

Ranking multicriteriale di politiche di incentivazione degli interventi di riqualificazione energetica degli edifici

Chiara D'Alpaos*, Paolo Bragolusi**

parole chiave: edifici, riqualificazione energetica, efficienza energetica, politiche di incentivazione, AHP

Abstract

Il miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici residenziali è una questione cruciale in Italia, dove il 55% del patrimonio edilizio ha più di 40 anni e lo stock immobiliare è responsabile di circa il 33% del consumo di energia primaria. Il settore residenziale Italiano, attraverso l'attuazione di interventi di riqualificazione energetica degli edifici, presenta, pertanto, un notevole potenziale ai fini della riduzione del consumo di energia e delle emissioni di gas serra. I Governi hanno generalmente a disposizione un'ampia gamma di strumenti al fine di indurre gli investitori, ed in particolare i proprietari, ad intraprendere attività di ristrutturazione che rendano gli immobili più efficienti dal punto di vista energetico: investimenti diretti, strumenti normativi (ad esempio standard tecnologici e sulle prestazioni energetiche), strumenti economici, campagne di informazione e approcci volontari. A partire dal 2006, il Governo Italiano ha introdotto una serie di incentivi fiscali volti al miglioramento dell'efficienza energetica negli edifici residenziali. Durante il periodo 1998-2016 il costo per il Governo Italiano dovuto agli incentivi fiscali (quali ad esempio le detrazioni fiscali) è stato estremamente elevato rispetto al gettito. Gli incentivi si sono pertanto rivelati eccessivamente costosi e non efficaci rispetto al costo. Il disegno e l'implementazione di politiche di riqualificazione energetica degli edifici sono processi complessi che coinvolgono un gran numero

di variabili decisionali e attori. Politiche di incentivazione efficaci rispetto al costo dovrebbero, infatti, essere in grado di stimolare gli investimenti, ridurre i costi sociali e ambientali, nonché di promuovere l'innovazione tecnologica. Tale complessità è esacerbata dalla presenza di stringenti vincoli di bilancio e dalla mancanza di risorse finanziarie pubbliche. Al fine di favorire la realizzazione di interventi di riqualificazione efficaci rispetto al costo, il decisore pubblico deve prendere in considerazione, congiuntamente all'età degli edifici e ai materiali da costruzione, i costi e i benefici sociali, gli obiettivi nazionali ed europei, gli aspetti ambientali. In questo contesto, in cui è necessario perseguire molteplici obiettivi, gli approcci multicriteriali forniscono un appropriato quadro teorico-metodologico per affrontare la complessità dei numerosi fattori economici, fisici, sociali, culturali e ambientali che connotano il disegno di politiche di incentivazione. Nel presente contributo viene proposto un modello multicriteriale di aiuto alle decisioni per supportare il policy maker nell'identificazione delle priorità di implementazione di politiche di incentivazione sostenibili. In particolare, viene ideato e sviluppato un modello gerarchico multicriteriale, che fonda sull'Analytic Hierarchy Process (AHP), atto a creare un ranking degli strumenti di incentivazione degli investimenti in riqualificazione energetica degli edifici in Italia.

1. INTRODUZIONE

Gli edifici costruiti in Italia antecedentemente al 1990 rappresentano la maggioranza dello *stock* complessivo delle abitazioni (89%) e sono responsabili del 33% del consumo complessivo di energia primaria (CRESME, 2012; ENEA, 2017a; Ministero dello Sviluppo Economico, 2017). Durante l'ultimo decennio, il settore edile ha attraversato una fase di forte declino a causa della crisi economica scoppiata nel 2008, a seguito della quale le nuove costruzioni sono diventate una quota residuale rispetto agli interventi edilizi realizzati, rappresentando circa l'1% (su base annuale) dell'intero patrimonio edilizio. Il miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici residenziali è una questione cruciale in Italia, dove lo *stock* esistente presenta uno tra i maggiori potenziali in Europa per il risparmio energetico e la riduzione delle emissioni di gas serra (GHG), da realizzare in particolare attraverso interventi di riqualificazione ed efficientamento energetico (Artola *et al.*, 2016; Conticelli *et al.*, 2017). Al fine di perseguire il raggiungimento degli obiettivi di policy stabiliti dall'Unione Europea per il periodo compreso tra il 2020 e il 2030, il Governo e le istituzioni Italiane hanno posto grande attenzione alla questione della riqualificazione energetica degli edifici esistenti, promuovendo azioni rapide ed efficaci di profondi rinnovamenti energetici degli edifici esistenti.

Il rapporto annuale dell'ENEA del 2017 rivela, infatti, che il consumo di energia primaria in Italia nel 2015 è stato pari a circa 156,2 Mtep e che la domanda nel settore residenziale è aumentata del 10% rispetto al 2014, fino a raggiungere le 32,5 Mtep. In ottemperanza al raggiungimento degli obiettivi Europei del Quadro per il Clima e l'Energia 2030 relativi alle riduzioni delle emissioni da gas serra, l'Italia dovrebbe risparmiare sull'energia primaria una quota minima di 25,8 Mtep nel periodo 2014-2020 (ENEA, 2017a). Al fine di attuare la direttiva 2010/31/UE, meglio conosciuta come Direttiva Europea sulla Prestazione Energetica nell'Edilizia (EPBD) e in conformità con la Strategia Energetica Nazionale del 2017 (SEN), il Governo Italiano intende: a) rafforzare le azioni che possono impattare sull'alto potenziale di risparmio energetico attualmente non sfruttato nel settore edilizio e rafforzare i meccanismi di controllo e sanzione; b) introdurre strumenti di policy per l'implementazione di misure volte al miglioramento dell'efficienza energetica nelle pubbliche amministrazioni; c) stimolare la pianificazione energetica e lo sviluppo urbano sostenibile, introducendo modelli innovativi di pianificazione urbana e dei flussi energetici, di efficienza della rete, ristrutturazione e riqualificazione energetica degli edifici; d) adottare piani per promuovere lo sviluppo sostenibile delle fonti energetiche rinnovabili.

Ciononostante, l'attuale tasso di ristrutturazione degli edifici esistenti è pari a circa il 2% e la maggior parte degli interventi di retrofit energetico genera riduzioni dei consumi di energia modesti che vanno dal 20% al 30%, con un potenziale sfruttato di almeno il 60% (Atanasiu e Kouloumpi, 2013; BPIE, 2015; Building Stock Observatory, 2018). I dati sopracitati rivelano, quindi, da un lato, che le attuali politi-

che e le iniziative del settore risultano inadeguate nel favorire gli investimenti e, dall'altro, che gli interventi di riqualificazione energetica sono ancora troppo limitati per portare ad una efficace riduzione dei consumi energetici degli edifici esistenti. Oltre alle barriere tecniche, finanziarie e sociali, alla struttura proprietaria e occupazionale che influenza fortemente la fattibilità e la numerosità delle ristrutturazioni economicamente vantaggiose, è interessante notare che i proprietari sono spesso riluttanti al rinnovamento a causa della limitata disponibilità di capitale, dell'incertezza sulla effettiva entità del risparmio energetico, dei rendimenti finanziari e dell'affidabilità degli appaltatori (Wilson *et al.* 2015; Conticelli *et al.* 2017; Wilson *et al.*, 2018).

