

ABSTRACT DELLA TESI

La valutazione della prestazione energetica degli edifici.

Proposta metodologica in ambito europeo

di Giuseppina Forestiero

1.	Introduzione_____	1
2.	Metodologia estimativa secondo gli International Valuation Standards_____	5
2.1	Market Comparison Approach_____	6
2.1.1	Nuovo modello: prezzo marginale della caratteristica prestazione energetica attraverso il MCA_____	10
2.2	Sistema Generale di stima_____	13
2.2.1	Nuovo modello: prezzo marginale della caratteristica prestazione energetica attraverso il SGS_____	15
3.	Conclusioni_____	17

1. Introduzione

Il presente lavoro di tesi ha come obiettivo generale lo studio di una nuova metodologia estimativa che intende affrontare nel panorama italiano il tema della certificazione energetica degli edifici da una prospettiva estimativa, individuando alla luce degli *International Valuation Standards* criteri e metodi di stima in grado di quantificare, in termini monetari, l'incidenza che variazioni della classe di prestazione energetica degli edifici residenziali producono sul valore di mercato degli immobili.

I motivi che hanno guidato all'approfondimento della relazione tra l'efficienza energetica e il settore delle valutazioni immobiliari è da trovarsi nella sempre più crescente importanza che questo argomento ha acquisito in tutti i campi dei Paesi più industrializzati, poiché l'energia rappresenta un fattore di crescita economica, benessere e progresso tecnologico oltre che sociale. L'evoluzione industriale e sociale, che negli ultimi cinquant'anni ha subito un'accelerazione rilevante ha provocato rapidissimi e profondi cambiamenti che hanno inevitabilmente determinato delle forti tensioni nel sistema energetico globale, evidenziando il ricorso all'importanza del **concetto di sviluppo sostenibile**. Il tema oggi quanto mai ricorrente dello sviluppo sostenibile, ha tra i suoi principali obiettivi quello di garantire uno sviluppo consapevole del sistema energetico mondiale senza comprometterne l'equilibrio terrestre.

La crescita incondizionata dei consumi globali non rappresenta tuttavia l'unico problema energetico, infatti a rendere il tema dell'efficienza d'importanza cruciale negli anni a venire, c'è anche una questione ambientale. La produzione di energia con l'impiego di combustibili fossili comporta pesanti "effetti collaterali" per l'ambiente e per il clima terrestre, dovuti alle emissioni di inquinanti nocivi per la salute umana e di gas serra responsabili del surriscaldamento globale e dei cambiamenti ambientali quali lo scioglimento dei ghiacciai e l'innalzamento del livello del mare. Una parte importante di questi cambiamenti climatici potrebbe essere evitata attraverso una riduzione dei consumi finali di energia termica ed elettrica, e ciò spiega ancora una volta la centralità del tema dell'efficienza energetica.

L'energia è al contempo quesito e soluzione stessa delle problematiche connesse al progresso della società, in quanto da un lato è componente essenziale e insostituibile dello sviluppo delle attività dell'uomo, dall'altro è una delle principali cause degli

effetti negativi di tali attività sull'ambiente e sulla stabilità del clima, sia su scala locale che globale.

Gli studi, le strategie e i provvedimenti normativi e legislativi in campo energetico hanno assunto oggi una importanza centrale in tutti i settori produttivi orientandosi verso la definizione di **strumenti adeguati alla realizzazione degli obiettivi** previsti dal **Protocollo di Kyoto** e dalle **Direttive Europee**.

Il problema della *qualità energetica degli edifici* è emerso in Europa agli inizi degli anni '90 con l'emanazione della direttiva 93/76/CEE, che rappresenta il primo atto formale dell'impegno dei Ministri dell'Ambiente e dell'Energia dell'allora Comunità Europea per la riduzione delle emissioni globali di CO₂ nel settore edilizio. A distanza di quasi un decennio la Comunità Europea ha pubblicato la Direttiva 2002/91/CE del Parlamento europeo sul rendimento energetico nell'edilizia, meglio nota come «**Direttiva EPBD**» Energy Performance Building Directive, che pone la **certificazione energetica** come strumento strategico degli Stati membri, insieme ad una serie di altre misure, per il miglioramento dell'efficienza energetica nel settore edilizio che in Europa consuma circa il 40% dell'energia.

Con tale direttiva è iniziata un'era volta a perseguire le misure prescritte nel Protocollo di Kyoto con l'obiettivo generale della limitazione delle emissioni di gas serra per determinare la tutela del clima globale.

Si tratta di incentivare e promuovere interventi che rispondono ad un'esigenza ambientale primaria di riduzione delle emissioni inquinanti e nel contempo, **promuovere la diffusione di edifici ad alta efficienza energetica** volti a realizzare un consistente risparmio energetico, e a internalizzare i costi ambientali nel valore degli edifici con conseguente perdita di valore degli immobili che consumano energie fossili ed inquinanti e una corrispondente rivalutazione degli edifici a basso consumo energetico.

