2000; Palmquist, 2004). Non potendo, in questa sede, riassumere interamente tale discussione, ci si limita a segnalare il nodo critico che trova

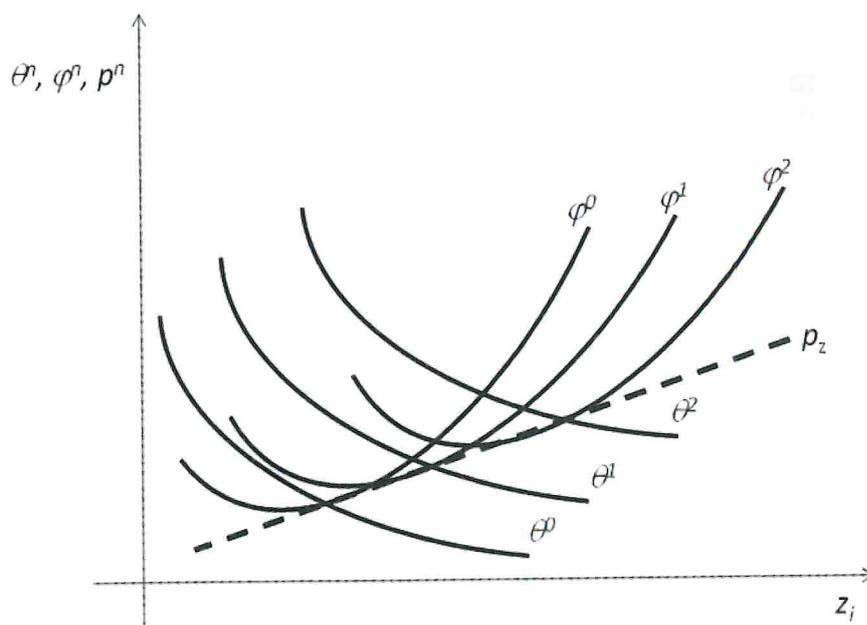


Fig. 1. Funzioni di prezzo implicito (domanda/offerta) e prezzi di riserva in condizioni di equilibrio (Fonte: nostra elaborazione da Fuerst e McAllister, 2011, p. 52).
Implicit price (demand/supply) and reserve price functions in equilibrium conditions (source: elaboration of the authors from Fuerst and McAllister, 2011, p. 52).

riscontro nell'esemplificazione che viene illustrata nel successivo paragrafo.

È bene, prima di tutto, ricordare che il mercato immobiliare non presenta sempre le proprietà che sarebbero necessarie per la stima delle funzioni di domanda e offerta di prezzo implicito secondo il modello originario di Rosen. Ad esempio, soltanto quando i prezzi marginali impliciti sono esogeni al consumatore – condizioni di perfetta elasticità – o quando essi possiedono redditi e sistema di preferenze identici, è possibile interpretare la funzione di prezzo implicito come quella di domanda inversa per la caratteristica in esame, la quale si ottiene, come evidenziato più avanti, regredendo i prezzi marginali e le corrispondenti quantità in z_i .

Inoltre, condizioni di perfetta elasticità, in cui i costi marginali sono costanti, fanno riferimento alla situazione del mercato nel lungo periodo, mentre, in una prospettiva di breve periodo, l'offerta è rigida e i consumatori sono disponibili a pagare un differenziale di prezzo maggiore per poter accedere a un mercato di nicchia, come quello delle abitazioni certificate, in cui, a un incremento nel costo di produzione, corrisponde un aumento della disponibilità a pagare dell'acquirente. Passando a segmenti abitativi sempre meno performanti, ci si trova necessariamente ad aver a che fare con differenti sotto-mercati e con diversi prezzi di equilibrio. Ciò ha notevoli ripercussioni dal punto di vista econometrico. Infatti, in situazioni di mercato intermedie – né di elasticità, né di rigidità – occorre, stimare simultaneamente domanda e offerta, il che comporta notevoli complicazioni operative (Freeman, 1993).

Tuttavia, almeno teoricamente, le curve di domanda tendono a convergere nel lungo periodo, perché si presume che la disponibilità a pagare marginale degli eco-consumatori diminuisca quando la quantità offer-

ta di immobili certificati aumenta. Ciò significa che, quando il prezzo di riserva tende a zero, le quantità di edifici performanti e non sono eguali, il che, per le considerazioni fatte precedentemente a proposito dei mercati immobiliari urbani, non si verifica mai, nella realtà.