Per indurre i proprietari a intraprendere interventi di riqualificazione energetica degli edifici, i Governi possono introdurre un'ampia gamma di politiche di incentivazione: investimenti diretti, strumenti normativi (quali ad esempio l'imposizione di standard tecnologici e sulle prestazioni energetiche), strumenti economici, campagne di informazione e approcci volontari (Lee e Yik, 2004; Atanasiu *et al.*, 2014). Dal 2006, il Governo italiano ha introdotto una serie di incentivi fiscali al fine di favorire le azioni di miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici, in particolare residenziali. Durante il periodo 1998-2016, il costo per il Governo Italiano dovuto all'erogazione degli incentivi fiscali (nella forma di detrazioni fiscali) è stato di circa 108,7 miliardi di euro, mentre il gettito è stato di circa 89,8 miliardi di euro. Il saldo finale è quindi negativo: a fronte di una perdita di 18,9 miliardi di euro (quasi 1 miliardo di euro all'anno), gli incentivi si sono rivelati eccessivamente costosi e non efficaci rispetto al costo (ENEA, 2017b).

Il disegno e l'implementazione di politiche di incentivazione degli interventi di riqualificazione energetica degli edifici sono processi complessi che coinvolgono un gran numero di variabili decisionali e di attori. Politiche di incentivazione disegnate in maniera ottimale dovrebbero, infatti, essere in grado di stimolare gli investimenti, promuovere l'innovazione e ridurre i costi sociali e ambientali. Tale complessità è esacerbata dalla presenza di vincoli di bilancio stringenti e dalla mancanza di risorse finanziarie pubbliche.

Al fine di favorire l'attuazione di strategie di retrofit efficaci rispetto al costo, il decisore pubblico deve prendere in considerazione, oltre all'età degli edifici e ai materiali da costruzione, i costi e i benefici sociali, gli obiettivi fissati dall'Unione Europea, nonché gli aspetti e i problemi ambientali. In questo contesto, in cui obiettivi multipli e spesso conflittuali devono essere perseguiti, gli approcci multicriteriali forniscono un adeguato quadro teorico-metodologico di riferimento per affrontare la complessità dei fattori economici, fisici, sociali, culturali e ambientali che caratterizzano il disegno di politiche di incentivazione a sostegno degli interventi di riqualificazione energetica degli edifici.

Nel presente contributo, viene proposto un *framework* teorico-metodologico per supportare il *policy maker* nel-

l'identificazione e nella prioritizzazione di strumenti e politiche di incentivazione sostenibili. In particolare, implementando congiuntamente l'approccio del *Value Focused Thinking* e dei processi decisionali di gruppo (*Group Decision Making*), viene ideato e sviluppato un modello gerarchico multicriteriale fondato sull'Analytic Hierarchy Process (AHP), che consente di creare un ordinamento (dal migliore al peggiore) degli strumenti di incentivazione degli investimenti in riqualificazione energetica del patrimonio immobiliare residenziale italiano.

Al fine di strutturare il problema decisionale, è stata condotta un'ampia revisione della letteratura ed è stato intervistato un *pool* di esperti, in rappresentanza di diversi gruppi di *stakeholder*, implementando un processo di indagine iterativo di tipo Delphi. La restante parte del contributo è strutturata come segue. Nel paragrafo 2 vengono esaminati gli strumenti di policy adottati a livello Europeo; nel paragrafo 3 è presentato il quadro teorico-metodologico di riferimento, sono illustrati il processo di strutturazione del problema decisionale e la metodologia utilizzata; nel paragrafo 4 è illustrato il modello e vengono discussi i risultati; le considerazioni conclusive sono riportate nel paragrafo 5.

2. POLITICHE DI INCENTIVAZIONE

Per ridurre le emissioni dei gas serra prodotte nel settore residenziale, negli ultimi anni molti Paesi dell'Unione Europea hanno attuato politiche di incentivazione per promuovere gli interventi di miglioramento dell'efficienza energetica dei fabbricati. Gli investimenti nel settore riguardano solitamente specifici interventi di ristrutturazione o riqualificazione dell'edificio, come, ad esempio, la realizzazione di un pacchetto per l'isolamento termico dell'involucro esterno e la sostituzione o l'installazione di sistemi di riscaldamento e raffreddamento ad alta efficienza (Alberini and Bigano, 2015; Evola and Margani, 2016; Conticelli *et al.*, 2017)¹. Negli edifici esistenti la misura in cui viene raggiunta la potenziale riduzione dei consumi di energia dipende dal grado e dal livello della ristrutturazione stessa. Di conseguenza, le politiche di incentivazione devono essere in grado di superare una serie di barriere alla realizzazione degli interventi, che, come in Artola *et al.* (2016), possono essere classificate in: barriere finanziarie (ad esempio legate agli alti costi di ristrutturazione, alle

modalità di accesso ai finanziamenti e ai relativamente bassi prezzi dell'energia), barriere di natura tecnica (quali ad esempio la mancanza di soluzioni tecniche adeguate, l'impreparazione e lo scarso livello di conoscenza dei professionisti), barriere di processo (quali ad esempio la frammentazione della filiera di approvvigionamento), barriere legate all'attività di regolamentazione (quali ad esempio l'incertezza sui requisiti in termini di prestazioni) e barriere legate alla scarsa consapevolezza (quali ad esempio la mancanza di conoscenza relativa alla gamma di benefici derivanti dagli interventi di ristrutturazione).

Oltre a realizzare investimenti diretti, i Governi possono introdurre un'ampia gamma di misure di policy volontarie e cogenti per favorire i processi di riqualificazione energetica dei fabbricati esistenti. Queste misure possono essere classificate in tre categorie principali: strumenti normativi, strumenti finanziari e fiscali, campagne di informazione e procedure di certificazione delle prestazioni energetiche (Dresner and Ekins, 2006; Dongyan, 2009; Castellazzi *et al.*, 2016; Bottero *et al.*, 2019; Bonifaci and Copiello, 2019). La prima categoria comprende i regolamenti obbligatori, le norme relative all'introduzione di standard minimi di prestazione energetica, gli obblighi di ristrutturazione e di miglioramento dell'efficienza energetica. La seconda categoria comprende sussidi e strumenti finanziari, sovvenzioni per la ricerca (quali ad esempio, il programma Horizon 2020), programmi di sviluppo e innovazione (quali ad esempio i programmi per la realizzazione di contatori intelligenti – *smart meter*), incentivi fiscali e società di servizi energetici (ESCo). Gli strumenti appartenenti all'ultima categoria comprendono campagne di sensibilizzazione e di informazione, la certificazione delle prestazioni energetiche e i sistemi di classificazione energetica volontaria. La teoria economica suggerisce che, se gli incentivi e gli approcci normativi sono disegnati in modo ottimale essi producono lo stesso risultato in termini di efficienza e di massimizzazione del benessere collettivo. Nella pratica però, a causa delle asimmetrie informative, dell'incompletezza dei mercati e della non convessità delle preferenze, l'implementazione di queste politiche solleva diversi argomenti di discussione a favore o contro il relativo successo.