La promozione di uno **sviluppo sostenibile**, porta dirette ripercussioni sul **mercato immobiliare**, anche di carattere privatistico. Se in passato, infatti, il mercato immobiliare risultava caratterizzato da una domanda prettamente quantitativa, oggi lo stesso si connota per una domanda sostanzialmente qualitativa. Il concetto della qualità di un manufatto edilizio riguarda molto da vicino il tema della certificazione energetica, che in effetti altro non è che una variabile *proxy* di diverse caratteristiche immobiliari,

riferibili in qualche misura alle caratteristiche costruttive e di finitura: un edificio che è in grado di garantire un elevato livello di comfort, abbattendo nel contempo le dispersioni energetiche, è verosimilmente un manufatto ben costruito, con "buoni" materiali e "a regola d'arte", ben coibentato e ben progettato.

L'obiettivo centrale è quello di formulare una metodologia estimativa che potesse rendere completa la stima del valore di un immobile comprendendo il prezzo della caratteristica qualitativa **prestazione energetica** riferito alla classe energetica, all'indice di prestazione energetica (IPE) e alle emissioni di CO₂.

Il tema dell'efficienza energetica è stato affrontato in tutti i suoi aspetti nel modo più completo ed adeguato per rendere le future applicazioni, effettuate con la nostra metodologia, ripetibili in ambito internazionale e convergenti al più probabile valore di mercato.

È stato sperimentato un metodo estimativo per determinare il prezzo marginale della caratteristica prestazione energetica attraverso l'applicazione dell'**Income Approach** o metodo finanziario introdotto nel metodo estimativo del **Market Comparison Approach**. Il procedimento di stima per capitalizzazione del reddito (Income Capitalization Approach) comprende i metodi per analizzare la capacità di generare benefici monetari di un immobile e la possibilità di convertire questi benefici nel valore. In particolare l'analisi si è rivolta ad uno dei tre metodi in cui si articola l'income capitalization approach: la **Discounted Cash Flow Analysis** DCFA. Tale procedimento consente di simulare il ciclo completo di investimento immobiliare, dal momento dell'acquisto a quello della rivendita finale, mirando a prevedere i fitti in modo accurato e tenendo conto di eventuali svalutazioni o rivalutazioni dell'immobile alla fine del periodo di disponibilità.

Per fronteggiare il problema climatico dovuto agli effetti dei gas serra e promuovere l'efficienza energetica il legislatore europeo concretizza la volontà delle politiche energetiche con uno strumento quale la **certificazione energetica** degli edifici. Strumento di trasformazione del mercato immobiliare, che ne migliora la trasparenza e l'efficienza fornendo ai potenziali acquirenti e locatari un'informazione oggettiva delle prestazioni energetiche dell'immobile da acquistare o da prendere in locazione. La certificazione dovrebbe quindi portare effetti positivi sul valore di mercato degli immobili ed incentivare nel medio termine la riqualificazione degli edifici a bassa

prestazione energetica. È fondamentale sottolineare dunque l'importanza del certificato di prestazione energetica, non solo per la valenza informativa relativa alla conoscenza dei consumi energetici di un immobile e alle sue spese di gestione, ma anche per orientare il cittadino nella scelta dell'immobile da acquistare o prendere in locazione in base all'influenza della classe energetica sul valore di mercato dell'immobile.

Purtroppo la certificazione energetica non è ancora pienamente considerata dai potenziali compratori come un vero valore, ma anzi a volte viene da molti percepito solo come un costo aggiuntivo, talvolta infondato, come una mera formalità, imposta dalla legge. Per questo motivo, nel caso delle compravendite, esso viene spesso commissionato e prodotto se non addirittura a ridosso dell'atto notarile, a seguito della sottoscrizione del preliminare, ovvero dopo che il prezzo dell'immobile è stato definito. Il certificato energetico dovrebbe invece costituire un importante documento di confronto fra diversi immobili, a parità di altre condizioni, fin già dalle prime fasi della ricerca di mercato.

L'elaborato di tesi è articolato in sei capitoli: il **primo capitolo** introduce la legislazione in materia di efficienza energetica degli edifici passando con una serie di zoom dall'ambito Europeo a quello nazionale italiano, per poi terminare nella legislazione regionale; il **secondo capitolo** si propone di mostrare un quadro pressoché completo dei contenuti delle etichettature energetiche presenti negli Stati Membri presi a campione quali l'Italia, la Spagna, la Francia, l'Austria, il Belgio, l'Irlanda, il Regno Unito e la Germania; il **terzo capitolo** si presenta come un manuale estimativo che espone gli standards estimativi esistenti presi in considerazione nel corrente studio; il **quarto capitolo** propone una riflessione del rapporto reciproco tra la prestazione energetica e il valore di mercato di un immobile e un quadro dello stato dell'arte in ambito europeo sulla tematica energetica legata all'estimo immobiliare; il **quinto capitolo** introduce una proposta metodologica sperimentale in grado di quantificare l'apporto unitario del valore di mercato totale di un immobile conseguente alla peculiarità energetica dello stesso, determinando il prezzo marginale dalla caratteristica prestazione energetica affrontandola sia in termini di classe energetica che di indice di prestazione energetica IPE e di emissioni di CO₂; infine il **sesto capitolo** espone l'applicazione numerica verificata su un solo campione estimativo del segmento di mercato italiano, descritta nel capitolo quinto. Verranno adottati due metodi possibili che stimano il valore di mercato