4. Valutazione dei benefici connessi al risparmio energetico degli edifici: un'esemplificazione

Al fine di esemplificare le condizioni concrete e tendenzialmente ideali per la stima della funzione di domanda di qualità energetica degli edifici, il metodo dei prezzi edonici presentato al paragrafo 2 è stato applicato ad un caso studio reale. In particolare, l'applicazione fa riferimento ad un segmento specifico del mercato immobiliare relativo al settore delle nuove costruzioni. Viene di conseguenza ipotizzato che il produttore sostenga un costo in corrispondenza di ciascun componente aggiuntivo, con l'obiettivo di raggiungere il massimo livello di certificazione energetica e allo scopo di intercettare il target di consumatori la cui disponibilità a pagare per quel tipo di prodotto è maggiore. Si fa inoltre l'ipotesi che, all'interno di una nicchia di mercato, anche le condizioni reddituali e le preferenze degli acquirenti siano omogenee.

Più nello specifico, il sotto-mercato preso in esame fa riferimento a

edifici residenziali di nuova costruzione, localizzati in un'area semi-centrale della città di Torino, ubicata tra borgo San Paolo, Pozzo Strada, Marmolada-Spina1 e Aurora-Rossini, le cui caratteristiche costruttive e tipologiche consentono di collocarli in un segmento di tipo medio signorile (Toli, 2013). Si tratta di 79 edifici multipiano e multiproprietà composti da ca. 790 appartamenti; da questo universo è stato estratto un campione di 79 compravendite, una per edificio, la cui superficie commerciale varia tra 46 e 85 m². La fonte dei dati fa capo a un'indagine diretta presso agenzie di intermediazione immobiliare. Sono state individuate le seguenti caratteristiche rilevanti, che entrano a far parte della funzione di prezzo edonico:

- *superficie* (MQ): misurata sulla scala cardinale, la variabile rappresenta la superficie commerciale in m²;
- *piano* (PIANO): misurata sulla scala ordinale, rappresenta il livello del piano in cui è ubicato l'immobile considerato, ove 0 corrisponde al piano terreno o rialzato;
- *classe energetica* (CLASSE): la variabile fa riferimento alla classe energetica dell'immobile; essa è misurata sulla scala ordinale, dove il valore 5 corrisponde alla classe A, il valore 4 alla classe B, il valore 3 alla classe C, il valore 2 alla classe D e il valore 1 alle classi E, F e G; l'intervallo di variazione è quindi leggermente più ristretto rispetto alla classificazione originaria poiché incorpora le

Tab. 1. Statistiche descrittive campionarie (fonte: nostra elaborazione).
Descriptive statistics of the sample (source: elaboration of the authors).

	N	Minimo	Massimo	Media	Deviazione st.
PRZ	79	126500.00	302000.00	205275.95	50823.84
MQ	79	46.00	95.00	74.53	13.80
PIANO	79	0.00	8.00	2.34	1.72
CALSSE	79	1.00	5.00	3.59	1.20
PRZ_MQ	79	2042.25	3961.54	2751.22	435.66

Tab. 2. Stima della funzione di prezzo edonico. Confronto tra forme funzionali (fonte: nostra elaborazione).
Estimation of the hedonic price function. Comparison between functional forms (source: elaboration of the authors).

Forma funzionale	Performance del modello					Parametri stimati		
	R ²	F	gl1	gl2	Sig.	Constant	b1	b2
Lineare	.641	139.128	1	78	.000	-13344.755	2936.365	
Logaritmica	.622	128.175	1	78	.000	-692339.719	209177.034	
Quadratica	.645	70.076	2	77	.000	80817.286	313.361	17.607
Esponenziale	.654	147.119	1	78	.000	67352.956	.015	

Variabile dipendente: PRZ; variabile indipendente: MQ.

classi prevalenti nel patrimonio, ma meno numerose nel segmento delle nuove costruzioni;

- prezzo (PRZ): la variabile si riferisce al prezzo totale esplicito dell'immobile registrato nel corso del 2012; il modello fa di conseguenza riferimento all'equilibrio nel breve periodo.