1) Strumenti normativi

Gli strumenti normativi sono efficaci nel raggiungere l'obiettivo essendo obbligatori (approccio del tipo "comando e controllo"). Essi non generano costi diretti per il Governo (quali ad esempio esborsi monetari diretti), sebbene rappresentino un onere per i proprietari dei fabbricati, e possono essere abbinati ad altri standard quali ad esempio quelli su igiene e sicurezza. Poiché i regolamenti edilizi sono presenti in tutti i paesi dell'Unione Europea, l'implementazione di strumenti normativi di policy potrebbe richiedere solo una modifica dei regolamenti esistenti. Ciononostante, la loro efficacia potrebbe diminuire per eventuali problemi di implementazione causati dalla scarsa accettazione politica e sociale, nonché dalla necessità di

¹ La Direttiva Europea sulla Prestazione Energetica nell'Edilizia (EPBD), insieme alla Direttiva sull'Efficienza Energetica (EED), alla Direttiva sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili (RED), alla Direttiva 2009/125/CE (Direttiva relativa all'istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti connessi all'energia) e la Direttiva 2010/30/UE (Direttiva concernente l'indicazione del consumo di energia e di altre risorse dei prodotti connessi all'energia, mediante l'etichettatura ed informazioni uniformi relative ai prodotti all'etichettatura energetica) sono gli elementi chiave della legislazione dell'Unione Europea in materia di miglioramenti a lungo termine delle prestazioni energetiche del patrimonio immobiliare europeo.

definire un quadro operativo di applicazione degli stessi (quali ad esempio la definizione degli standard e l'accreditamento dei revisori dei conti, ecc.). Le misure normative richiedono spesso un lungo periodo di applicazione per ottenere il supporto politico e sociale e ciò potrebbe comportare potenziali ritardi nel conseguimento dei risultati sperati. A livello Europeo, sono numerosi gli esempi di implementazione di codici e regolamenti edilizi e di standard di prestazione energetica obbligatori, come ad esempio gli standard minimi di prestazione energetica degli edifici in Germania "Energieeinsparverordnung - EnEV" (Artola *et al.*, 2016).

2) Strumenti finanziari e fiscali

A partire dagli anni '70, gli strumenti finanziari più comuni introdotti in Europa sono stati sovvenzioni e sussidi, prestiti e incentivi fiscali (Atanasiu *et al.*, 2014; D'Alpaos, 2017; Bottero *et al.*, 2019). I sussidi e gli altri strumenti finanziari sono stati ampiamente adottati e, a condizione che siano ben progettati, possono essere efficaci ed essere maggiormente diretti alle famiglie a basso reddito, contribuendo così a risolvere i problemi legati alla povertà energetica (*fuel poverty*). Tuttavia, per essere messi in atto, sono necessari un budget dedicato e un organo amministrativo, e quest'ultimo, a sua volta, aumenta i costi per il Governo. Inoltre, attraverso la loro implementazione si corre il rischio di attrarre dei beneficiari che avrebbero comunque intrapreso l'investimento anche in assenza di incentivi (vale a dire i *free-riders*). Per evitare l'uso improprio di questi incentivi, i criteri di ammissibilità devono essere adeguatamente definiti e occorre un severo controllo; essi, pertanto, possono diventare difficili ed estremamente costosi da implementare. Esempi di programmi di sussidi introdotti a livello europeo sono il programma francese Habiter Mieux e il programma del German Reconstruction Credit Institute (KfW). Gli schemi di incentivi fiscali sono ampiamente adottati nei paesi dell'Unione Europea, attraggono finanziamenti privati e possono essere applicati sia alle ristrutturazioni che ai prodotti. Per contro, gli incentivi fiscali possono generare costi significativi per il Governo dovuti a una diminuzione del gettito fiscale, attrarre i *free-riders* e produrre un effetto di sovra-investimento analogo all'effetto Averch-Johnson nelle imprese regolate. Gli schemi fiscali relativi alle riduzioni delle imposte sugli acquisti o gli incentivi fiscali sono implementati in Italia, Francia e Belgio (Artola *et al.*, 2016). Infine, le Società di Servizi Energetici (ESCO) risultano essere un'alternativa allettante per gli investitori, in quanto utilizzano il denaro risparmiato attraverso gli investimenti in efficienza energetica per ripagare l'investimento di capitale iniziale, consentono di superare la barriera degli incentivi frammentati (*split incentive*) e il dilemma investitore/utente (ovvero la barriera proprietario/inquilino). Nondimeno, richiedono importanti azioni di regolamentazione per l'assegnazione delle tariffe e comportano difficoltà nel determinare il risparmio energetico che non può essere misurato direttamente.

3) Campagne di informazione e di sensibilizzazione

Le campagne di informazione e di sensibilizzazione sono altamente accettabili dal punto di vista sociale e politico, possono favorire decisioni informate sull'uso dell'energia, sulla condizione di vita e possono migliorare i rapporti tra proprietari e inquilini. Ciononostante, si rivolgono al senso di responsabilità degli individui al fine di incoraggiare gli investimenti in efficientamento energetico dei fabbricati e, pertanto, la loro efficacia può essere discutibile. La loro efficacia ed efficienza sono inoltre difficili da dimostrare, perché è molto complicato isolare e dimostrare il nesso causale e l'influenza di tali schemi sulla riduzione dei consumi energetici.

Se da un lato è stata ampiamente dimostrata la grande consapevolezza dei proprietari degli immobili e degli inquilini sui costi di ristrutturazione e sui relativi oneri, dall'altro vi è una scarsa consapevolezza sui benefici delle ristrutturazioni e, in particolare, sui benefici relativi all'aumento del valore di mercato dell'immobile (Cerin *et al.*, 2014; Caneisi *et al.*, 2016; De Ruggero *et al.*, 2017).

La Figura 1 fornisce una panoramica dei principali strumenti economici implementati nel 2013 nell'Unione Europea (Economidou e Bertoldi, 2014).

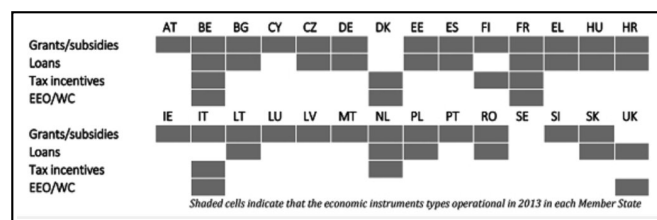


Figura 1 - Principali strumenti economici implementati nell'Unione Europea nel 2013 e atti a favorire l'efficientamento energetico

(Fonte: Economidou e Bertoldi, 2014. Finanziamento delle ristrutturazioni a fini energetici degli edifici: esperienze attuali e prospettive future)

3. STRUTTURAZIONE DEL PROBLEMA E METODOLOGIA

La valutazione delle politiche pubbliche ai fini della loro potenziale implementazione è una questione complessa: gli interessi in gioco sono molteplici, il corso delle decisioni è costoso da modificare, le loro conseguenze durano per un lungo periodo di tempo e influenzano i diversi *stakeholder*, il cui benessere è fondamentale per un'implementazione di successo delle politiche stesse. Gli *stakeholders* possono, infatti, avere diversi punti di vista. Le decisioni relative all'attuazione di strumenti di policy finalizzati alla promozione degli investimenti in riqualificazione energetica degli edifici dovrebbero, pertanto, essere affrontate analogamente a un problema decisionale complesso, in cui devono essere presi in considerazione molteplici criteri e molteplici obiettivi spesso conflittuali. In

letteratura, le metodologie multicriteriali di aiuto alla decisione (MCDA) sono riconosciute essere strumenti efficaci per investigare e risolvere problemi decisionali di rilevanza strategica (Belton e Stewart, 2001; Keeney, 2004; Schuwirth *et al.*, 2012; Ishizaka e Nemery, 2013; Greco *et al.*, 2017; Marinakis *et al.*, 2017), quali sono quelli relativi all'efficiamento energetico degli edifici.

I modelli multicriteriali (MCDM) sono stati ampiamente proposti in letteratura per risolvere ad esempio problemi relativi alla selezione di tecnologie verdi e alla progettazione di edifici a basse emissioni di carbonio (Dawood *et al.*, 2013; Re Cecconi *et al.*, 2017; D'Alpaos and Bragolusi, 2018; D'Alpaos and Bragolusi, 2019). Tuttavia, secondo una recente rassegna della letteratura condotta da D'Alpaos e Bragolusi (2018), sono pochi i contributi che studiano e propongono approcci di tipo MCDA e MCDM per la valutazione delle politiche pubbliche (Haddad *et al.*, 2017; Dias *et al.*, 2018; Kaya *et al.*, 2018; Chen and Lin, 2018; Katal and Fazelpour, 2018).