del medesimo immobile tenendo conto della sostenibilità dell'edificio. Questi sono: il metodo del Market Comparison Approach, applicando la formulazione sperimentale della Discounted Cash Flow Analysis DCFA, e il Sistema Generale di Stima. Il fine di entrambi i metodi estimativi sarà quello di determinare il prezzo marginale della caratteristica prestazione energetica considerando l'aspetto dell'efficienza energetica riferito alle variabili: classe energetica, indice di prestazione energetica IPE e emissioni di anidride carbonica (CO₂), in modo da poter confrontare i risultati.

2. Metodologia estimativa secondo gli International Valuation Standards

Gli standards estimativi rappresentano un complesso di regole uniformi e condivise, di natura metodologica e applicativa, raccolte e presentate in modo sistematico per la stima degli immobili. Gli standard valutativi internazionali derivano da standard di fatto¹ legati alla prassi professionale e consistono in norme comuni universalmente accettate. Le valutazioni prospettate dagli standard valutativi si avvalgono pienamente dei principi e dalle norme dettate dalla metodologia estimativa, basandosi su procedure ripetibili che permettono la definizione di processi uniformi, di analisi quantitative e di controlli di qualità, puntando ad evitare errori e complicazioni impreviste.

Mediante i metodi di stima si giunge alla formulazione quantitativa della valutazione. Nella metodologia estimativa l'applicazione del metodo o dei metodi di stima è uno dei passi fondamentali nel processo di stima. Secondo gli International Valuation Standards i tre metodi classici della stima immobiliare sono:

1. *il Market Approach* o metodo del confronto di mercato o metodo sintetico comparativo;
2. *l'Income Approach* o metodo finanziario o metodo delle capitalizzazione dei redditi;
3. *il Cost Approach* o metodo del costo di riproduzione deprezzato.

¹ Standard di fatto: è indotto dalla frequenza di certe caratteristiche che ricorrono tanto spesso da diventare processi uniformi e generalmente condivisi.

Nel nostro lavoro ci siamo concentrati sul *Market Approach* o metodo del confronto di mercato, in quanto è il metodo più noto e più utilizzato. I principali procedimenti orientati al mercato sono:

- *Procedimento di stima monoparametrico;*
- *Sistema di ripartizione;*
- *Market Comparison Approach, MCA;*
- *Sistema generale di stima, SGS.*
- Sistema misto MCA & SGS;
- Modelli di regressione multipla MRA.

Tra questi metodi vi è stato un approfondimento del metodo *Market Comparison Approach* e del *Sistema Generale di Stima* nei quali è stata integrata la nostra metodologia per determinare il valore in termini monetari della caratteristica prestazione energetica, creando un nuovo modello della valutazione immobiliare che proponiamo per un campione estimativo vasto quale quello internazionale e non unicamente italiano.

2.1 Market Comparison Approach

Il Market Comparison Approach (MCA) è un procedimento di valutazione che conduce alla stima del valore di mercato di un immobile sulla base del confronto con i prezzi di immobili simili² compravenduti di recente. Il MCA giunge alla determinazione del valore dell'immobile attraverso operazioni di aggiustamenti monetari.

Le fasi in cui si sviluppa il MCA sono:

- 1) *analisi del segmento di mercato*³;
- 2) *scelta delle caratteristiche immobiliari per svolgere il confronto;*
- 3) *compilazione della tabella dei dati;*
- 4) *analisi dei prezzi marginali;*
- 5) *redazione della tabella di valutazione;*
- 6) *sintesi valutativa.*

² Beni simili: sono beni che presentano caratteristiche analoghe al bene preso come oggetto di stima, eccetto il valore di mercato il quale deve essere noto.

³ Il mercato immobiliare si articola in sottomercati, denominati segmenti, dei quali si conoscono i dati in uso nella prassi commerciale da parte dei vari soggetti che operano nel settore, compresi i valutatori.

La fase quattro corrisponde al passaggio più importante del processo valutativo essendo i prezzi marginali la base degli aggiustamenti del MCA. Il prezzo marginale di una caratteristica immobiliare esprime la variazione del prezzo totale al variare della caratteristica.

