



Ricerca di Sistema elettrico

Aggiornamento delle metodologie per la stima dei consumi energetici nel settore residenziale e analisi dei dati del database delle detrazioni fiscali mediante la metodologia sviluppata.

G. Azzolini, S. Beozzo, M. Caldera, A. Federici, G. Iorio, A. Martelli,
C. Martini, M. Nocera, D. Prisinzano G. Puglisi

AGGIORNAMENTO DELLE METODOLOGIE PER LA STIMA DEI CONSUMI ENERGETICI NEL SETTORE RESIDENZIALE E ANALISI DEI DATI DEL DATABASE DELLE DETRAZIONI FISCALI MEDIANTE LA METODOLOGIA SVILUPPATA.

G. Azzolini, S. Beozzo, M. Caldera, A. Federici, G. Iorio, A. Martelli, C. Martini, M. Nocera, D. Prisinzano, G. Puglisi (ENEA)

Settembre 2018

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

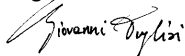
Piano Annuale di Realizzazione 2017

Area: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici

Progetto: Tecnologie per costruire gli edifici del futuro

Obiettivo: Analisi e benchmark di consumi energetici degli edifici nei settori economici

Responsabile del Progetto: Giovanni Puglisi, ENEA



Indice

SOMMARIO.....	5
1 INTRODUZIONE.....	6
2 MODELLO PER L'ANALISI DEI CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA.....	8
2.1 METODOLOGIA.....	8
2.1.1 <i>Elettrodomestici</i>	8
2.1.2 <i>Illuminazione</i>	12
2.1.3 <i>Produzione di ACS</i>	12
2.1.4 <i>Usi cottura</i>	13
2.1.5 <i>Raffrescamento estivo</i>	14
2.1.6 <i>Riscaldamento invernale</i>	15
2.2 RISULTATI E DISCUSSIONE.....	15
3 CONFRONTO TRA L'INDAGINE ISTAT SUI CONSUMI ENERGETICI DELLE FAMIGLIE E IL DATABASE DELLE DETRAZIONI FISCALI PER GLI INTERVENTI DI RISPARMIO ENERGETICO NELL'EDILIZIA.....	20
3.1 OGGETTO DEL CONFRONTO.....	21
3.2 APPROCCIO METODOLOGICO DI ANALISI DATI DEL DATABASE ECOBONUS.....	21
3.3 APPROCCIO METODOLOGICO DI ANALISI DATI DELL'INDAGINE ISTAT.....	23
3.4 RISULTATI E DISCUSSIONE.....	24
4 ANALISI DEI DATI DEL DATABASE DELLE DETRAZIONI FISCALI.....	32
4.1 EVOLUZIONE NORMATIVA RECENTE DELL'ECOBONUS.....	32
4.2 RISULTATI CONSEGUITI.....	35
4.3 IL MERCATO DELLE TECNOLOGIE INCENTIVATE.....	45
4.4 LE RICADUTE SOCIOECONOMICHE DELL'ECOBONUS.....	50
5 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	54

Indice delle Figure

Figura 1. Numero di record dell'indagine Istat per uso finale dell'energia elettrica	15
Figura 2. Mediana del consumo annuale di energia elettrica per gli elettrodomestici (kWh/anno).....	16
Figura 3. Distribuzione del consumo annuale di energia elettrica per la produzione di ACS (kWh/anno)	16
Figura 4. Distribuzione del consumo annuale di energia elettrica per usi cottura	17
Figura 5. Distribuzione del consumo annuale di energia elettrica per raffrescamento estivo (kWh/anno)...	17
Figura 6. Differenza percentuale dell'indagine Istat rispetto al modello.....	18
Figura 7. Tipologia di intervento in base al database ecobonus tra il 2009 e il 2013	26
Figura 8. Tipologia di intervento in base all'indagine Istat.....	26
Figura 9. Ripartizione degli interventi in base al database ecobonus tra il 2009 e il 2013	27
Figura 10. Ripartizione degli interventi in base all'indagine Istat	27
Figura 11. Frequenza degli interventi su base regionale in base al database ecobonus tra il 2009 e il 2013	28
Figura 12. Frequenza degli interventi su base regionale in base all'indagine Istat.....	28
Figura 13. Distribuzione media delle pratiche per tipologia di impianto termico installato in base al database ecobonus tra il 2010 e 2013	30
Figura 14. Distribuzione per tipologia di impianto termico installato in base all'indagine Istat.....	30
Figura 15. Distribuzione media per tipologia di combustibile dell'impianto termico in base al database ecobonus (anni 2010-2013) e all'indagine Istat	31

Sommario

La conoscenza dei consumi di energia nel settore residenziale e lo sviluppo di strumenti informatici e di modelli per l'analisi della loro evoluzione, sono necessari per il raggiungimento degli obiettivi fissati dalle Direttive europee e dal *Clean Energy Package*, nonché per supportare la definizione e il controllo di politiche per il miglioramento dell'efficienza energetica.

In tale settore, i consumi elettrici coprono un'importante quota dei consumi totali: nel 2015 il 17,5 % dei consumi di energia finale nelle abitazioni italiane, in crescita del 3 % rispetto all'anno precedente, con un aumento di +8,9 % dell'intensità elettrica tra il 2000 e il 2015 secondo le statistiche Eurostat.

Per tali motivi, nel corso della presente annualità è stato implementato un nuovo modello dedicato al calcolo dei consumi elettrici per i vari usi finali, che arricchisce lo strumento di calcolo sviluppato nel corso delle precedenti annualità per gli altri combustibili e vettori energetici. Nel modello oggetto del presente rapporto tecnico, sono considerati tutti gli usi finali alimentati con l'energia elettrica: illuminazione, elettrodomestici, riscaldamento, raffrescamento, produzione di ACS e usi cottura. In particolare, per gli elettrodomestici si è utilizzata una metodologia basata sulle Direttive sull'ecodesign e l'etichettatura energetica. Il modello è stato calibrato e validato sull'indagine Istat sui consumi energetici delle famiglie italiane, già utilizzata come riferimento per i precedenti moduli del codice di calcolo.

Nell'ottica di approfondire la conoscenza dei consumi energetici nel settore residenziale e migliorare la definizione di modelli di riferimento capaci di stimare l'evoluzione nel tempo, in questa annualità si è altresì effettuata una prima attività di confronto tra il database delle detrazioni fiscali per interventi di risparmio energetico nell'edilizia (c.d. Ecobonus) e l'indagine Istat sui consumi energetici delle famiglie italiane. Il confronto è stato effettuato sulla frequenza e sulla tipologia dei principali interventi di riqualificazione, sulla tipologia degli impianti termici e dei combustibili utilizzati.

Nella seconda parte sono presentati i principali risultati in termini di risparmio energetico conseguito ed investimenti attivati tramite il meccanismo di incentivazione, rappresentanti a loro volta i risultati conseguiti con l'applicazione della procedura statistica di controllo e revisione dei dati ulteriormente sviluppata nell'annualità corrente, applicata al periodo 2014-2017.