3.1 Strutturazione del problema

La strutturazione del problema è una fase fondamentale quando si affronta un qualsiasi problema decisionale, che coinvolge molteplici attori e punti di vista, nonché interessi conflittuali da conciliare. Tale fase diventa di fondamentale importanza quando le alternative non sono progettate nel dettaglio, come nel caso in esame in cui la specificazione delle politiche può essere costosa e onerosa in termini di tempo. Un'efficace strutturazione del problema è quindi un nodo cruciale del processo decisionale, poiché le fasi successive sono fortemente influenzate da quella di strutturazione e definizione del problema stesso (Belton e Stuart, 2010; Franco e Montibeller, 2011; Marttunen *et al.*, 2017).

Seguendo Dias *et al.*, (2018), al fine di strutturare il problema decisionale sono state individuate e affrontate tre principali domande di ricerca:

- 1) Quali sono gli obiettivi da perseguire nella progettazione di strumenti di policy finalizzati alla promozione di interventi di riqualificazione energetica degli edifici esistenti?
- 2) Quali sono le politiche da valutare?
- 3) Quale tipo di problema decisionale tra scelta, ordinamento, classificazione e descrizione (Roy, 1996), deve essere risolto?

Nel presente lavoro, ciascun obiettivo da perseguire, attraverso l'implementazione di una specifica policy, corrisponde a un criterio di valutazione, appositamente identificato per valutare l'impatto di ciascuno strumento di policy nel raggiungimento dell'obiettivo in esame.

Al fine di ottenere l'elenco delle politiche e dei relativi obiettivi, è stata condotta un'approfondita revisione della letteratura e sono stati analizzati i programmi per l'edilizia e le politiche europee (Progetto ENTRANZE 2012-2014); sono stati, inoltre, intervistati accademici, esperti del settore

e *policy maker*. La revisione della letteratura, le interviste e l'analisi delle esperienze internazionali e del contesto Italiano hanno anche fornito informazioni in merito all'identificazione delle politiche da valutare e alla problematica da risolvere. L'esito della valutazione ha portato ad una classificazione degli strumenti, che ha consentito di ottenere informazioni unicamente sulle modalità di confronto delle politiche e non sul loro merito o valore intrinseco (Dias *et al.*, 2018)². Seguendo un approccio di tipo *reference-based*, ispirato al lavoro fondamentale di Roy (1996), le politiche sono state valutate su base qualitativa, secondo giudizi esperti forniti da diversi stakeholders³ (Dias *et al.*, 2018). Tuttavia, a differenza di Dias *et al.*, (2018), il cui risultato finale consiste in una *sorting* ordinale delle alternative, per aggregare i giudizi degli esperti e risolvere il problema di classificazione e individuare l'ordinamento finale, è stato implementato l'Analytic Hierarchy Process (AHP) di Saaty. Stante l'impossibilità di riunirli insieme in un workshop o in *focus group*, gli esperti e gli *stakeholder* sono stati coinvolti in una *survey* condotta utilizzando il processo Delphi, che ha consentito di ottenere le opinioni di intervistati dispersi geograficamente, ponendo un insieme di domande di elicitazione in modo qualitativo, senza che fosse richiesta alcuna *expertise* sull'uso dei metodi MCDM. È stato utilizzato il metodo Delphi per valutare gli impatti di ciascuna politica su ciascun obiettivo e l'importanza relativa degli obiettivi, nonché per effettuare una serie di confronti a coppie tra le diverse politiche di incentivazione.

3.2 Metodo

L'Analytic Hierarchy Process (AHP), proposta da Saaty negli anni '80 (Saaty, 1980), è una tecnica multicriteriale consolidata e ampiamente utilizzata per affrontare decisioni complesse a obiettivi multipli, in quanto consente di introdurre nel modello di valutazione un numero significativo di criteri e i relativi *trade-off* (Saaty, 2000; De Felice e Petrillo, 2013; Grafakos *et al.*, 2015; Garbuzova-Schliftern, 2016; Banzato *et al.*, 2018). L'AHP fonda sull'ipotesi che il decisore, il *decision-maker*, sia sempre in grado di esprimere una preferenza e di giudicare l'importanza relativa dei parametri di valutazione (l'incomparabilità non è ammessa), consentendo così la definizione di un insieme ordinato di preferenze. L'AHP è una teoria della misura relativa di criteri intangibili, in base alla quale la scala di priorità è derivata tramite la tecnica del confronto a coppie (Saaty, 2016). L'approccio gerarchico à la Saaty, garantisce la possibilità di valutare criteri (quantitativi e qualitativi) e alternative uti-

² Tale ranking non consente di stabilire se l'alternativa migliore sia effettivamente efficace rispetto al costo e valida da implementare.

³ Una misura e una valutazione accurate degli impatti (es. ambientali, economici, e sociali) di ciascuna politica non è tra gli obiettivi del presente lavoro. Tale valutazione, inoltre, richiederebbe l'attuazione di un ambizioso programma di ricerca in cui sviluppare studi di carattere ambientale, sociale ed economico, i cui costi sono nettamente superiori alle attuali risorse finanziarie disponibili.

lizzando la medesima scala di preferenze. Nello specifico, l'AHP consente di decomporre il problema decisionale iniziale in sub-problemi secondo una struttura ad albero, e di sviluppare così una gerarchia.

È comunemente riconosciuto in letteratura che la struttura gerarchica consente agli utenti di focalizzare meglio la propria attenzione su criteri e sub-criteri nella fase assegnazione dei pesi/priorità relativi (Ishizaka e Labib, 2011). Nella parte superiore della gerarchia è posto l'obiettivo del problema decisionale (ad esempio in questo caso la classificazione degli strumenti di policy), mentre i criteri e i sub-criteri, che contribuiscono all'obiettivo, sono collocati ai livelli inferiori. Le alternative da valutare sono collocate all'ultimo livello della gerarchia (Saaty, 1980). Una volta strutturata la gerarchia e raccolti i dati di supporto (cioè i dati di input del modello) è possibile valutare le alternative rispetto a un numero finito di attributi (criteri, sub-criteri, ecc.) effettuando dei confronti a coppie per determinare l'importanza relativa degli attributi. Gli psicologi sostengono che sia più facile esprimere la propria opinione ed esprimere un giudizio prendendo in esame due soli elementi piuttosto che tutti gli elementi simultaneamente. I confronti a coppie tra un insieme comparabile di elementi sono espressi attraverso giudizi verbali i quali sono successivamente convertiti in valori numerici secondo la scala fondamentale di Saaty (Saaty, 1980). I giudizi verbali sono convertiti in una scala di rapporti di numeri interi da 1 a 9 (Tabella, 1) che si è dimostrata invariante rispetto a piccole variazioni dei giudizi numerici (Saaty, 1990). Le scale di rapporti secondo Saaty (1994) rappresentano l'unica misura possibile se si vogliono aggregare le valutazioni di oggetti diversi in una somma pesata (Ishizaka e Labib, 2011).