In Tabella 1 sono contenute le statistiche descrittive del campione. Si osserva semplicemente che il prezzo varia da un minimo di 126500 € a un massimo di 302000 €; la superficie, come già richiamato precedentemente, tra 46 e 95 m²; gli appartamenti si collocano e il nono piano; tutte le classi energetiche sono presenti nel campione indagato.

La forma delle funzioni di prezzo edonico e di prezzo implicito/disponibilità a pagare non è, come risaputo, conosciuta a priori. Va tuttavia sottolineato che l'ipotesi teorica illustrata poco fa presume che debba essere impiegata, in prima istanza, una forma non lineare tra quelle convenzionalmente

adottate per interpolare questo tipo di dati e che, successivamente, occorra decidere come descrivere, nel miglior modo possibile, la funzione di domanda per la caratteristica indagata. Se la forma funzionale prescelta deve rispettare gli assunti di partenza, anche il segno delle derivate prime dev'essere coerente: positivo, se l'obiettivo della valutazione è un beneficio, negativo se è un costo. Nel nostro caso il segno atteso è positivo. Si procede dunque all'implementazione del miglior modello che interpreta la struttura empirica dei dati. In Tabella 2 sono contenuti i risultati di questo primo confronto.

Pur considerando un'unica variabile indipendente, ancorché la più importante e non contemplando ancora il contributo della classe energetica, appare evidente che la forma moltiplicativa esponenziale ottiene la miglior performance con un R² pari a 0,654. In questo tipo di modello, ci si attende infatti che la superficie commerciale contribuisca

all'interpretazione della variazione del prezzo in misura maggiore: la sua presenza è pertanto indispensabile. Sulla base di queste prime indicazioni, si procede all'implementazione della funzione di prezzo edonico nella seguente forma:

$$PRZ = \alpha MQ^{\beta 1} CLASSE^{\beta 2} PIANO^{\beta 3} \epsilon$$

la quale fornisce la stima dei parametri, contenuti in Tabella 3, e delle derivate parziali, le cui statistiche descrittive sono presentate in Tabella 4. Si tenga presente che la variabile PIANO non soddisfa il test di significanza statistica e pertanto viene esclusa dal modello in forma ridotta, il quale contempla, in definitiva, soltanto due variabili indipendenti. Ciò non toglie nulla all'efficacia esplicativa del modello, il quale, al contrario, risulta più semplice. In questo modo, si fa l'ipotesi che gli acquirenti siano interessati a considerare due fondamentali aspetti nella scelta di un appartamento: l'ampiezza e la performance energe-

Tab. 3. Funzione di prezzo edonico. Stima dei coefficienti del modello di regressione multipla non lineare (forma moltiplicativa esponenziale) (fonte: nostra elaborazione).

Hedonic price function. Estimation of the coefficients of the non linear multiple regression model (exponential multiplicative form) (source: elaboration of the authors).

Parametri del modello	Valore dei coefficienti	Errore st. dei coefficienti	Intervallo di confidenza al 95%	
			Estremo destro	Estremo sinistro
α	2471.614	920.092	639.475	4303.752
$\beta 1$.968	.087	.795	1.142
$\beta 2$.198	.045	.109	.287

R² = 1 - (Somma dei quadrati residui) / (Somma dei quadrati corretti) = 0,716.

AMBIENTE E SICUREZZA

Tab. 4. Statistiche descrittive dei prezzi marginali impliciti (derivate parziali) (fonte: nostra elaborazione).

Descriptive statistics of the marginal implicit prices (partial derivatives) (source: elaboration of the authors).

	N	Minimo	Massimo	Media	Deviazione St.
$d(\text{PRZ})/d(\alpha)$	79.00	48.47	113.22	83.12	17.59
$d(\text{PRZ})/d(\beta_1)$	79.00	480121.20	1274313.09	889704.31	222645.93
$d(\text{Pred})/d(\beta_2)$	79.00	0.00	450369.61	257517.83	113478.83

tica dell'edificio, stanti le altre caratteristiche eguali/non rilevanti. Si noti che il coefficiente di determinazione corretto è pari al 71,6% della variazione totale dei prezzi.