1 Introduzione

Nel corso delle precedenti annualità [1]-[4] gli autori hanno sviluppato un codice di calcolo per la valutazione dei consumi energetici domestici per riscaldamento degli ambienti, produzione di ACS e usi cottura di diversi combustibili (gas naturale, gasolio, GPL e biomassa) sulla base dell'indagine Istat sui consumi energetici delle famiglie Italiane [5]. L'indagine Istat, che fu condotta nel 2013 su un campione di 20'000 intervistati rappresentativo a livello regionale, rappresenta una significativa fonte per lo studio delle abitudini di consumo, delle caratteristiche e delle tipologie del sistema edificio-impianto, e delle spese energetiche per i principali combustibili nel settore residenziale. Questi dati forniscono una panoramica del settore domestico nel contesto energetico nazionale, e rappresentano un interessante background per lo sviluppo di modelli di calcolo dei consumi energetici volti anche alla definizione di strategie energetiche.

Al fine di completare le funzionalità dello strumento sviluppato nel corso delle precedenti annualità, nel PAR 2017 si è implementato un nuovo set di funzioni in ambiente Matlab® per il calcolo dei consumi elettrici per i vari usi finali: illuminazione (considerando separatamente i corpi luminosi tradizionali e a risparmio energetico), elettrodomestici, riscaldamento, raffrescamento, produzione di ACS e usi cottura. In particolare, i consumi per raffrescamento sono ottenuti tramite regressione statistica, il fabbisogno di energia per ACS è basato sul consumo medio giornaliero pro capite di acqua calda determinato statisticamente, mentre il consumo dei grandi elettrodomestici e degli apparecchi per usi cottura (forni e fornelli) è ottenuto facendo ricorso alla metodologia delle normative sull'ecodesign e l'etichetta energetica. Il modello consente di ripartire i consumi elettrici tra i vari usi finali per ogni singolo record dell'indagine statistica.

L'importanza dei consumi elettrici nel settore residenziale è confermato, tra le varie fonti, dalle statistiche Eurostat, in base alle quali (secondo quanto riportato nell'ultimo Rapporto annuale efficienza energetica [6]), l'energia elettrica ha coperto il 17,5 % dei consumi di energia finale nelle abitazioni italiane nel 2015, con un aumento del 3 % rispetto all'anno precedente; inoltre, l'intensità elettrica è cresciuta di +8,9 % tra il 2000 e il 2015.

Con l'aggiunta delle nuove funzioni, il codice di calcolo è in grado di ripartire i consumi di energia per i vari combustibili e i vari usi finali, permettendo l'analisi dell'evoluzione dei consumi energetici in ambito residenziale. Pertanto, esso potrebbe essere utilizzato per valutare il potenziale di risparmio di specifiche misure di riqualificazione energetica o per supportare azioni volte all'incremento dell'efficienza energetica in tale settore.

Il database sulle detrazioni fiscali "Ecobonus" e l'indagine Istat sui consumi energetici delle famiglie italiane rappresentano importanti fonti ufficiali per lo studio dei consumi di energia, delle abitudini e dell'interesse delle famiglie italiane verso l'efficienza ed il risparmio energetici. In particolare, il database sugli Ecobonus raccoglie gli interventi, per i quali è stata richiesta la detrazione fiscale, di riqualificazione energetica e sostituzione di impianti termici in abitazioni esistenti, mentre l'indagine Istat fornisce un'esaustiva panoramica delle abitudini e degli usi energetici delle famiglie italiane e riporta altresì informazioni sui principali interventi di efficientamento energetico effettuati (o che intenderebbero effettuare). In tale contesto si ritiene utile confrontare i due database relativamente ai principali interventi di efficientamento energetico: riqualificazione energetica per la climatizzazione invernale, interventi sull'involucro (componenti opachi e trasparenti), installazione di pannelli solari termici e sostituzione di impianti termici.

Il potenziale di risparmio energetico del settore degli edifici, ancora non utilizzato e vantaggioso dal punto di vista del rapporto costi-benefici, è ancora molto ampio. Inoltre, le misure di efficienza energetica implicano molteplici benefici consequenziali tra cui la creazione di posti di lavoro, il miglioramento della salute, la riduzione della povertà energetica degli individui, oltre a una maggiore competitività delle imprese e, più in generale, una migliore sicurezza energetica del Paese.

Gli incentivi possono rappresentare un modo efficace per affrontare le debolezze del mercato, tra cui le barriere tecniche e finanziarie, nonché l'accesso limitato alle informazioni e la diffusione di comportamenti non consapevoli. Più in particolare, gli incentivi possono coprire una parte degli elevati costi iniziali, ridurre il tempo di rientro dell'investimento e abbassare il rischio di credito, facilitando in tal modo l'accesso al prestito e attirando i capitali delle ESCO nel caso di edifici non residenziali. Spesso queste misure prevedono una serie predefinita e regolarmente aggiornata di interventi ammissibili, che gli utenti finali implementano ottenendo un incentivo finanziario o fiscale. In questo contesto, i decisori politici possono orientare il mercato dell'efficienza energetica verso gli interventi più efficaci sotto il profilo dei costi, facilitando la penetrazione di tecnologie nuove e più efficienti dal punto di vista energetico.

Dopo aver fornito all'Università degli Studi di Roma La Sapienza il database dei dati grezzi relativi agli interventi incentivati con il meccanismo delle detrazioni fiscali per la riqualificazione energetica degli edifici residenziali esistenti (cosiddetto *Ecobonus*), per l'individuazione e trattamento dei valori anomali in esso contenuto, l'analisi condotta ha mirato, da un lato, a fornire un quadro dettagliato ed esaustivo delle tecnologie per il risparmio energetico installate, suddivise per tipologia edilizia, epoca di costruzione; dall'altro, a valutare gli effetti del meccanismo sia sul mercato nazionale delle principali tecnologie incentivate, sia sulla spesa energetica delle famiglie.

2 Modello per l'analisi dei consumi di energia elettrica

2.1 Metodologia

Come precedentemente introdotto, nel corso della presente annualità è stato implementato in ambiente Matlab® un modello per le apparecchiature domestiche alimentate ad energia elettrica, con l'obiettivo di arricchire il codice di calcolo dei consumi energetici in ambito residenziale sviluppato nel corso delle precedenti annualità.

Il modello è stato implementato, calibrato e validato sulla base delle informazioni ottenute da ben 210 domande dell'indagine Istat. Ai fini della calibratura di singole parti del modello, i record dell'indagine Istat sono stati suddivisi in cluster a seconda dell'uso finale dell'energia elettrica:

- usi elettrici limitati agli elettrodomestici e all'illuminazione, ossia di quelle fonti di consumo di elettricità sempre presenti nelle abitazioni (cd. Cluster A);
- usi elettrici per gli elettrodomestici, l'illuminazione e la produzione di ACS (cd. Cluster B);
- usi elettrici per gli elettrodomestici, l'illuminazione e i fornelli elettrici (cd. Cluster C);
- usi elettrici per gli elettrodomestici, l'illuminazione e il raffrescamento estivo (cd. Cluster D).