I prezzi marginali delle principali caratteristiche immobiliari sono:

- **Prezzo marginale della data**

$$p_{data} = P_0 \cdot u \quad .$$

dove:

- P_0 è il prezzo totale dell'immobile nelle condizioni iniziali, espresso in €;

- u esprime il saggio di svalutazione/rivalutazione dell'immobile.

- **Prezzi marginali delle caratteristiche superficiali**

Si determinano sfruttando i teoremi mercantili superficiali che individuano il rapporto tra il prezzo delle superficie secondarie e il prezzo della superficie principale:

TEOREMI MERCANTILI DEL PREZZO	FORMULA
<i>I Teorema mercantile</i>	$p_1 = \frac{P}{S_1 + \sum_{i=2}^k \pi_i \cdot S_i} \cdot \sigma$
<i>II Teorema mercantile</i>	$p_1 = \frac{P - p_{superfici\ edificate} \cdot S \cdot q}{S_1 + \sum_{i=2}^k \pi_i \cdot S_i} \cdot \sigma$
<i>III Teorema mercantile</i>	$p_1 = \frac{P \cdot (1 - c)}{S_1 + \sum_{i=2}^k \pi_i \cdot S_i} \cdot \sigma$
<i>IV Teorema mercantile</i>	$p_1 = \frac{P - p_{superfici\ edificate} \cdot S_e}{S_1 + \sum_{j=2}^k \pi_j \cdot S_j} \cdot \sigma$
<i>V Teorema mercantile</i>	$p_1 = \frac{P - p_{superfici\ edificate} \cdot (S_e + q \cdot S)}{S_1 + \sum_{j=2}^k \pi_j \cdot S_j} \cdot \sigma$
<i>VI Teorema mercantile</i>	$p_1 = \frac{P \cdot (1 - c)}{S_1 + \sum_{j=2}^k \pi_j \cdot S_j} \cdot \sigma$

Tab. 1 – Formule dei sei teoremi mercantili del prezzo.

dove:

- p_1 è il prezzo marginale della caratteristica superficie principale, espresso in €/mq;

- P è il prezzo totale rilevato, espresso in €;
 - π_i è il rapporto mercantile della superficie secondaria generica (con $i=2, 3, \dots, k$);
 - S_1 rappresenta la superficie principale, calcolata seguendo la prassi dello specifico segmento di mercato, espressa in mq;
 - S_i (con $i=2, 3, \dots, k$), rappresenta la superficie secondaria generica, espressa in mq;
 - S_e è la superficie esterna in uso esclusivo;
 - $P_{superfici\ edificate}$ è il prezzo marginale della caratteristica superficie edificata, espresso in €/mq;
-
- q è la quota millesimale di proprietà;
 - S è la superficie dell'unità immobiliare di cui si vuole calcolare la quota millesimale;
 - c rappresenta il rapporto complementare tra il prezzo della superficie esterna (comprensiva dell'area di sedime) e il prezzo totale dell'unità immobiliare;
 - σ è il rapporto di posizione. Nel caso di un solo immobile di confronto il rapporto di posizione si indica minore di 1 (in genere tra $0,8 \div 0,95$).

La scelta del teorema mercantile da utilizzare dipende dalle diverse situazioni che ricorrono in base alla natura delle superfici.

- **Prezzo marginale della caratteristica servizi**

$$P_{servizi} = C \cdot \left(1 - \frac{t}{n}\right),$$

dove:

- $p_{servizi}$ è il prezzo marginale della caratteristica servizi, espressa in €/n°;
- C è il costo medio a nuovo per l'installazione di un servizio, espresso in €;
- t è la vita trascorsa (vetustà), espressa in anni;
- n è la vita economica del servizio (vita utile), espressa in anni.

- **Prezzo marginale della caratteristica livello piano**

- se il subject si trova ad un livello medesimo o superiore rispetto all'immobile di confronto avremo :

$$P_{livello} = \theta \cdot P .$$

- se il subject si trova ad un livello inferiore rispetto all'immobile di confronto avremo:

$$P_{livello} = \frac{\theta}{1 + n \cdot \theta} \cdot P ,$$

dove:

- $P_{livello}$ è il prezzo marginale della caratteristica livello di piano, espresso in €/livello;
- P è il prezzo totale dell'unità immobiliare, espresso in €;
- θ è il saggio di variazione dei prezzi;
- n è la differenza tra il livello di piano del bene oggetto di stima e il livello di piano del bene di confronto.

- **Prezzo marginale della caratteristica impianti tecnologici**

$$P_{impianti tecnologici} = C \cdot \left[1 - \sum_{s=1}^t \frac{2 \cdot (n - s + 1)}{n \cdot (n + 1)} \right] ,$$

dove:

- $P_{impianti tecnologici}$ è il prezzo marginale della caratteristica impianti tecnologici, espresso in €/punto o in €/mq;
- C è il costo medio a nuovo per l'installazione di un servizio, espresso in €;
- t è la vita trascorsa (vetustà), espressa in anni;
- n è la vita economica del servizio (vita utile), espressa in anni.