Sulla base dei primi risultati si procede a implementare la funzione di prezzo implicito e disponibilità a pagare. Dall'osservazione della Figura 2 emerge che la funzione che meglio interpreta la distribuzione empirica dei dati non è probabilmente di tipo lineare. In altre parole, a un incremento di classe energetica, il differenziale di prezzo implicito risulta più che proporzionale. Ciò significa che si è disposti a pagare di più per passare dalla classe intermedia alle ultime due, piuttosto che da quella più bassa per raggiungere quella intermedia. Si ricorda infatti che la classe energetica degli edifici è una variabile ordinale, che esprime semplicemente una posizione più alta o più bassa all'interno di una classifica e ove le distanze inter-classe non sono misurabili, se non in termini di differenziale monetario, una volta ricavati i parametri della funzione di domanda. Infatti, essa fa riferimento alla presenza di componenti aggiuntive nell'edificio – pannelli fotovoltaici, cappotto esterno, tipo di riscaldamento, tipo di serramenti, ecc. – e alla loro performance in termini di risparmio energetico.

La disponibilità a pagare per passare da una classe all'altra – interpretabile dunque anche in termini di variazione di benessere – risulta computabile per mezzo dell'integrale definito della funzione, di cui sono

noti i parametri, tra il livello di classe energetica in cui si trova l'edificio e quello che si intende raggiungere, come ad esempio, tra 0 e 1, tra 3 e 4 e così via. La stima dei coefficienti, la significanza statistica e l'adattamento del miglior modello sono presentati in Tabella 5. Da essa si deduce che la funzione quadratica è quella che presenta il coefficiente di deter-

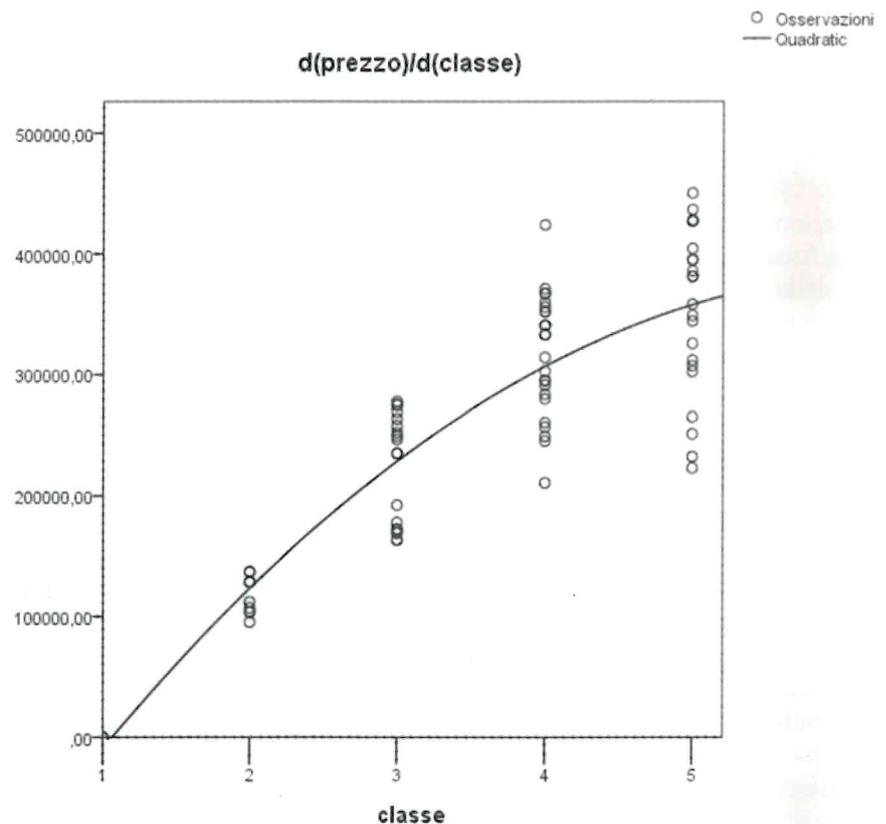


Fig. 2. Funzione di prezzo implicito/disponibilità a pagare secondo la classe energetica degli edifici (fonte: nostra elaborazione).

Implicit price function/willingness to pay with reference to the buildings energy classes (source: elaboration of the authors).

Tab 5. Stima della funzione di prezzo implicito. Confronto tra forme funzionali (fonte: nostra elaborazione).