In particolare, i forni elettrici sono stati inclusi nel cluster A, in quanto sono la tipologia più diffusa (nell'indagine Istat si trovano in più dell'80 % dei record dove è presente un forno). Inoltre, sulla base della letteratura tecnica [7] e dei risultati ottenuti dal codice di calcolo, i consumi energetici annuali dei forni elettrici risultano generalmente molto inferiori ai consumi associati ai piani cottura elettrici. La possibilità di raggruppare nel cluster A un elevato numero di record si è dimostrata importante al fine di ottenere una stima affidabile dei consumi energetici, migliorando al contempo l'affidabilità del modello anche per gli altri usi finali. Si ricorda infatti che l'indagine Istat fornisce la spesa annuale complessiva per singolo vettore energetico (es. unico contatore per l'energia elettrica). Di seguito sono riportati i dettagli dei modelli numerici implementati.

2.1.1 Elettrodomestici

Le apparecchiature elettriche sono state suddivise in due gruppi. Nel primo gruppo sono inclusi gli elettrodomestici con i consumi maggiori (es. grandi elettrodomestici) o gli apparecchi per i quali l'indagine mette a disposizione informazioni aggiuntive rispetto alla semplice presenza/assenza: frigoriferi, freezer, lavatrici, asciugatrici, lavastoviglie, cappe da cucina, televisori e personal computer. Nel secondo gruppo sono invece inclusi i piccoli elettrodomestici. Come anticipato, i consumi dei grandi elettrodomestici sono stati modellati in modo dettagliato, sulla base delle Direttive Europee sull'ecodesign e l'etichettatura energetica riportate in Tabella 1, in quanto esse tengono in considerazione un utilizzo standard delle stesse apparecchiature e quindi possono essere ritenute rappresentative dei consumi reali.

Tabella 1. Normative di riferimento per l'implementazione dei modelli relativi agli elettrodomestici

Uso finale / apparecchiatura	Normativa di riferimento
Frigoriferi e congelatori	Direttiva 94/2/EC, Direttiva 2003/66/EC, Reg. delegato CE n. 1060/2010
Lavatrici	Direttiva 95/12/EC, Regolamento EC n. 1060/2010
Lava-asciuga	Direttiva 96/60/EC
Asciugatrici	Direttiva 95/13/EC, Regolamento delegato CE n. 392/2012
Lavastoviglie	Direttiva 97/17/EC, Regolamento EC n. 1059/2010
Cappe da cucina	Regolamento delegato CE n. 65/2014

Il modello per i *frigoriferi* ed i *congelatori* è basato sulla metodologia di calcolo indicata nella Direttiva 94/2/EC [8], nella Direttiva 2003/66/EC [9] nel Regolamento delegato n. 1060/2010 [10] della Commissione Europea (che sostituisce le precedenti direttive dal 2012). Le principali differenze sono legate al valore assunto da alcuni parametri, mentre la metodologia è analoga. Il consumo energetico annuale (AE_C) è calcolato con la seguente formula:

$$AE_C = SAE_C \cdot \frac{EEI}{100} \quad (1)$$

Dove EEI è l'indice di efficienza energetica correlato con l'etichetta energetica dell'elettrodomestico, mentre SAE_C è consumo annuale di energia standard, calcolato con la seguente relazione:

$$SAE_C = V_{eq} \cdot M + N \quad (2)$$

V_{eq} è il volume equivalente dell'apparecchio di refrigerazione, e nel caso di n compartimenti a temperatura (T_C) e di volume (V_C) è calcolabile con la seguente equazione:

$$V_{eq} = \sum_{c=1}^n V_C \cdot \frac{25-T_C}{20} \cdot FF_C \quad (3)$$

Dove M , N e FF_C sono fattori di correzione riportati nelle Direttive europee [8]-[10].

Il modello calcola un EEI medio che dipende dall'anno di acquisto dell'elettrodomestico, in base all'etichetta energetica. La correlazione tra EEI e l'anno di acquisto è ottenuta dai dati ricavati dal database Gfk [11], per il periodo compreso tra il 2001 e il 2009, e dal database CECED-TopTen [12] per gli anni successivi. L'indagine Istat ha fornito l'età degli apparecchi (suddivisi in classi), il numero e il volume dei frigoriferi (quest'ultimo dato in classi) e l'eventuale presenza di un comparto congelatore nel frigorifero principale.

Il consumo annuale di energia delle *lavatrici* è calcolato sulla base della metodologia riportata nella Direttiva 95/12/EC [13] per le lavatrici vendute fino al 2010, e nel Regolamento EU N. 1061/2010 [14] per le lavatrici vendute dal 2011. C'è una significativa differenza nel calcolo delle classi di efficienza energetica tra le due normative: mentre nella prima Direttiva dipendono dal consumo di energia per kg di capi in cotone in un singolo ciclo standard (con le procedure definite in norme armonizzate), nel secondo Regolamento sono ricavate in base al consumo annuale di energia in conformità alla norma EN 60456:2011, che prende in considerazione diversi programmi di lavaggio (cotone a 60 °C a carico pieno e a metà carico, cotone a 40°C a metà carico), oltre ai consumi in stand-by e ad elettrodomestico spento.

Quest'ultimo approccio segue l'Eq. (1), che è generalmente valida indipendentemente dal tipo di elettrodomestico; in particolare, per le lavatrici il SAE_C è calcolato con la seguente relazione:

$$SAE_C = 47.0 \cdot C_0 + 51.7 \quad (4)$$

Dove C_0 è la capacità di carico di targa (fornita in classi dall'indagine Istat), mentre AE_C è calcolato con la seguente equazione:

$$AE_C = E_t \cdot 220 + \frac{\{P_l \cdot t_l \cdot 220 + P_0 \cdot [525,600 - (t_t + t_l) \cdot 220]\}}{60 \cdot 1000} \quad (5)$$

Dove 220 è il numero di cicli in un anno di riferimento per l'etichettatura energetica, 525'600 è il numero di minuti in un anno, mentre le grandezze ricavate in base al ciclo standard sono:

- E_t è il consumo pesato, noto anche come consumo medio Europeo, in kWh;
- P_l è la potenza pesata in 'left-on mode', in W;
- P_0 è la potenza pesata in 'off-mode', in W;
- t_t è la durata del programma, in minuti;
- t_l è la durata in 'left-on mode', in minuti.