- **Prezzo marginale della caratteristica stato di manutenzione e conservazione**

Può essere stimato come costo di intervento, di manutenzione o di adeguamento.

- **Prezzo marginale della caratteristica panorama (soleggiamento, luminosità), affacci, condizioni ambientali, qualità architettonica**

Il prezzo marginale delle caratteristiche qualitative viene calcolato utilizzando il sistema generale di stima SGS integrato al MCA.

2.1.1 Nuovo modello: prezzo marginale della caratteristica prestazione energetica attraverso il MCA

La caratteristica efficienza energetica può essere considerata come variabile qualitativa (*dummy variable*), e quindi essere valutata attraverso il sistema generale di stima, assegnando un punteggio espresso con una scala ordinale a ciascuna delle classi.

Tuttavia la si può anche esprimere in termini quantitativi all'interno del MCA. Il prezzo marginale della caratteristica è determinato attraverso l'applicazione dell'income approach o metodo finanziario. Il procedimento di stima per capitalizzazione del reddito (income capitalization approach) si fonda sulla capitalizzazione del reddito dell'immobile da valutare. Questo comprende i metodi per analizzare la capacità di generare benefici monetari di un immobile e la possibilità di convertire questi benefici nel valore.

L'income capitalization approach si articola in tre metodi: la direct capitalization, la yield capitalization e la discounted cash flow analysis.

Noi ci siamo interessati alla **discounted cash flow analysis (DCFA)** che considera il flusso di cassa di un completo investimento immobiliare, calcolando il valore attuale netto del flusso di cassa e del valore di recupero finale. La discounted cash flow analysis (o analisi del flusso di cassa scontato) si basa sull'analisi del flusso di cassa di un investimento immobiliare, considerando i ricavi e i costi dal momento dell'acquisto alla rivendita, prevedendo il valore di mercato finale.

Nella formulazione più generale la discounted cash flow analysis si presenta nella forma:

$$V = Rt \cdot (1 + i)^{-t} + VE \cdot (1 + i)^{-n} ,$$

dove:

- V è il valore dell'immobile, espresso in €;

- Rt è il reddito annuo variabile nel periodo transitorio, espresso in €/anno;

- VE è il valore di rivendita alla fine del periodo di disponibilità, espresso in €;

- n è il periodo di disponibilità, espresso in anni;

- t è l'anno generico del periodo transitorio, espresso in anni;

- i è il saggio di capitalizzazione.

La DCFA consente di simulare il ciclo completo di investimento immobiliare, dal momento dell'acquisto a quello della rivendita finale, mirando a prevedere i fitti in

modo accurato. Il valore finale di rivendita tiene conto di eventuali svalutazioni o rivalutazioni dell'immobile alla fine del periodo di disponibilità; i redditi annuali possono variare nel periodo di disponibilità per effetto di rivalutazioni e contrattualmente la formula analitica generale richiede la costruzione del flusso di cassa rappresentato dai ricavi annuali e dal ricavo di rivendita.

La determinazione del prezzo marginale della caratteristica prestazione energetica è determinato sulla base della DCFA ipotizzando un flusso di cassa costituito dai costi dell'energia scontati all'attualità attraverso la formulazione:

$$P_{prestazione\ energetica} = \frac{C_E}{g - i} \cdot \frac{\left(\left[\frac{1+g}{1+i}\right]^n - 1\right)}{1 - \left(\left[\frac{1+d}{1+i}\right]^n\right)},$$

dove:

- $P_{prestazione\ energetica}$ è prezzo marginale della caratteristica prestazione energetica (€/kWh·mq anno);
- C_E è il reddito netto del primo anno (€/kWh· mq anno);
- n è il periodo di possesso dell'immobile fino alla rivendita (anni);
- i è il saggio di capitalizzazione;
- d è il saggio annuo di svalutazione/rivalutazione dell'immobile ($i > d$);
- g è il saggio annuo di variazione del costo dell'energia ($i > g$).

Per n che tende all'infinito il prezzo marginale della caratteristica prestazione energetica diventa:

$$P_{prestazione\ energetica} = \frac{C_E}{i - g}.$$

Lo stesso ragionamento da noi adottato per determinare il prezzo marginale della caratteristica prestazione energetica, riferita al consumo di energia, utilizzando la formulazione della discounted cash flow analysis viene poi impiegato per la determinazione di un altro parametro che delinea l'efficienza energetica di un edificio: le emissioni di CO₂. Abbiamo calcolato il prezzo marginale della caratteristica prestazione energetica riferita alle emissioni di anidride carbonica attraverso i mercati

dei crediti di carbonio⁴. Abbiamo posto il prezzo medio di un credito di carbonio (o permesso o quota di emissione) pari a 15 €/tCO₂ in riferimento ai prezzi variati dal 2005, anno di nascita del mercato, fino al prezzo scambiato oggi nel mercato del carbonio. Per usufruire del dato riferito al prezzo del carbonio si trasformano le tonnellate di anidride carbonica in kilogrammi di anidride carbonica, in quanto coincide con l'unità di misura espressa nella certificazione energetica ossia kgCO₂/m²anno.