Estimation of the implicit price function. Comparison between functional forms (source: elaboration of the authors).

Forma funzionale	Performance del modello					Parametri stimati		
	R ²	F	gl1	gl2	Sig.	Constant	b1	b2
Lineare	.791	291.577	1	77	.000	-42777.310	83444.801	
Logaritmica	.810	329.183	1	77	.000	-27161.246	236227.580	
Quadratica	.820	173.372	2	76	.000	-162003.489	167876.789	-12839.344
Esponenziale	.714	179.810	1	72	.000	73913.353	.329	

Variabile dipendente: $\Delta\text{PRZ}/\Delta\beta_2$; variabile indipendente: CLASSE.

Tab. 6. Stime della DAP e dei flussi di benefici secondo la classe energetica (fonte: nostra elaborazione).

Estimation of the WTP (Willingness To Pay) and benefits flows according to the energy classes (source: elaboration of the authors).

Classe energetica	DAP totale (Euro)	Δ DAP secondo la classe energetica (Euro)	Flusso di beneficio annuo (Euro)	
A	383040.85	26,644.00	11491.23	5
B	356396.85	52,322.69	10691.91	4
C	304074.16	78,001.38	9122.22	3
D	226072.78	103,680.07	6782.18	2
E	122392.71	122,392.71	3671.78	1
F-G	0.00	0	0	0

minazione più elevato (0,82). In Tabella 6 sono invece esplicitati i risultati delle stime della disponibilità a pagare in corrispondenza dei diversi livelli di classe energetica, in termini di differenziale tra un segmento e l'altro del mercato.

Per una maggiore leggibilità delle medesime, occorre tenere presente che si fa riferimento al singolo appartamento, *ceteris paribus*, ossia nelle condizioni intermedie qui esaminate – un immobile di ca. 75 m² localizzato nella zona oggetto dell'indagine – tenuto conto che la misurazione dei costi dei diversi componenti edilizi, qualora venisse effettuata, potrebbe dare un'indicazione in termini di differenziale, oppure di rapporto beneficio-costi, ma sarebbe necessario operare tenendo conto più che altro dell'edificio. A tale scopo, il valore viene anche calcolato al m² per consentire di ragionare sull'ammontare dei benefici e sul prezzo di riserva che gli acquirenti ricavano in corrispondenza delle diverse classi, avendo di fronte a sé un certo prezzo al m² di superficie commerciale che è espressione del mercato concorrenziale.

È abbastanza evidente che i prezzi di riserva sono molto elevati per le classi A e B, mentre tendono ad annullarsi in classe D ed E. Ciò confermerebbe, almeno in prima approssimazione, che la sensibilità nei confronti dei requisiti ambientali degli

edifici risulta molto elevata per quel segmento di consumatori che accede alle nuove costruzioni e, in particolare, per coloro che ambiscono alle classi energetiche più performanti. Questi risultati evidenziano, in altre parole, quanto affermato precedentemente e cioè che l'interesse per elevate prestazioni energetiche fa capo a target di consumatori sensibili nei confronti dell'ambiente, le cui condizioni reddituali e culturali consentono loro di richiedere e accedere a quella che, per il momento, rappresenta ancora una nicchia del mercato urbano, per altro caratterizzato, nella sua totalità, da immobili a bassa prestazione energetica.

In sintesi, l'offerta di immobili in classe A e B si presenta rigida con una disponibilità a pagare elevata. Qualora l'immissione sul mercato di immobili certificati dovesse aumentare, anche la DAP potrebbe ridursi, ma difficilmente potrebbe annullarsi, tenuto conto della rigidità dei mercati immobiliari urbani e dell'impossibilità di raggiungere condizioni di perfetta elasticità nel medio lungo periodo.

5. Conclusioni e sviluppi della ricerca

Il lavoro esplora il tema della certificazione energetica all'interno

del mercato immobiliare. Attraverso un'applicazione del metodo dei prezzi edonici a un campione di appartamenti localizzati nella città di Torino, l'articolo misura la disponibilità a pagare degli acquirenti per edifici energeticamente efficienti. I risultati dell'applicazione mostrano l'esistenza di un apprezzamento dei consumatori per le classi a rendimento energetico più elevato e ciò appare coerente rispetto a quanto riscontrato in altri studi (Hogberg, 2013; Hyland *et al.*, 2013). Inoltre, dai dati numerici ottenuti risulta che l'apprezzamento degli acquirenti è più rilevante per le classi energetiche alte (classi A e B) mentre la DAP appare inferiore per classi energetiche meno performanti.