Le ultime quattro grandezze sono ricavate dalla letteratura tecnica [15]-[16], mentre E_t è l'incognita dell'Eq. (5), e corrisponde all'energia media pesata sui differenti cicli di lavaggio precedentemente indicati, sulla base della seguente relazione:

$$E_t = (3 \cdot E_{t,60} + 2 \cdot E_{t,60\ 1/2} + 2 \cdot E_{t,40\ 1/2})/7 \quad (6)$$

Dove:

- $E_{t,60}$ è il consumo di energia del programma standard per cotone 60 °C a pieno carico;
- $E_{t,60\ 1/2}$ è il consumo di energia del programma standard per cotone 60 °C a mezzo carico;
- $E_{t,40\ 1/2}$ è il consumo di energia del programma standard per cotone 40 °C a mezzo carico.

Il consumo medio E_t è correlato ai suddetti consumi a programmi diversi (temperatura T e carico parziale c/c_0) grazie alla seguente correlazione empirica ricavata dal simulatore di consumi domestici Kilowattene realizzato da ENEA e dal Comune di Bologna [16]:

$$E(T, c) = E_t \cdot \left(0.28 + 0.0085 \cdot \left(\frac{c}{c_0} + 0.98 \right) \cdot (T - 5) \right) \quad (7)$$

L'indagine Istat ha fornito il numero di cicli di lavaggio a temperatura bassa (30 °C), media (60 °C fissata) e alta (90 °C) in un anno. Pertanto, una volta calcolata E_t dall'Eq. (5), è stato possibile calcolare il consumo energetico annuale per ogni record dell'indagine.

Per le lavatrici vendute prima del 2011 il consumo annuale in standby (E_{sb}) è stato calcolato tramite la correlazione empirica proposta in Kilowattene [16] che si basa sull'anno (y) di produzione dell'elettrodomestico (assunto pari all'anno di acquisto) ed è valida tra il 1986 e il 2013:

$$E_{sb} = 0.63 \cdot (1986 - y)^2 \cdot \exp((1986 - y)/5.7) \quad (8)$$

Nonostante non vi sia coincidenza tra le due metodologie di etichettatura energetica, il modello è in grado di valutare gli stessi contributi al consumo annuale di energia delle lavatrici. Il valore medio dell'indice di efficienza energetica in funzione dell'anno di acquisto è ottenuto da [11] e da [17].

Le *lava-asciuga* sono modellate con un approccio leggermente diverso, basato dalla Direttiva 96/60/EC [18] tuttora in corso di validità. La classe di efficienza energetica è basata sul consumo di energia (in kWh per kg di carico) di un ciclo standard completo di cotone a 60 °C seguito da un ciclo di asciugatura, e il consumo annuale è calcolato utilizzando le Eq. (6) – (8).

Per quanto riguarda le *asciugatrici*, il modello matematico è analogo a quello della lavatrici e si basa sulla Direttiva 95/13/EC [19] (valida fino al 2012) e sul Regolamento Delegato N. 392/2012 della Commissione Europea [20]. La prima adotta una classificazione per l'etichetta basata su un'efficienza in termini di kWh di consumo per ciclo per kg di capacità in un ciclo standard a pieno carico. Al contrario, il Regolamento introduce l'*EEI* che assume 160 cicli di asciugatura in un anno, dei quali 4 su 7 a mezzo carico, e include le modalità in standby e in spegnimento. In questo caso il SAE_c è calcolato con la seguente formula:

$$SAE_c = 140 \cdot c_0^{0.8} \quad (9)$$

Il modello per le *lavastoviglie* è tratto dalla Direttiva 97/17/EC [21] e dal Regolamento EC N. 1059/2010 [22]. La Direttiva correla la classe di efficienza energetica al consumo in kWh del singolo ciclo standard, il quale è confrontato con il consumo di energia di riferimento che dipende dal numero di coperti. Il consumo di energia in standby per gli apparecchi acquistati prima del 2011 è stato calcolato con l'Eq. (8), mentre per gli apparecchi acquistati successivamente tale contributo è già incluso nella metodologia del Regolamento n. 1059. Si sono quindi usate le Eq. (1) e (5), considerando il numero di cicli di riferimento indicato nella normativa europea (280 cicli), e calcolando il SAE_c in funzione del numero di coperti ps (ricavato per classi dall'indagine Istat):

$$SAE_c = 7.0 \cdot ps + 378 \quad ps \leq 9 \quad (10)$$

$$SAE_c = 25.2 \cdot ps + 126 \quad ps > 9 \quad (11)$$

L'indagine Istat fornisce anche il numero di cicli/anno, da cui è possibile ricavare il consumo annuale record per record, considerando anche il contributo della modalità in standby.

Per quanto riguarda le *cappe da cucina*, il modello si basa sulla metodologia indicata nel Regolamento delegato della Commissione N. 65/2014 [23] in vigore dal 2015 (quindi successivamente al periodo di rilevazione dell'indagine). A differenza degli altri elettrodomestici fin qui considerati, non esiste per le cappe una metodologia armonizzata di ecodesign che risalga al periodo antecedente al 2013. Si è deciso di includere le cappe poiché sono caratterizzate da consumi elettrici non trascurabili, nonostante nell'indagine Istat manchino specifiche informazioni per queste apparecchiature. Si è quindi assunto che le cappe siano presenti laddove sia indicato un fornello. Inoltre, sono state fatte queste assunzioni: la data di acquisto delle cappe coincide con quella dei forni (gli unici elettrodomestici da cucina di cui è nota l'età), le cappe acquistate prima del 2005 sarebbero in classe energetica E mentre salirebbero in classe C se posteriori al 2005. Il consumo annuale è calcolato moltiplicando la potenza elettrica alla massima efficienza (W_{BEP}), che è fissata in base alla classe energetica, per la lunghezza di un singolo ciclo di cottura (assunto pari a 30 minuti) e per la frequenza di utilizzo del fornello corretta sulla base dell'effettiva occupazione dell'abitazione da parte degli occupanti.

Per quanto riguarda i *televisori*, l'indagine Istat fornisce informazioni sul numero di apparecchi suddivisi per tipologia (CRT, plasma, LCD e LED), oltre al numero medio giornaliero di ore (suddiviso in cinque classi). Analogamente, i *personal computer* sono suddivisi in desktop e laptop, ed il numero medio giornaliero di ore è noto per classi di orario. Per ogni tipologia di apparecchio, il modello assume una potenza nominale di riferimento, sulla base di una indagine di mercato e della letteratura tecnica analizzata: 70 W per i CRT, 280 W per i televisori al plasma, 140 W per le TV LCD, 80 W per le TV LED, 360 W per i PC desktop (compreso il monitor), 35 W per i PC portatili. Inoltre, si è tenuto conto dei consumi in standby per TV e PC, ipotizzandone un consumo di 2 W. Sulla base dei dati disponibili, laddove presenti più televisori (o computer), la potenza media è calcolata come media pesata sul numero di TV (o PC).