Tabella 1 - Scala fondamentale di Saaty (fonte: Saaty, 1990)

Importanza	Definizione
1	Uguale importanza
3	Un po' più importante
5	Più importante
7	Molto più importante
9	Estremamente più importante
2,4,6,8	Valori intermedi

Attraverso i confronti a coppie di attributi e alternative, il decisore fornisce la propria preferenza soggettiva (importanza relativa) sul dominanza di: a) un attributo rispetto ad un altro nei confronti dell'obiettivo; b) un'alternativa rispetto ad un'altra rispetto a ciascun attributo. Ad ogni livello, attraverso i confronti a coppie viene determinata l'importanza relativa degli elementi rispetto al nodo decisionale del livello precedente (Saaty, 2000). Quando si fanno i confronti tra due elementi appartenenti a un livello della gerarchia rispetto a un elemento che cade nel livello successivo viene identificato quello la cui importanza relativa è maggio-

re. L'intensità di preferenza di tale elemento rispetto all'altro è espressa mediante numeri interi che vanno da 1 (uguale importanza o preferenza) a 9 (importanza o preferenza estrema), mentre il valore reciproco viene utilizzato per confrontare l'elemento di minore importanza rispetto a quello di importanza maggiore. La procedura di confronto a coppie porta pertanto alla compilazione di matrici quadrate $n \times n$, reciproche e definite positive, dove il coefficiente a_{ij} rappresenta l'importanza relativa dell'elemento sulla riga i -esima rispetto all'elemento sulla colonna j -esima (Saaty, 1980; Saaty, 2000; Saaty e Peniwati, 2012).

Le priorità, ovvero i pesi, w_1, \dots, w_n sono derivate per matrici consistenti o pressoché consistenti e sono tali che ogni rapporto w_i/w_j è riferito al coefficiente a_{ij} della rispettiva matrice di confronto a coppie. Le priorità sono determinate utilizzando l'approccio agli autovalori, diagonalizzando cioè le matrici di confronto a coppie. L'autovettore principale della matrice consistente A di dimensione $n \times n$ di confronto a coppie rappresenta, infatti, il vettore delle priorità della matrice stessa. È possibile dimostrare che il vettore principale di una matrice quasi consistente, ottenuto attraverso una perturbazione piccola e continua di una matrice consistente A sottostante, può essere ottenuto come perturbazione del corrispondente autovettore principale della matrice A stessa (Saaty, 2003).

Poiché le priorità sono derivate per matrici consistenti o quasi consistenti, per verificare la consistenza di tali matrici Saaty introduce l'indice di consistenza IC (Saaty, 1977):

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (1)$$

dove λ_{max} è l'autovalore massimo ed n è il rango della matrice di confronto a coppie.

Valori di $IC < 0.10$ sono usualmente considerati accettabili (Saaty, 1980).

Le priorità w_1, \dots, w_n ottenute per le matrici di confronto a coppie sono usualmente normalizzate in due modi diversi:

$$\sum_j w_j = 1 \quad (2)$$

$$\max_j w_j = 1 \quad (3)$$

A seconda della procedura di normalizzazione utilizzata, si ottengono due distinte versioni dell'AHP: a) la modalità distributiva (i vettori di priorità sono "Normali"), che adotta la normalizzazione (2); b) e la modalità ideale (vettori di priorità "Ideali"), che adotta la normalizzazione (3) (Saaty e Vargas, 1993). Il ranking globale delle alternative è, quindi, ottenuto tramite una procedura di aggregazione (ponderata), partendo dal livello più basso della gerarchia sino al livello più alto (D'Alpaos e Bragolusi, 2019). L'AHP adotta il principio della composizione gerarchica per ottenere le priorità delle alternative rispetto ai criteri, a partire dalle priorità espresse rispetto a ciascun criterio (Saaty, 2003). In corrispondenza di un nodo, le priorità locali dei criteri sono

moltiplicate per priorità locali del nodo genitore corrispondente (Saaty, 1980). La composizione gerarchica consiste nella moltiplicazione di ciascuna priorità di un'alternativa per la priorità del criterio corrispondente e nel sommare poi rispetto a tutti i criteri, per ottenere la priorità generale di tale alternativa (Saaty, 2003, p. 86). Alla fine di tale procedura è stata eseguita un'analisi di sensitività per convalidare la soluzione e testare possibili inversioni di ordinamento (*rank reversal*).

4. MODELLO E RISULTATI

Al fine di strutturare il problema decisionale e fornire il modello gerarchico per la classificazione degli strumenti di policy più adatti nel promuovere la riqualificazione energetica degli edifici esistenti in Italia, è stata condotta un'ampia revisione della letteratura sulle esperienze maturate in ambito europeo in termini di attuazione di politiche incentivanti e sono stati organizzati degli incontri con *policy maker*, accademici rappresentanti delle autorità di regolamentazione. Al termine di questo processo strutturato, basato sui principi del *Value Focused Thinking* (Keeney, 1992; Dias *et al.*, 2018), è stato possibile ottenere il seguente elenco di obiettivi, considerati rilevanti nel contesto Italiano (Tabella 2):

- O1 Riduzione della povertà energetica;
- O2 Aumento dell'accettabilità sociale/politica;
- O3 Riduzione dei costi di investimento privati;
- O4 Riduzione dei costi per il Governo;
- O5 Aumento di valore del patrimonio immobiliare;
- O6 Riduzione del consumo di energia primaria.

Come precedentemente menzionato nella sezione 2.1, nel presente lavoro ogni obiettivo corrisponde a un criterio in base al quale viene valutato l'impatto di ciascuno strumento di *policy* nel raggiungimento dell'obiettivo considerato. La revisione della letteratura e delle esperienze internazionali e nazionali e le indicazioni fornite dagli esperti intervistati hanno anche fornito informazioni sulla individuazione degli strumenti di *policy* da valutare (Tabella 2):

- P1 Detrazioni fiscali
- P2 Sovvenzioni dirette o sussidi;
- P3 Regimi di prestiti agevolati;
- P4 Formazione, istruzione e qualificazione;
- P5 Imposizione di standard di efficienza energetica.

Sebbene non siano potenzialmente mutuamente esclusivi, i suddetti strumenti di *policy* sono stati considerati rilevanti dalle parti interessate e dagli esperti consultati, nell'ipotesi che il *policy maker* possa attribuire la priorità di implementazione sulla base della classifica finale ottenuta. Gli strumenti di *policy* e i relativi pro e contro, l'insieme delle alternative e l'insieme degli obiettivi sono stati analizzati, in un processo di discussione dinamica, con un sottinsieme di *stakeholders*, i quali hanno anche validato la gerarchia (Figura 2). Gli strumenti sono stati valutati dal

Tabella 2 - Elenco dei criteri/obiettivi e delle alternative/strumenti di policy

Criteri/Obiettivi	Alternative/Strumenti di policy
O1 Riduzione della povertà energetica	P1 Detrazioni fiscali
O2 Aumento dell'accettabilità sociale/politica	P2 Sovvenzioni dirette o sussidi
O3 Riduzione dei costi di investimento privati	P3 Regimi di prestiti agevolati
O4 Riduzione dei costi per il Governo	P4 Formazione, istruzione e qualificazione
O5 Aumento di valore del patrimonio immobiliare	P5 Imposizione di standard di efficienza energetica
O6 Riduzione del consumo di energia primaria	

punto di vista qualitativo e la valutazione è stata basata sui giudizi di 18 esperti appartenenti a diversi gruppi di *stakeholders* (Saaty e Peniwati, 2012, Dias *et al.*, 2018), che sono stati intervistati in un processo di indagine di tipo Delphi. In linea con Dias *et al.*, (2018), il gruppo di esperti rappresenta tre punti di vista principali: la prospettiva del Governo, la prospettiva aziendale e del mercato e la prospettiva della conoscenza. Il panel di esperti comprende *policy maker*, rappresentanti di autorità di regolamentazione e di società pubbliche, nonché rappresentanti di imprese di costruzioni, gestori di *asset* immobiliari, rappresentanti di associazioni di inquilini e proprietari, e infine, accademici e consulenti.