L'equazione dunque della DCFA è la seguente:

$$P_{prestazione\ energetica\ CO_2} = \frac{C_{O_2}}{g-i} \cdot \frac{\left(\left[\frac{1+g}{1-i}\right]^n - 1\right)}{1 - \left(\left[\frac{1+d}{1+i}\right]^n\right)}$$

dove:

- $P_{prestazione\ energetica\ CO_2}$ è il prezzo marginale della caratteristica prestazione energetica riferita alle emissioni di CO₂ (€/kgCO₂·mq anno);
- C_{O_2} è il costo annuo delle emissioni di CO₂ dell'edificio calcolato secondo il prezzo medio di un credito di carbonio (€/kgCO₂·mq anno);
- n è il periodo di possesso dell'immobile fino alla rivendita (anni);
- i è il saggio di capitalizzazione;
- d è il saggio annuo di svalutazione/rivalutazione dell'immobile ($i > d$);
- g è il saggio annuo di variazione del costo dell'energia ($i > g$).

Per n che tende all'infinito il prezzo marginale della caratteristica prestazione energetica diventa:

$$P_{prestazione\ energetica\ CO_2} = \frac{C_{O_2}}{i-g}$$

⁴ I mercati del carbonio sono strumenti strategici di politica economica per ridurre le emissioni di gas serra responsabili del riscaldamento globale, utilizzati spesso in combinazione ad altre politiche come la tassazione dei gas serra o *carbon tax* e i regolamenti che disciplinano l'adozione di tecnologie a bassa produzione e consumo di gas serra. La riduzione delle emissioni di gas serra è scambiata sotto forma di "crediti di carbonio" unità generalmente espresse in tonnellate di CO₂.

2.2 Sistema Generale di stima

Il metodo estimativo del sistema generale di stima (SGS) si basa su un sistema di equazioni lineari relative ai confronti tra l'immobile oggetto di stima e un insieme di immobili di confronto simili. Tale sistema mette in rapporto le caratteristiche qualitative delle unità immobiliari comparabili con le caratteristiche dell'immobile oggetto di stima in un sistema matriciale.

Una variazione nel prezzo di un immobile può essere definita come una variazione nel prezzo delle sue caratteristiche, ovvero:

$$P_1 - P_2 = (x_{11} - x_{21}) \cdot p_1 + (x_{12} - x_{22}) \cdot p_2 \dots + (x_{1n} - x_{2n}) \cdot p_n \quad .$$

L'equazione afferma che la differenza di prezzo tra due immobili 1 e 2, è funzione della differenza delle loro caratteristiche.

Riferendoci al subject (S), cioè l'immobile oggetto di stima e ai prezzi noti degli immobili di confronto avremo:

$$P_j - S = \sum_{i=1}^n (x_{1i} - x_{Si}) \cdot p_i \quad .$$

da cui:

$$P_j = S + \sum_{i=1}^n (x_{1i} - x_{Si}) \cdot p_i \quad .$$

Una differenza di prezzo è quindi spiegata in termini di differenza di prezzi delle singole caratteristiche ovvero del prodotto fra la variazione delle caratteristiche per i loro prezzi marginali.

Si procede così alla definizione di un sistema matriciale in grado di consentire la formulazione di un giudizio di valore e alla determinazione dei prezzi marginali.

Il sistema di presenta nella forma che segue:

$$\begin{cases} P_1 = V_S + \sum_{i=1}^n [(x)_{1i} - x_{01}] \cdot p_i \\ P_2 = V_S + \sum_{i=1}^n [(x)_{2i} - x_{01}] \cdot p_i \\ \dots \dots \dots \\ P_m = V_S + \sum_{i=1}^n [(x)_{mi} - x_{01}] \cdot p_i \end{cases} ,$$

dove:

- P_j è il prezzo di compravendita della generica unità immobiliare j-esima, con $j=1, 2, \dots, m$, espresso in €;
- V_S è il valore dell'immobile oggetto di stima, espresso in €;
- x_{ji} rappresenta la caratteristica i-esima, con $i=1, 2, \dots, n$, della generica compravendita j-esima;
- p_i è il prezzo marginale della caratteristica i-esima.