I *piccoli elettrodomestici* appartenenti al secondo gruppo di apparecchiature elettriche sono relativi a:

- Pulizia della casa (aspirapolvere, scopa elettrica, battitappeto, lavapavimenti o altri generatori di vapore, robot, ferro da stiro);
- Cucina (robot da cucina, frullatore, macinacaffè elettrico, affettatrice, macchina per il pane, macchina per tè o caffè, tostapane, forno a microonde, piastra, bistecchiera, griglia elettrica);
- Altri usi (stampante, lettore DVD, videoregistratore, decoder TV, fotocamera e videocamera, antenna parabolica, videogioco, deumidificatore, telefono cellulare e cordless, segreteria telefonica e fax, impianto stereo, ventilatore, macchina da cucire).

Per i piccoli elettrodomestici l'indagine Istat indica unicamente la loro eventuale presenza/assenza. Il relativo consumo annuale è ottenuto sulla base di un'indagine bibliografica e su siti web al fine di ricavare un consumo medio settimanale di riferimento e un verosimile utilizzo medio annuale. Laddove appropriato, si è incluso il calcolo dei consumi in modalità stand-by. Inoltre si è considerata la presenza dell'asciugacapelli, in quanto si tratta di un elettrodomestico molto diffuso e con consumi non trascurabili (soprattutto nelle famiglie numerose).

Al fine di rendere più dettagliati i risultati, il modello ha calcolato anche il consumo di energia associato agli *ausiliari elettrici degli impianti di riscaldamento*, di produzione di ACS (questi ultimi se indicati come impianti autonomi) e degli impianti solari termici. Gli ausiliari per riscaldamento consistono essenzialmente in pompe di circolazione, sistemi di controllo ed elettrovalvole. Siccome alle pompe sono associati buona parte dei consumi, gli ausiliari sono considerati solo per gli impianti autonomi, in quanto i relativi consumi sono registrati dal contatore di energia elettrica della singola unità abitativa e quindi fatturati assieme agli altri elettrodomestici. Il consumo è ottenuto moltiplicando la potenza media di riferimento (assunta pari a 30 W) per il numero medio stimato di ore di funzionamento durante la stagione di riscaldamento,

determinata in base alle zone climatiche definite dal D.P.R. 412/1993. Inoltre, si è assunto per gli ausiliari degli impianti solari termici un carico elettrico pari a 10 W quando in operazione (ipotizzando un funzionamento medio annuale di 2000 ore), e 2 W in modalità di standby.

2.1.2 Illuminazione

L'elettricità assorbita per illuminazione copre una quota significativa del consumo di energia domestico. L'indagine Istat fornisce informazioni sul numero di lampadine tradizionali e a risparmio energetico e, per ciascun tipo, il numero di lampadine accese per meno di 4 ore, tra le 4 e le 12 ore, e per più di 12 ore in una giornata invernale tipica. Le lampadine a risparmio energetico includono le lampade fluorescenti, i neon, i led e le lampade alogene di nuova generazione, mentre le lampadine tradizionali includono le lampadine a incandescenza e le alogene di prima generazione. Per ciascuna delle due categorie il modello assume come parametro una potenza di riferimento, che è determinata a valle di una analisi di prodotti commerciali:

- 20 W per le lampadine a risparmio energetico (in quanto fino al 2013 le lampadine fluorescenti erano più comuni di quelle led);
- 60 W per le lampadine tradizionali (valore tipico per le lampadine incandescenti di media potenza).

Inoltre, il modello assume una diversa utilizzazione dell'illuminazione per metà dell'anno (assimilabile alla stagione non invernale) per tenere conto della durata del giorno rispetto alla notte; in particolare nelle simulazioni condotte è stata ipotizzata una riduzione del 50 % nell'uso rispetto ai mesi invernali.

Sulla base delle informazioni disponibili, il modello effettua una calibrazione calcolando il numero di ore (per ogni classe di durata) che minimizza la differenza tra il consumo di energia calcolato rispetto a quello ricavato dall'indagine Istat per i record del cluster A (famiglie che utilizzano l'energia elettrica solo per le utenze di base, ossia elettrodomestici ed illuminazione). Per tutti gli altri record non appartenenti al cluster A, il modello applica il valore medio di ore su base regionale ottenuto dalla calibrazione.

2.1.3 Produzione di ACS

Il fabbisogno annuale netto per la produzione di ACS è calcolato sulla domanda media giornaliera di acqua calda, ottenuta con la seguente relazione:

$$Q_{DHW} = c_w \cdot V_{w,occ} \cdot \Delta T_w \cdot \sum_{occ} d_{occ} \quad (12)$$

Dove:

- c_w è il calore specifico dell'acqua ($1,162 \cdot 10^{-3}$ kWh/kg/K);
- $V_{w,occ}$ è la domanda media giornaliera pro capite di acqua calda (in litri);
- ΔT_w è la differenza di temperatura dell'acqua, calcolata considerando una temperatura di erogazione di 40°C e acqua fredda a 15 °C;
- d_{occ} è il numero di giorni in cui ciascun componente del nucleo familiare ha occupato l'abitazione (dato desunto dall'indagine Istat).

Per i record dell'indagine Istat appartenenti al cluster B (per i quali l'elettricità è usata per gli elettrodomestici, l'illuminazione e la produzione di ACS), il modello calibra la domanda giornaliera di ACS per ogni record in un intervallo compreso tra 30 L e 120 L, minimizzando la differenza tra il consumo annuale di elettricità calcolato e quello desunto dall'indagine statistica. Per i record in cui l'ACS è prodotta tramite apparecchi elettrici ma non appartenenti al cluster B, il modello applica la media della domanda giornaliera di acqua calda calcolata tramite calibrazione sul cluster B.

Il modello valuta solo l'impianto per la produzione di ACS indicato come principale, in quanto i dati a disposizione dall'indagine Istat per gli impianti secondari sono esigui, oltre al fatto che tali impianti sono una percentuale marginale (solo nel 3,3 % dei record).

Qualora sia presente un impianto solare termico, il relativo contributo annuale è stimato sulla base del numero di collettori solari e della copertura solare. Tale contributo è quindi sottratto alla domanda lorda di ACS imputabile al vettore elettrico.

Le efficienze impiantistiche medie annuali sono determinate in funzione dell'età dell'impianto (che è rappresentativa dell'età del generatore e del livello di isolamento termico delle tubazioni). In particolare, sono assunte un'efficienza media dell'80 % per gli impianti antecedenti il 1990, del 90 % per quelli compresi tra il 1990 e il 2000 e del 95 % per quelli posteriori al 2000. Per gli scaldacqua a pompa di calore (PdC), gli SCOP, riferiti all'anno 2006, dipendono dal tipo di pompa di calore, es. SCOP = 3,0 per le PdC ad aria, SCOP = 3,5 per le PdC ad acqua di superficie, SCOP = 4,0 per le PdC ad acqua di falda e per le PdC geotermiche. Questi valori medi sono ricavati da un'indagine su prodotti commerciali. Al fine di tenere in qualche modo in considerazione l'evoluzione delle prestazioni delle pompe di calore negli anni, il modello considera come parametro una variazione annuale dello SCOP (pari al 4 %), con un limite superiore $SCOP_{max} = 4,5$ e un limite inferiore pari allo SCOP calcolato per il 2001 per la determinata tipologia di macchina.