Per quanto riguarda gli sviluppi futuri della ricerca, in primo luogo, sarebbe utile ampliare il campione di indagine considerando un confronto di tipo *cross-sectional* con altre realtà urbane. Inoltre, potrebbe essere interessante estendere la ricerca a comparti immobiliari più ampi, includendo il mercato degli affitti e i fabbricati a uso ufficio, al fine di avvalorare l'ipotesi secondo la quale la classe energetica fornisce benefici che vanno oltre il semplice recupero dell'investimento iniziale da parte del proprietario. Occorre ricordare che la principale barriera all'attuazione di politiche di efficienza energetica degli edifici è proprio il considerare unicamente il beneficio finanziario connesso a interventi di ristrutturazione atti a elevare la prestazione energetica del singolo immobile. Questo non risulta quasi mai sufficiente a giustificare l'investimento iniziale da parte del proprietario (Popescu *et al.* 2012), motivo per cui occorre tirare in ballo altre argomentazioni e altre forme di incentivazione per ottenere effetti di una qualche portata e su una scala più ampia.

Un ulteriore sviluppo del lavoro riguarda infatti l'integrazione della tecnica dei prezzi edonici qui illustrata con la metodologia del cost

optimal (Kurnistiki et al., 2011; Corgnati et al., 2013). Tale approccio consentirebbe di esaminare in maniera congiunta la domanda e l'offerta di immobili energeticamente efficienti, mettendo a confronto, da un lato, la DAP degli acquirenti per un edificio a elevate prestazioni energetiche e, dall'altro, il costo globale connesso all'immobile in esame, attraverso la stima del costo dell'investimento per le misure di efficientamento energetico e dei risparmi legati ai minori consumi, entrambi valutati secondo parametri oggettivi. Tale confronto consentirebbe di verificare con maggior precisione se il prezzo di riserva degli acquirenti di immobili è superiore al costo e di fornire ulteriori argomenti all'ipotesi sin qui testata. Considerata la struttura segmentata dei mercati immobiliari, l'aver riscontrato una DAP superiore in corrispondenza delle classi energetiche più efficienti, non permette infatti ancora di attribuire l'intero beneficio alla sola sensibilità dei proprietari nei confronti della qualità ambientale. I segmenti abitativi più performanti sono infatti anche quelli più signorili, ove la DAP media degli acquirenti risulta di fatto più elevata della media. E dunque possibile che una maggiore qualità energetica coincida anche con una maggiore qualità architettonica e un più elevato livello di finiture interne dell'edificio.

Infine, ulteriori spunti di riflessione potrebbero riguardare l'integrazione del metodo proposto all'interno della famiglia di tecniche a supporto dell'analisi di fattibilità degli investimenti in campo edilizio e territoriale (Bottero e Mondini, 2013; Rosso et al., 2013).

In conclusione, è possibile affermare che l'approccio seguito ha delle potenzialità ma sarebbe utile verificare ulteriormente i risultati ottenuti. In tale direzione, la metodologia applicata sembra in grado di fornire indicazioni utili, sia a livello di decisione politica, sia per ciò che riguarda l'utenza, dal momento che con-

sente di verificare sino a che punto il mercato immobiliare è in grado di catturare i benefici di un incremento di efficienza energetica degli edifici e i loro effetti esterni.

Bibliografia

Agenzia delle Entrate, 2012. *Gli Immobili in Italia 2012*. [consultato on line su <http://www.agenziaentrate.gov.it/>].

Anderson, S., Newell, R., 2004. *Information Programs for Technology Adoption: The Case of Energy-Efficiency Audits*. Resource and Energy Economics. 26. pp. 27-50.

Bottero, M., Mondini, G. 2013. *Lo studio di fattibilità: evoluzioni normative e recenti sviluppi del settore delle opere pubbliche*. Geoingegneria Mineraria e Ambientale. 138. pp. 59-70.