Il sistema di stima si presenta in forma matriciale:

$$\begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \dots \dots \\ P_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V \\ P_1 \\ \dots \dots \\ P_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & x_{11} - x_{01} & x_{12} - x_{02} & x_{1n} - x_{0n} \\ 1 & x_{21} - x_{01} & x_{22} - x_{02} & x_{2n} - x_{0n} \\ \dots \dots & \dots \dots & \dots \dots & \dots \dots \\ 1 & x_{m1} - x_{01} & x_{m2} - x_{02} & x_{mn} - x_{0n} \end{bmatrix} ,$$

che diventa:

$$p = D^{-1} \cdot P ,$$

dove:

- p è il vettore di stima, costituito da $n+1$ elementi (valore e prezzi marginali);
- P è il vettore dei prezzi noti;
- D è la matrice delle differenze (o dei coefficienti).

$$p = \begin{bmatrix} V \\ p_1 \\ \dots \dots \\ p_n \end{bmatrix} ; \quad P = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \dots \dots \\ P_m \end{bmatrix} ; \quad D = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} - x_{01} & x_{12} - x_{02} & x_{1n} - x_{0n} \\ 1 & x_{21} - x_{01} & x_{22} - x_{02} & x_{2n} - x_{0n} \\ \dots \dots & \dots \dots & \dots \dots & \dots \dots \\ 1 & x_{m1} - x_{01} & x_{m2} - x_{02} & x_{mn} - x_{0n} \end{bmatrix} .$$

Nella determinazione del prezzo marginale della caratteristica prestazione energetica è possibile utilizzare il procedimento misto costituito dal MCA e dal SGS. Il prezzo totale

di un immobile è funzione degli ammontari delle caratteristiche quantitative e qualitative. Se per le caratteristiche quantitative esiste la possibilità di stimare il prezzo marginale in modo diretto, per molte caratteristiche qualitative e in particolare per la caratteristica prestazione energetica, la stima del prezzo marginale si svolge attraverso i sistemi estimativi e con campioni di dati sufficientemente numerosi, con l'analisi statistica. Il sistema di stima è una formalizzazione del MCA, di conseguenza i due procedimenti possono essere efficacemente integrati, in modo che i prezzi marginali delle caratteristiche quantitative siano determinati con il MCA, e il valore di mercato e i prezzi marginali delle caratteristiche qualitative con il sistema di stima.

2.2.1 Nuovo modello: prezzo marginale della caratteristica prestazione energetica attraverso il SGS

Nel caso specifico della caratteristica prestazione energetica il SGS si presenta nel modo che segue:

$$P_i(\text{corretto}) = V_S + (C_{\text{Classe energetica } i,1} - C_{\text{Classe energetica } i,0}) \cdot p_1(\text{classe energetica } i)$$

dove:

- $P_{\text{corretto } i}$ sono i prezzi corretti delle unità immobiliari facenti parte del campione estimativo, indicando con $i = 1, 2, \dots, m$ le compravendite note degli immobili di confronto, espressi in €;

- V_S è il valore dell'immobile considerato come immobile di riferimento, espresso in €;

- $C_{\text{Classe energetica } i}$, con $i = 1, 2, \dots, m$, rappresenta la caratteristica classe energetica avendo definito una scala di misura ordinale del tipo: classe A = 6, classe B = 5, classe C = 4, classe D = 3, classe E = 2, classe F = 1, classe G = 0;

- $p_{\text{Classe energetica}}$ rappresenta il prezzo marginale della caratteristica classe energetica, espresso in €/punto.

Là dove non sia possibile, o non sia esaustivo in termini di completezza della stima immobiliare, adoperare il parametro della classe letterale si ricorre in alternativa al valore effettivo del consumo annuo di energia (kWh/mq anno) rappresentato dall'indice di prestazione energetica IPE.

3. Conclusioni

Le definizioni e le formule empiriche descritte precedentemente sono esposte nel quinto capitolo della tesi di laurea. Il capitolo include anche le stime dei prezzi medi dell'energia per fonte (se utilizzo di combustibile o fonte elettrica) secondo un'analisi basata sui prezzi dell'energia domestica cioè quella adoperata da famiglie di medie dimensioni (quattro componenti) con un consumo di corrente standard (tra 2.500-5.000 kWh all'anno).

Tale fase ha riguardato uno studio riferito alle più importanti città europee tra cui Italia, Spagna, Francia, Austria, Belgio, Irlanda, Regno Unito e Germania.

Nel sesto capitolo abbiamo esposto il problema postoci, dell'influenza che la prestazione energetica degli edifici ha sul valore di mercato degli immobili ad uso residenziale, attraverso un'applicazione numerica esemplificativa che ha riguardato un piccolo campione estimativo italiano.

Lo scopo principale della tesi è stato quello di mostrare quanto i prezzi relativi alle prestazioni energetiche siano importanti, soprattutto perché il bilancio di ogni famiglia è fortemente influenzato dai costi del consumo di energia.

Attraverso la formulazione da noi creata della Discounted Cash Flow Analysis (DCFA) integrata nel metodo estimativo del Market Comparison Approach (MCA) siamo riusciti a stimare il prezzo marginale della caratteristica prestazione energetica riferita all'indice di prestazione energetica, IPE (espresso in kWh/mq anno) e riferita alle emissioni di CO₂ (esprese in kgCO₂/mq anno) applicando tale metodologia su un piccolo campione estimativo italiano. Dopo di che è stato adoperato il metodo estimativo internazionale del Sistema Generale di Stima, valutando il prezzo marginale della caratteristica prestazione energetica stavolta considerandola come caratteristica qualitativa mettendo a sistema la classe energetica e le emissioni di CO₂, poi l'indice IPE con le emissioni di CO₂.