Inoltre, il modello include la valutazione delle perdite di calore associate agli accumuli termici e al ricircolo dell'acqua calda, tramite opportuni coefficienti di perdita di calore impostati come parametri di calcolo. In particolare, in assenza di informazioni specifiche dall'indagine Istat, è assunta la presenza del sistema di ricircolo dell'acqua calda negli impianti centralizzati posteriori al 1990 e negli impianti autonomi successivi al 2000. In assenza del ricircolo, il modello considera una domanda aggiuntiva di ACS rispetto al fabbisogno netto determinato con la calibrazione.

2.1.4 Usi cottura

In accordo con le linee guida Eurostat [24], solo i forni e i fornelli sono inclusi in questa categoria mentre i piccoli elettrodomestici (es. forni a microonde, tostapane, macchine del caffè), per il loro uso sporadico o limitato, sono trattati come descritto nel § 2.1.1. Per i forni e i fornelli, il consumo di energia è correlato al numero di componenti il nucleo familiare e al periodo di occupazione riportati nell'indagine Istat, dalla quale si è anche ricavata la frequenza d'uso e, solo per i forni, le classi di età e di dimensioni.

Il modello dei *forni* fa riferimento alla Direttiva Europea 2002/40/EC [25] sull'etichettatura energetica, la quale era valida prima del 2015. La direttiva fornisce le classi di efficienza energetica in base al consumo per riscaldare un carico normalizzato definito dalla norma EN 50304 [26]. Il modello calcola una classe media per ogni anno, sulla base delle media pesate delle classi di efficienza energetica dei forni venduti in quell'anno. Le unità vendute fino al 2009 sono ricavate dal database Gfk [11], mentre per gli anni successivi, in mancanza di dati, si è proceduto a un'estrapolazione. Pertanto, il consumo annuale di elettricità è calcolato per ciascun record moltiplicando la domanda di energia per la frequenza di utilizzo media (ricavata dall'indagine), e includendo altresì il fabbisogno in condizioni di standby sulla base dell'Eq. (8).

I *piani cottura elettrici* non erano soggetti a etichettatura energetica prima del 2013, pertanto è stata adottata una metodologia diversa rispetto ai forni. Partendo dalla domanda di energia netta per kg di cibo in un singolo ciclo di cottura (ED_{hob}), il modello calcola il consumo lordo di energia per kg di cibo in un singolo ciclo (EC_{hob}) considerando un'efficienza media di cottura (ϵ_{hob}) sulla base della seguente formula:

$$EC_{hob} = \frac{ED_{hob}}{\epsilon_{hob}} \quad (13)$$

In assenza di informazioni sulla tecnologia, i piani cottura elettrici sono ipotizzati a induzione a partire dal 2005 mentre sono assimilati ad apparecchi con resistenza elettrica prima del 2005. Tuttavia si fa presente come anche l'età dei piani cottura non sia nota dall'indagine e si sia dovuto considerare in sua mancanza

l'età dei forni (l'unico dato noto sull'età delle apparecchiature a uso cottura). Queste assunzioni inevitabilmente introducono forti approssimazioni nei risultati ottenuti per i consumi di energia dei fornelli.

I valori di efficienza di cottura sono definiti sulla base dell'analisi della letteratura tecnica [27]-[28]:

- $\epsilon_{\text{hob}} = 60 \%$ per i fornelli a resistenza elettrica;
- $\epsilon_{\text{hob}} = 74 \%$ per i fornelli a induzione.

Per questi ultimi, il consumo normalizzato EC_{hob} è assunto pari a 230 Wh/kg, da cui applicando l'Eq. (13) si ricava il consumo normalizzato netto ED_{hob} , e quindi è possibile calcolare EC_{hob} anche per i fornelli a resistenza elettrica.

Il modello calibra la quantità in kg di riferimento pro capite per ciclo di cottura per ciascun record del cluster C (usi elettrici per cottura oltre che per elettrodomestici e illuminazione), facendo variare tale grandezza in un intervallo compreso tra 0,5 kg e 2 kg e ricavando il valore che minimizza la differenza tra il consumo calcolato rispetto a quello ricavato dall'indagine Istat. Analogamente a quanto fatto per la produzione di ACS, per i record dotati di fornelli elettrici e non appartenenti al cluster C si è utilizzato il valore medio calcolato sui record del cluster C.

Noto il consumo per singolo ciclo di cottura, il consumo annuale associato ai fornelli è ottenuto moltiplicando il consumo del singolo ciclo per il numero di occupanti e per la frequenza di utilizzo media (corretta per tener conto dell'effettivo periodo di occupazione dei componenti il nucleo familiare).

2.1.5 Raffrescamento estivo

Il modello del raffrescamento estivo è basato su una correlazione statistica che lega il consumo di energia elettrica a quattro variabili predittive:

- Gradi-giorno per raffrescamento (CDD , rappresentativi delle condizioni climatiche di riferimento);
- Energy efficiency ratio stagionale del condizionatore (EER , indica le prestazioni medie stagionali di riferimento);
- Numero di ore di utilizzo (h);
- Superficie raffrescata dell'abitazione ($A_{f,cool}$).

La correlazione è ottenuta con gli strumenti di regressione robusta di Matlab® [29]:

$$E_{cooling} = f(CDD, EER, h, A_{f,cool}) \quad (14)$$

Sfortunatamente, i gradi-giorno per raffrescamento non sono un dato noto e per la determinazione dei CDD non è stato possibile utilizzare i dati relativi al comune di residenza. Ci si è quindi basati sulla regione e sulla tipologia comunale (che distingue le località in: area metropolitana, periferia dell'area metropolitana, comuni con più o meno di 50.000 abitanti, comuni di montagna oppure di collina litoranea o di pianura). Sulla base di questi dati, utilizzando i dati sui CDD in condizioni standard forniti dalla norma UNI 10349-2 [30], a ogni record è assegnato un valore di CDD.

Il EER di riferimento è impostato sulla base della tipologia di condizionatore (centralizzato, autonomo, split fisso o portatile) e della tecnologia (ad aria, ad acqua o geotermica). Il modello considera una variazione annuale di EER pari al 4 % rispetto ai valori di riferimento del 2006, limitando tuttavia i valori a $EER_{\text{max}} = 4,5$ (limite superiore) e, dall'altro lato, all'EER calcolato per il 2001 per le macchine più vecchie (limite inferiore), analogamente a quanto fatto per gli scaldacqua a pompa di calore.

Il numero di ore di funzionamento è stimato sulla base delle informazioni fornite dall'indagine Istat (numero medio di giorni in cui il condizionatore è utilizzato e numero medio di ore giornaliere di utilizzo), assumendo una durata della stagione di raffrescamento pari a 3 mesi.