Bravi, M., 2000. *Il metodo del prezzo edonico*, in: Sirchia, G. (a cura di), *La valutazione dei beni culturali*, Carocci, Roma, pp. 111-129.

Corgnati, S.P., Fabrizio, E., Filippi, M., Monetti, V., 2013. *Reference buildings for cost optimal analysis: Method of definition and application*. Applied Energy. 102. pp. 983-993.

Eichholtz, P., Kok, N., Quigley, J.M., 2013. *The economics of green building*. Review of Economics and Statistics. 95(1). 50-63.

European Commission, 2012. *Delegated Regulation (EU) No 244/2012 of 16 January 2012 supplementing Directive 2010/31/EU 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*, Official Journal of the European Union, Brussels, 16 January 2012.

Fabbri, K., Tronchin, L., Tarabusi, V., 2011. *Real Estate Market, Energy Rating and Cost. Reflections About an Italian Case Study*. Procedia En-

gineering. 21. pp. 303-310.

Freeman M. III, 1993. *The Benefits of Environmental Improvement: Theory and Methods*, Resource for the Future; Washington DC, pp. 367-420.

Fuerst, F., McAllister, P., 2011. *Green Noise or Green Value? Measuring the Effects of Environmental Certification on Office Values*. Real Estate Economics. 39(1). pp. 45-69.

Garcia Casal, X., 2006. *Analysis of Building Energy Regulation and Certification in Europe: their Role, Limitations and Differences*. Energy and Buildings. 38(5). pp. 382-392.

Högberg, L., 2013. *The impact of energy performance on single-family home selling prices in Sweden*. Journal of European Real Estate Research. 6(3). pp. 242-261.

Hyland, M., Lyons, R. C., Lyons, S., 2013. *The value of domestic building energy efficiency. Evidence from Ireland*. Energy Economics. 40. pp. 943-952.

Kotchen, M., 2006. *Green Markets and Private Provision of Public Goods*. Journal of Political Economy. 114. pp. 816-834.

Kurnitski, J., Kalamees, T., Vuolled, M., Niemed, J., Tark, T., 2011. *Cost optimal and nearly zero (nZEB) energy performance calculations for residential buildings with REHVA definition for nZEB national implementation*. Energy and Buildings. 43. pp. 3279-3288.

Lancaster, K., 1966. *A New Approach to Consumer Theory*, Journal of Political Economy. 74(2). pp. 132-157.

Palmquist, R.B., 2004. *Property value models*, In: Mäler, K. G., Vincent, J. R. (Eds.), *Handbook of Environmental Economics*, vol. 2, Elsevier, pp. 763-813.

Popescu, D., Bienert, S., Schützenhofer, C., Boazu, R., 2012. *Impact of energy efficiency measures on the economic value of buildings*. Applied Energy. 89. pp. 454-463.

Ronchi, E., Barbabella, A., Refrigeri, L., (a cura di), 2013. *Dossier 2013: I costi dell'energia in Italia*, Fonda-

zione per lo Sviluppo Sostenibile (*Sustainable Development Foundation*) [consultato on line su www.fondazionevilupposostenibile.org].

- Rosen, S., 1974. *Hedonic Prices and Explicit Markets: Production Differentiation in Pure Competition*. *Journal of Political Economy*, 82, pp. 34-55.
- Rosso, M., Bottero, M., Comino, E., La Ferlita, S., Pomarico, S. 2012. *Approccio metodologico per la valutazione di progetti per la realizzazione di impianti idroelettrici nei bacini montani*. *Geingegneria Ambientale e Mineraria*, 136, pp. 39-50.
- Simonotti, M., 2006. *Metodi di stima immobiliare. Applicazione degli stan-*

dard internazionali, Flaccovio Ed., Palermo.

Toli, A. M., 2013. *Il contributo della certificazione energetica al valore di mercato: analisi e riflessioni a partire dal caso torinese*, Politecnico di Torino, Corso di Laurea in Scienze dell'Architettura, Anno 2012/2013, Relatori: Prof. M. Bottero e Prof. M. Bravi.

Nota: le Autrici hanno condiviso l'impostazione dell'intero lavoro; tuttavia si segnala che M. Bottero ha curato la stesura del Par. 4, mentre M. Bravi quella dei Par. 2 e 3; introduzione e conclusioni sono state stese congiuntamente.