Avendo affrontato tutti i possibili scenari si evita di cadere in errore nella valutazione di immobili che presentano la medesima classe energetica, in quanto molto probabilmente non presentano il medesimo consumo di energia (kWh/mq anno).

Il fine di entrambi i metodi estimativi: metodo del Market Comparison Approach, applicando la formulazione della DCFA, e il Sistema Generale di Stima, è stato quello

di determinare il prezzo marginale della caratteristica prestazione energetica in modo da poter confrontare i risultati. Dal confronto dei risultati ottenuti si nota che nella metodologia empirica del MCA integrata con la *discounted cash flow analysis*, ci siamo preoccupati di capire sotto il profilo tecnico la corretta valutazione della prestazione energetica, utilizzando dati riferiti ad unità di misura specifica dell'energia emessa dagli impianti tecnologici presenti negli edifici (espressa in kWh/m2anno e in kgCO2/m2anno); nella seconda applicazione quella cioè eseguita con il metodo del MCA integrato al SGS il prezzo marginale della classe energetica individuato, valuta quanto il venditore e compratore attribuisce in termini di valore alla caratteristica qualitativa, riconosciuta da questi come un parametro di comfort ambientale dell'immobile che si va a stimare e non sempre dunque necessario alle proprie esigenze. Se pure la classe energetica derivi dall'IPE, i due indicatori sono percepiti in maniera profondamente diversa in quanto la classe energetica esprime sinteticamente e schematicamente il livello di qualità delle prestazioni energetiche attraverso una graduatoria di classi dalla lettera A alla lettera G, mentre l'indice di prestazione energetica fornisce informazioni tecniche sulla quantità dei consumi energetici.

I valori ottenuti della caratteristica prestazione energetica sia espressa in termini di classe energetica che di indice di prestazione energetica, con entrambi i metodi estimativi utilizzati: MCA con la DCFA e MCA più SGS, risultano molto prossimi tra di loro e compresi in un intervallo tra i 5.000 € e i 10.000 €.

Dunque l'analisi sviluppata in questo lavoro, consente di affermare che un immobile in classe F mostra un valore maggiore di un immobile in classe G variabile tra 5.000 € e 10.000 €.

Dallo studio affrontato in questo elaborato, si evince che si può ricorrere alla valutazione della classe energetica in quanto è proprio questo indicatore a essere comprensibilmente percepito dai compratori e venditori i quali non necessariamente conoscono il concetto di IPE mentre sono certamente in grado di considerare la sostanziale differenza esistente tra livelli indicati con lettere o scale ordinali così come quando nell'acquisto di un elettrodomestico guarda il suo livello di classe energetica associando ad esso in modo automatico e per certi versi inconsapevole il minore o maggiore consumo di energia, senza necessariamente controllare le differenze sui kilowattora (Kwh) spesi.

La classe energetica, in definitiva, è un rivelatore apprezzato dai consumatori come una caratteristica qualitativa, che solo come conseguenza è percepita in termini quantitativi. Le sue ripercussioni in termini di valore esistono ma il consumatore, nell'acquisto di un immobile, certamente preferisce un immobile di classe B a uno di classe C ma non sempre è in grado di tradurre questa differenza di apprezzamento in termini di variazioni quantitative di spesa.

Dagli esiti emersi possiamo sottolineare che la nuova metodologia estimativa, sperimentata solo sul campione estimativo esposto in questo elaborato, ci porta ad affermare che i risultati ottenuti sono applicabili su un campione estimativo più vasto riferito anche in ambito europeo (essendoci accertati che i dati utili sono presenti in tutte le certificazioni energetiche dei Paesi membri dell'UE) in quanto i risultati rivelano che con entrambi i metodi si riscontrano prezzi simili.

Grazie allo studio effettuato in questo lavoro è stato possibile maturare una maggiore consapevolezza che i prezzi del mercato immobiliare devono riflettere i costi e i benefici del comfort ambientale. In un contesto di costruzioni ecosostenibili, il rendimento legato ad immobili più efficienti consiste potenzialmente in investimento a lungo termine causando un aumento dell'offerta nel mercato degli edifici "green". Anche se la "*green economy*" si è ampliata notevolmente in molti settori, ci sono ancora poche prove empiriche che mostrino la relazione tra i prezzi degli immobili e le loro caratteristiche di sostenibilità, nonostante i benefici economici e ambientali siano assicurati.

In conclusione tale studio si propone di divulgare la metodologia proposta in modo da rendere chiaro il concetto che l'efficienza energetica rappresenti un costo operativo non più trascurabile.