La superficie raffrescata dell'abitazione è determinata considerando la superficie totale dell'appartamento (disponibile in classi di superficie) e il rapporto tra le stanze raffrescate e il numero totale di stanze dell'appartamento forniti dall'indagine.

2.1.6 Riscaldamento invernale

Per quanto riguarda l'implementazione del modello per il riscaldamento degli ambienti, dall'analisi dell'indagine Istat è emerso che la maggior parte dei sistemi di riscaldamento elettrici sono secondari (solo il 13 % circa delle famiglie che hanno dichiarato di possedere un sistema di riscaldamento elettrico hanno indicato che tale sistema era da loro utilizzato come sistema unico o principale), per i quali poche informazioni sono disponibili dall'indagine stessa. Pertanto, il modello non è in grado di calcolare il consumo annuale di energia elettrica per riscaldamento a livello di singola famiglia, bensì solo di fornire un'indicazione globale sull'intero database Istat da cui si ricava la quota percentuale di consumo globale ad esso associabile. Tale risultato è ottenuto per differenza tra la cumulata dei consumi elettrici ricavati dall'indagine e la somma dei consumi calcolati dal codice di calcolo per tutti gli altri usi finali. Al fine di ottenere un risultato il più possibile affidabile compatibilmente con i vincoli sopra descritti, i modelli implementati (riscaldamento degli ambienti escluso) devono essere adeguatamente completi e affidabili, e per questo motivo sono stati calibrati e validati record per record sull'indagine Istat.

2.2 Risultati e discussione

La diffusione di un determinato apparecchio alimentato ad energia elettrica è riportata in Figura 1, ottenuta sulla base delle elaborazioni sull'indagine Istat. Come previsto, i frigoriferi, le lavatrici e i televisori sono quasi sempre presenti, mentre i congelatori e le lavastoviglie erano dichiarati dal 33 % e al 44 % degli intervistati, rispettivamente. Le asciugatrici, che comportano significativi consumi, erano disponibili in appena il 3 % dei casi nel 2013 (quasi il 6 % se si considerano anche le lava-asciuga), mentre i personal computer erano presenti in più di una famiglia su due.

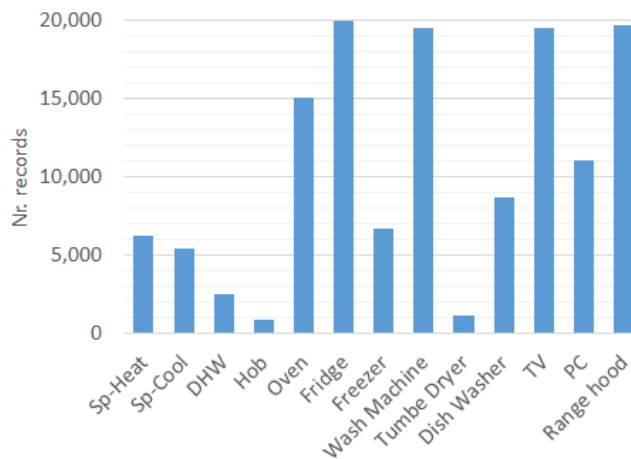


Figura 1. Numero di record dell'indagine Istat per uso finale dell'energia elettrica

In tal contesto, il consumo mediano calcolato per ciascuna tipologia di apparecchiatura elettrica è riportato in Figura 2. Gli elettrodomestici più energivori sono risultati i frigoriferi, seguiti dai congelatori e dalle asciugatrici. Per le lavastoviglie e le lavatrici il modello ha calcolato una mediana di consumo annuale intorno a 193 kWh/anno e 184 kWh/anno rispettivamente. Si fa notare come i consumi calcolati dipendano dall'utilizzo dichiarato dagli intervistati, pertanto essi possono essere molto differenti da famiglia a famiglia. Infatti, il modello gestisce il numero di cicli medio annuale dichiarato dalla singola famiglia. L'energia elettrica è usata esclusivamente per gli elettrodomestici e per l'illuminazione da 10'249 record, che

rientrano nel cluster A (sono esclusi i record nei quali sono presenti impianti fotovoltaici o con altre fonti rinnovabili elettriche, perché per essi non sono disponibili dati sulla taglia degli impianti e pertanto non è possibile scorporare la quota di fabbisogno rinnovabile dal totale dei consumi).

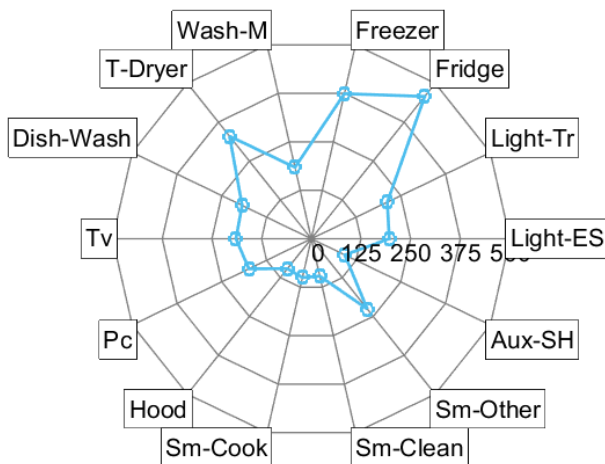


Figura 2. Mediana del consumo annuale di energia elettrica per gli elettrodomestici (kWh/anno)

Per quanto riguarda l’illuminazione, le mediane dei consumi annuali calcolate per le lampadine tradizionali e a risparmio energetico sono simili; il motivo è legato alla maggior presenza e al più frequente utilizzo delle ultime (laddove presenti) rispetto alle prime. L’indagine Istat conferma il successo già nel 2013 delle lampadine a risparmio energetico tra le famiglie italiane quale soluzione economica adottata per la riduzione dei consumi e l’incremento dell’efficienza energetica. Infatti, più del 53 % degli intervistati ha dichiarato di aver sostituito lampadine tradizionali con quelle a risparmio energetico nei cinque anni precedenti alla rilevazione statistica. Sommando il contributo delle lampadine (indipendentemente dalla loro tipologia) a livello di singolo record, la mediana del consumo annuale calcolata è pari a 322,6 kWh/anno.

Nel cluster B sono presenti 2505 famiglie che utilizzano l’elettricità per alimentare il sistema principale di produzione dell’ACS, di cui solo 27 con scaldacqua a pompa di calore. La calibrazione del modello è risultata in una domanda giornaliera media di ACS pro capite pari a 49 litri ad una temperatura di erogazione di 40°C. Il consumo energetico annuale per la produzione di ACS è rappresentato in Figura 3, da cui risulta una mediana pari a 1303 kWh/anno.