Il processo Delphi è stato implementato per accertare, in base alla scala fondamentale di Saaty, le opinioni dei diversi *stakeholders* relative all'impatto di ciascuna politica su ciascun obiettivo, e per determinare l'importanza relativa degli obiettivi e delle alternative. È stata dapprima presentata una bozza del questionario al gruppo di ricerca degli autori e successivamente sono state riformulate in maniera più chiara alcune domande e alcune descrizioni; gli esperti sono stati quindi sottoposti a due tornate di questionari e sono stati incoraggiati a rivedere le loro risposte sulla base di quelle fornite dagli altri membri del panel. A conclusione del processo di *survey* la Delphi è stato possibile ottenere le matrici di confronto a coppie compilate da ciascun esperto. Il processo di aggregazione dei giudizi di ogni esperto, è stato effettuato calcolando la media geometrica dei singoli giudizi (Tabella 3), attraverso la quale è stato così ottenuto un singolo confronto a coppie come giudizio rappresentativo dell'intero gruppo di esperti intervistato (Xu, 2000; Grošelj and Zadnik Stirn, 2012; Dong and Saaty, 2014).

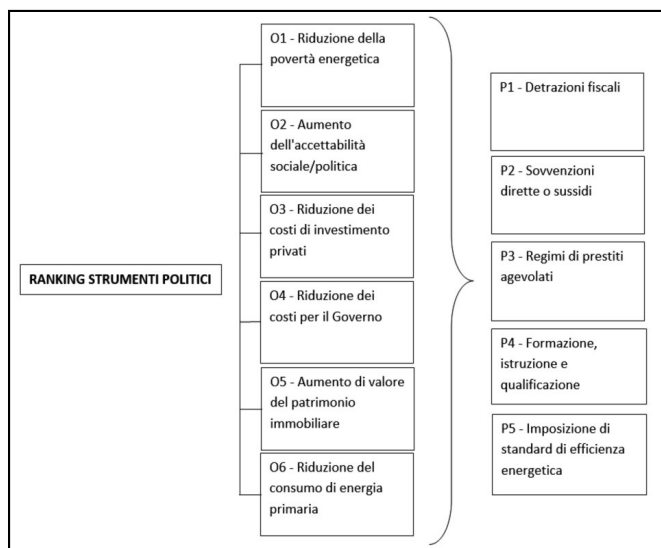


Figura 2 - Gerarchia

Tabella 3 - Vettore prioritario Criteri/Obiettivi (Normale e Ideale)

Ranking dei Criteri/Obiettivi	Normale	Ideale
O2 Aumento dell'accettabilità sociale/politica	0.21561	1.00000
O1 Riduzione della povertà energetica	0.19404	0.89994
O4 Riduzione dei costi per il governo	0.17673	0.81966
O5 Aumento di valore del patrimonio immobiliare	0.13876	0.64356
O6 Riduzione del consumo di energia primaria	0.13709	0.63580
O3 Riduzione dei costi di investimento privati	0.13777	0.63897

Nella fase finale del processo, è stato ottenuto il vettore finale delle priorità e sono state definite le priorità delle alternative (vale a dire degli strumenti di policy) rispetto all'obiettivo (Tabella 4).

Tabella 4 - Classifica delle alternative e dei vettori prioritari finali (Normali e Ideali)

Ranking delle Alternative Strumenti di Policy	Normale	Ideale
P2 Sovvenzioni dirette o sussidi	0.33528	1.00000
P4 Imposizione di standard di efficienza energetica	0.22683	0.67655
P3 Regimi di prestiti agevolati	0.15460	0.46111
P1 Detrazioni fiscali	0.15202	0.45340
P5 Formazione, istruzione e qualificazione	0.13127	0.39153

Dall'analisi dei vettori delle priorità illustrati nella Tabella 3, emerge come l'accettabilità sociale/ politica O2 sia considerata l'obiettivo più importante da perseguire. Il successo dell'implementazione di qualsiasi politica o strumento politico è subordinato infatti al livello di consenso che è in grado di creare. La riduzione della povertà energetica O1 risulta essere il secondo obiettivo da perseguire in termini di importanza; essa, costituisce infatti un problema sociale rilevante per i governi che devono garantire l'accesso all'energia alle famiglie a basso reddito. Risulta inoltre essere, una problematica ancora più complessa da affrontare e risolvere nei periodi di crisi finanziaria durante i quali, un numero sempre più crescente di famiglie non è in grado di riscaldare le proprie abitazioni a costi contenuti.

Al contrario, la riduzione dei costi di investimento privati O3 ha una priorità inferiore rispetto agli altri obiettivi: In letteratura (D'Alpaos e Bragolusi, 2018, Bottero *et al.*, 2019) è stato dimostrato, infatti, che i costi di investimento privati possono essere compensati dai benefici tangibili e intangibili (ad esempio, risparmio di costi energetici, aumento del benessere degli occupanti, ecc.) ottenuti dagli investitori a seguito della realizzazione di interventi di riqualificazione energetica degli edifici esistenti. Tale risultato è piuttosto intuitivo, poiché sovvenzioni dirette e sussidi si sono rivelati efficaci e sono stati ampiamente implementati in Europa. Sovvenzioni dirette e sussidi possono essere principalmente diretti alle famiglie a basso reddito e contribuire così a contrastare il problema della povertà energetica; sono inoltre caratterizzati dall'aver un'alta accettabilità sociale e politica. Tuttavia, essi possono generare un aumento dei costi del Governo e contribuire all'insorgere di comportamenti da *free-rider*. Il secondo strumento di policy in ordine di importanza risulta essere l'Imposizione degli standard di efficienza energetica P4. Tale strumento è molto efficace, essendo di natura coercitiva, e la sua implementazione non genera costi diretti per il Governo, ad eccezione di quelli relativi al controllo dell'effettiva applicazione e del rispetto degli standard. Questi ultimi, sono molto bassi rispetto ai costi diretti generati da sussidi e sovvenzioni. Infine, questa *policy*, se implementata nell'ambito dell'edilizia residenziale pubblica, può risultare molto efficace nel fronteggiare il problema della povertà energetica: rendendo obbligatorio il raggiungimento di standard elevati di rendimento energetico, l'edificio genererà bassi consumi energetici e, conseguentemente, costi energetici contenuti.

Al contrario, le detrazioni fiscali P1 si collocano al livello inferiore della gerarchia, a causa dei potenziali costi per i Governi (legati ad esempio alla diminuzione del gettito) e dei connessi costi amministrativi. Infine, le campagne di formazione, istruzione e informazione P5 rappresentano un "approccio *soft*" in quanto, rispetto a strumenti quali gli

incentivi fiscali, risultano essere a basso costo. Tuttavia, tale strumento di policy può rivelarsi poco efficace, poiché la sua capacità di successo si basa sul senso di responsabilità individuale di realizzare interventi di riqualificazione energetica degli edifici.

5. CONCLUSIONI

La ricerca qui presentata è stata motivata da un'applicazione nel mondo reale. Sono state valutate diverse politiche, disegnate per incentivare gli investimenti in riqualificazione energetica edifici, sviluppate in modo non sufficientemente dettagliato da consentire di misurarne quantitativamente gli impatti (ad esempio attraverso un'analisi costo-efficacia). Conseguentemente, è stato risolto un problema decisionale di ordinamento (prioritizzazione). La metodologia sviluppata in questo lavoro si basa sull'AHP, una tecnica MCDM ben consolidata che consente di affrontare decisioni complesse a obiettivi multipli e di incorporare più criteri nel quadro decisionale. Nel nostro contesto, ciascun obiettivo corrisponde a un criterio di valutazione in base al quale viene valutato l'impatto di ciascuno strumento di policy nel raggiungimento dell'obiettivo in esame. Per ottenere l'insieme delle policy e dei relativi obiettivi, è stata condotta un'ampia revisione della letteratura e sono stati intervistati accademici, rappresentanti delle autorità di regolamentazione e *policy maker*. Sono stati identificati 6 obiettivi principali (cioè: riduzione della povertà energetica o *fuel poverty*, aumento dell'accettazione sociale/politica, riduzione dei costi di investimento privati, riduzione dei costi governativi, aumento del valore degli immobili e riduzione dei consumi di energia primaria) e 5 strumenti di incentivazione (es. detrazioni fiscali, sovvenzioni dirette o sussidi, regimi di prestiti agevolati, definizione di standard energetici, formazione, istruzione e qualificazione). I giudizi di 18 esperti appartenenti a diversi gruppi di *stakeholder* sono stati ottenuti attraverso un processo di indagine

di tipo Delphi che ha permesso di accertare valori/preferenze sugli impatti politici e i criteri/obiettivi da tre diverse prospettive: prospettiva del Governo, prospettiva aziendale e prospettiva cosiddetta della conoscenza. Gli strumenti di policy presi in considerazione non sono mutualmente esclusivi o non escludono altre alternative. Sono stati selezionati per essere un insieme piuttosto diversificato di politiche ritenute rilevanti dalle parti interessate e dagli esperti consultati.

Secondo i risultati dell'analisi, l'accettazione sociale/politica è un obiettivo importante da perseguire. L'implementazione di una politica efficace è infatti subordinata al consenso che è in grado di ottenere. Per quanto riguarda la classificazione delle politiche, i risultati mostrano come le sovvenzioni dirette o i sussidi siano lo strumento di policy maggiormente preferito. Tale *policy* ha dimostrato di essere efficace ed è stata ampiamente implementata in molti Paesi europei. Inoltre, poiché le sovvenzioni dirette o i sussidi possono essere indirizzati a famiglie a basso reddito, essi possono favorire il perseguimento dell'obiettivo relativo alla riduzione della *fuel poverty* e contemporaneamente possono ottenere il massimo consenso sociale e politico.

Una limitazione del presente lavoro consiste nel fatto che non sono trattate e analizzate le potenziali sinergie tra le diverse politiche: le politiche sono state valutate indipendentemente le une dalle altre. È probabile che la combinazione di diverse politiche sia più efficace degli strumenti considerati singolarmente. Gli strumenti di incentivazione potrebbero interagire principalmente per creare consapevolezza, innescare processi di innovazione, garantire rispetto degli standard e degli obiettivi e risparmi energetici. I risultati del presente studio possono tuttavia essere considerati preliminari rispetto ad una valutazione quantitativa delle sinergie tra le politiche più promettenti. Per spiegare le sinergie tra le politiche o la relativa combinazione potrebbe essere implementato un approccio fondato su l'Analytic Network Process (ANP).

* Chiara D'Alpaos, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (ICEA), Università di Padova.

e-mail: chiara.dalpaos@unipd.it

** Paolo Bragolusi, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (ICEA), Università di Padova.

e-mail: paolo.bragolusi@dicea.unipd.it

Bibliografia

ALBERINI A., BIGANO A., *How effective are energy-efficiency incentive programs? Evidence from Italian homeowners*, Energy Economics, 52, 2015, pp. 576–585.

ARTOLA I., RADEMAEKERS K., WILLIAMS R., YEARWOOD J., *Boosting Building Renovation: What potential and value for Europe?*, European Parliament, Directorate General For Internal Policies Policy Department A: Economic And Scientific Policy, 2016, <http://www.europarl.europa.eu/studies> (last accessed on 18/01/2018).

ATANASIU B., KOULOUMPI I., *Boosting Building Renovation. An Overview of Good Practices Renovation Requirements, Long-term Plans and Support Programmes in the EU and Other Selected Regions*, Buildings Performance Institute Europe (BPIE), Brussels, 2013.

ATANASIU B., MAIO J., STANIASZEK D., KOULOUMPI I., KENKMANN T., ENTRANZE, *Overview of the EU-27 building policies and programs. Factsheets on the nine Entranze target countries. Cross-analysis on Member-States' plans to develop their Building Regulations towards the Nzeb*

standard, 2014, <https://www.entranze.eu> (last accessed on 2/2/2018).

BANZATO D., CANESI R., D'ALPAOS C., *Biogas and Biomethane Technologies: an AHP Model to Support the Policy Maker in Incentive Design in Italy*. In: Bisello A., Vettorato D., Laconte P., Costa S. (eds) *Smart and Sustainable Planning for Cities and Regions*. SSPCR 2017, Green Energy and Technology (9783319757735), Springer, Cham, 2018, pp. 319-331. DOI: 10.1007/978-3-319-75774-2_22.

BELTON V., STEWART T.J., (2010) *Problem structuring and multiple criteria decision analysis*. In Ehr Gott M., Figueira J.R., Greco S. (Eds.): *Trends in Multiple Criteria Decision Analysis*, International Series in Operations Research & Management Science, vol 142, Springer, Boston, MA, 2010, pp. 209-239.

BPIE (Building Performance Institute Europe), The BPIE data hub for the energy performance of buildings. In: BPIE data hub. (2015). <https://www.buildingsdata.eu/> (last accessed on 18/01/2018).

BONIFACI P., COPIELLO S., *Incentive policies for residential buildings energy retrofit: An analysis of tax rebate programs in Italy*. In: Bisello A., Vettorato D., Laconte P., Costa S. (eds) *Smart and Sustainable Planning for Cities and Regions*. SSPCR 2017, Green Energy and Technology (9783319757735), Springer, Cham, 2018, pp. 267-279.

BOTTERO M., D'ALPAOS C., DELL'ANNA F., *Boosting investments in buildings energy retrofit: the role of incentives*. In: Calabrò F., Della Spina L., Bevilacqua C. (eds) *New Metropolitan Perspectives*. ISHT 2018, Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 101. Springer, Cham, 2019, pp. 593-600. DOI: 10.1007/978-3-319-92102-0_63.

BUILDING STOCK OBSERVATORY, (2018). <https://ec.europa.eu/energy/en/data-analysis/building-stock-observatory> (last accessed on 18/01/2018).

CANESI R., D'ALPAOS C., MARELLA M., *Forced sale values vs. Market values in Italy*, *Journal of Real Estate Literature*, 24(2), 2016, pp. 377-401.

CASTELLAZZI L., ZANGHERI P., PACI D., *Synthesis Report on the assessment of Member States' building renovation strategies*, Publications Office of the European Union, 2016, <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/synthesis-report-assessment-member-states-building-renovation-strategies> (last accessed on 2/2/2018).

CERIN P., HASSEL L., SEMENOVA N., *Energy Performance and Housing Prices*, *Sustainable Development*, 22, 2014, pp. 404-419.

CONTICELLI E., PROLI S., TONDELLI S., *Integrating energy efficiency and urban densification policies: Two Italian case studies*, *Energy and Buildings* 155, 2017, pp. 308-323.

CRESME, *Riuso 2012. Città, mercato e rigenerazione. Analisi del contesto per una nuova politica urbana*, CRESME, CNAP, ANCE, Roma, 2012. www.old.awn.it (last accessed on 30/11/2017).

DAWOOD S., CROSBIE T., DAWOOD N., LORD R., *Designing low carbon buildings: a frame-work to reduce energy con-*

sumption and embed the use of renewables, *Sustainable Cities and Society*, 8, 2013, pp. 63-71.

D'ALPAOS C., *Methodological Approaches to the Valuation of Investments in Biogas Production Plants: Incentives vs. Market Prices in Italy*, *Valori e Valutazioni*, 19, 2017, pp. 53-64.

D'ALPAOS C., BRAGOLUSI P., *Buildings energy retrofit valuation approaches: State of the art and future perspectives*, *Valori e Valutazioni*, 20, 2018, pp. 79-94.

D'ALPAOS C., BRAGOLUSI P., *Prioritization of Energy Retrofit Strategies in Public Housing: an AHP mode*. In Calabrò F., Della Spina L., Bevilacqua C. (eds): *New Metropolitan Perspectives*. ISHT 2018, Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 101, 2019, pp. 534-541. DOI: 10.1007/978-3-319-92102-0_56.

DE FELICE F., PETRILLO A., *Absolute measurement with analytic hierarchy process: a case study for Italian racecourse*, *International Journal of Applied Decision Sciences* 6(3), 2013, pp. 209-227.

DE RUGGIERO M., FORESTIERO G., MANGANELLI B., SALVO F. *Buildings Energy Performance in a Market Comparison Approach*, *Buildings*, 7(1), 16, 2017.

DONG Q., SAATY T.L., *An analytic hierarchy process model of group consensus*, *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 23(3), 2014, pp. 362-374.

DONGYAN L., *Fiscal and tax policy support for energy efficiency retrofit for existing residential buildings in China's northern heating region*, *Energy Policy* 37, 2009, pp. 2113-2118.

DRESNER S., EKINS P., *Economic Instruments to Improve UK Home Energy Efficiency without Negative Social Impacts*, *Fiscal Studies* 27(1), 2006, pp. 47-74.

ECONOMIDOU M., BERTOLDI P., *Financing building energy renovations. Current experiences & ways forward*, JRC Science and Policy Reports, Publications Office of the European Union, Brussels, 2014, <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/financing-building-energy-renovations-current-experiences-and-ways-forward> (last accessed on 12/3/2018).

ENEA, *Rapporto Annuale - Efficienza Energetica*, Analisi e Risultati delle Policy di Efficienza Energetica del Nostro Paese, 2017a, pp. 1-33. http://enerweb.casaccia.enea.it/enearegioni/UserFiles/RAEE_2017.pdf (last accessed on 20/12/2017).

ENEA, *Rapporto Annuale 2017 - Le detrazioni fiscali del 65% per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente*, 2017b, www.enerweb.casaccia.enea.it/allegati/Detrazioni-65-2017.pdf (last accessed on 20/12/2017).

EVOLA G., MARGANI G., *Renovation of apartment blocks with BIPV: Energy and economic evaluation in temperate climate*, *Energy and Buildings* 130, 2016, pp. 794-810.

FERREIRA F. A., SANTOS S. P., DIAS V. M., *An AHP-based approach to credit risk evaluation of mortgage loans*, *International Journal of Strategic Property Management* 18(1), 2014, pp. 38-55.

FRANCO L.A., MONTIBELLER G., *Problem structuring for multi-*

- criteria decision analysis interventions, John Wiley&Sons, Oxford, 2011.
- GARBUZOVA-SCHLIFTERN M., MADLENER R., *AHP-based risk analysis of energy performance contracting projects in Russia*, Energy Policy 97, 2016, pp. 559-581.
- GRAFAKOS S., FLAMOS A., ENSEÑADO E.M., *Preferences matter: A constructive approach to incorporating local stakeholders' preferences in the sustainability evaluation of energy technologies*, Sustainability 7(8), 215, pp. 10922-10960.
- GROŠELJ P., ZADNIK STIRN L., *Acceptable consistency of aggregated comparison matrices in analytic hierarchy process*, European Journal of Operational Research, 223(2), 2012, pp. 417-4201.
- HADDAD B., LIAZID A., FERREIRA P., *A multi-criteria approach to rank renewables for the Algerian electricity system*, Renewable Energy, 107, 2017, pp. 462-472.
- ISHIZAKA A., LABIB A., *Review of the main developments in the analytic hierarchy process*, Expert Systems with Applications 38, 2011, pp. 14336-14345.
- ISTAT, *15° Censimento della popolazione e delle abitazioni*, <http://www.istat.it/it/censimento-popolazione/censimento-popolazione-2011>, ultimo accesso 1/1/2018.
- KEENEY R.L., *Value-focused thinking*. Harvard University Press, Cambridge (MA), 1992.
- LEE W.L., YIK F.W.H., *Regulatory and voluntary approaches for enhancing building energy efficiency*, Progress in Energy and Combustion Science, 30(5), 2004, pp. 477-499.
- MARTTUNEN M., LIENERT J., BELTON V., *Structuring problems for Multi-Criteria Decision Analysis in practice: A literature review of method combinations*, European Journal of Operational Research, 263, 2017, pp. 1-17.
- MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO, *Relazione annuale sull'efficienza energetica - Risultati conseguiti e obiettivi al 2020*, Direzione generale per il mercato elettrico, le rinnovabili e l'efficienza energetica, il nucleare, 2017, pp. 1-28.
- RE CECCONI F., TAGLIABUE L.C., MALTESE S., ZUCCARO M., *A multi-criteria framework for decision process in retrofit optioneering through interactive data flow*, Procedia Engineering, 180, 2017, pp. 859-869.
- ROY B., *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*, Kluwer Academic, Dordrecht, 1996.
- SAATY, T.L., *A scaling method for priorities in hierarchical structures*, Journal of Mathematical Psychology, 15, 1977, pp. 234-281.
- SAATY T.L., *The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill, New York, 1980.
- SAATY T.L., *The Analytic Hierarchy Process in Conflict Management*, The International Journal of Conflict Management, 1(1), 1990, pp. 47-68.
- SAATY T.L., VARGAS L.G., *Experiments on rank preservation and reversal in relative measurement*, Mathematical and Computer Modelling, 17(4-5), 1993, pp. 3-18.
- SAATY T.L., *Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process*, RWS Publications, Pittsburgh, 2000.
- SAATY T.L., *Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary*, European Journal of Operational Research, 145, 2003, pp. 85-91.
- SAATY T.L., PENIWATI K., *Group Decision Making Drawing Out and Reconciling Differences*, RWS Publications, Pittsburgh, 2012.
- SAATY T.L., *The Analytic Hierarchy and Analytic Network Processes for the Measurement of Intangible Criteria and for Decision-Making*. In: Greco S., Ehrgott M., Figueira J. (eds) Multiple Criteria Decision Analysis. International Series in Operations Research & Management Science, vol 233. Springer, New York, NY, 2016, pp. 363-419.
- Xu, Z., *On consistency of the weighted geometric mean complex judgment matrix in AHP*, European Journal of Operational Research, 126(3), 2000, pp. 683-687.
- WILSON C., CRANE L., CHRYSOCHOIDIS G., *Why do homeowners renovate energy efficiently? Contrasting perspectives and implications for policy*, Energy Research and Social Science, 7(128), 2015, pp. 12-22.
- WILSON C., PETTIFOR H., CHRYSOCHOIDIS G., *Quantitative modelling of why and how homeowners decide to renovate energy efficiently*, Applied Energy 212, 2018, pp. 1333-1344.