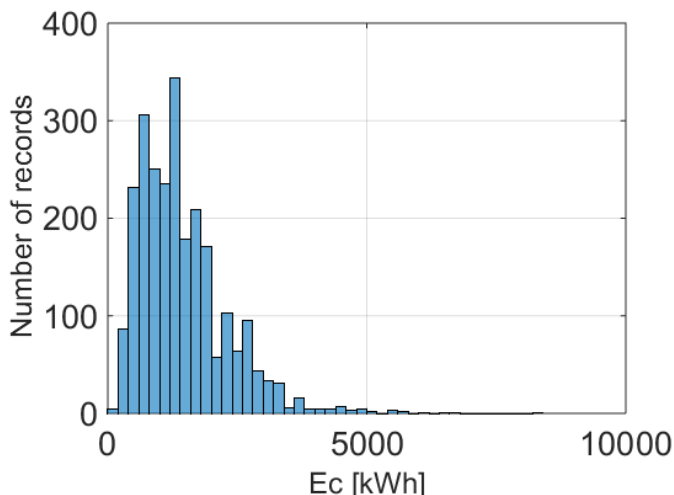


Figura 3. Distribuzione del consumo annuale di energia elettrica per la produzione di ACS (kWh/anno)

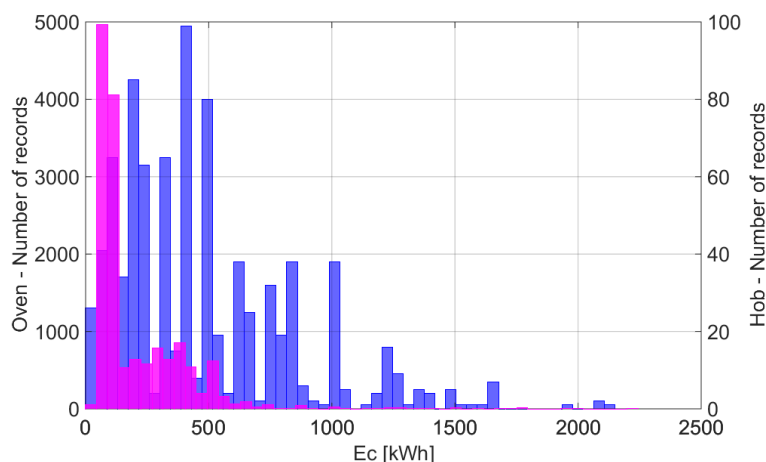


Figura 4. Distribuzione del consumo annuale di energia elettrica per usi cottura (kWh/anno): piani cottura (in blu, asse verticale a destra) e forni (magenta, asse verticale a sinistra)

Il consumo di energia elettrica per usi cottura (forni e fornelli elettrici, esclusi i piccoli elettrodomestici) è riportato in Figura 4. I forni elettrici sono molto più diffusi dei fornelli elettrici (sui 20'000 record dell'indagine Istat sono indicati 15'029 forni contro appena 873 fornelli) ma, d'altro canto, i fornelli hanno consumi maggiori. La mediana dei consumi annuali calcolata dal modello è pari a 107 kWh/anno per i forni e di 404 kWh/anno per i fornelli. La calibrazione del modello relativa alla quantità di cibo pro capite per ciclo di cottura dei fornelli sui record del cluster C porta a un valore medio pari a 1,2 kg a persona a ciclo.

Il raffrescamento estivo è presente in 5'448 record, per i quali la tipologia più diffusa di macchine sono i condizionatori e le pompe di calore split ad aria. La distribuzione dei consumi annuali è mostrata in Figura 5, da cui si ricava una mediana pari a 376 kWh/anno. Una criticità riscontrata nello sviluppo del modello è la debole correlazione delle variabili predittive utilizzate nella regressione (CDD , EER , h , $A_{f,cool}$), che comporta forti deviazioni rispetto al consumo di energia ottenuto (per differenza degli altri usi finali dal totale dei consumi) dall'indagine per i record del cluster D. Pertanto, il modello non può essere considerato pienamente soddisfacente nel descrivere con affidabilità il consumo di energia per raffrescamento sulla base dei singoli record.

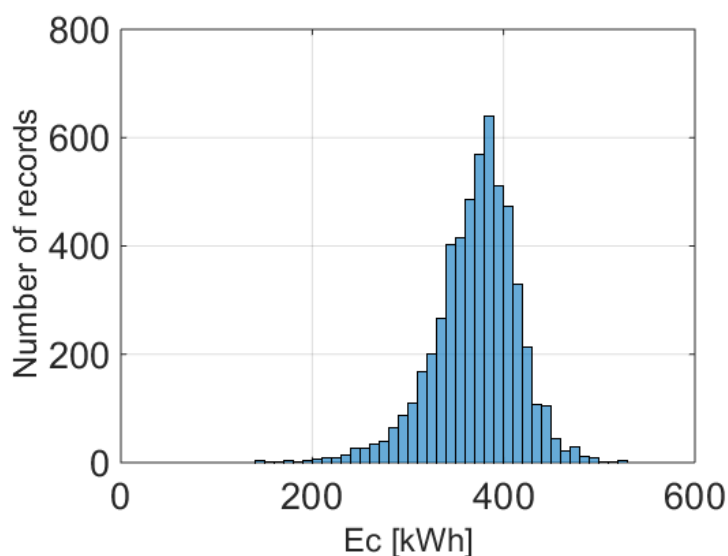


Figura 5. Distribuzione del consumo annuale di energia elettrica per raffrescamento estivo (kWh/anno)

I risultati ottenuti con il modello sono stati confrontati con il consumo di energia elettrica risultante dai costi da bolletta riportati nell'indagine Istat. Al fine di convertire i costi da bolletta in corrispettivi energetici (in kWh), si è fatto riferimento alle condizioni economiche del mercato di maggior tutela vigenti nel periodo compreso tra il 2012 e il 2013 (corrispondente con le rilevazioni statistiche) definite da ARERA, considerando la tariffa applicata ai clienti residenziali per la prima casa e un contatore da 3 kW [31]. L'indagine fornisce informazioni sul numero di famiglie che cambiarono fornitore di elettricità negli ultimi cinque anni con l'obiettivo di ridurre la bolletta, da cui risulta un tasso di switching pari al 17 %. Il cambiamento di operatore è incluso nel modello, che introduce uno sconto forfettario (parametro che comunque può essere modificato) pari al 5 % rispetto alle tariffe del mercato tutelato. Le famiglie che hanno dichiarato di aver installato impianti di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili (fotovoltaico, eolico), e che ammontano a meno del 3 % degli intervistati, sono state escluse dall'analisi con il codice di calcolo implementato, in quanto l'indagine Istat non fornisce alcuna informazione su questi impianti e quindi, come anticipato, non è possibile quantificare il loro contributo sui consumi annuali. La differenza percentuale tra i risultati del modello e l'indagine è stata calcolata per ogni singolo record con la seguente formula (i pedici *m* e *s* si riferiscono al modello e all'indagine rispettivamente):

$$\Delta EC \% = \frac{EC_s - EC_m}{EC_m} \cdot 100\% \quad (15)$$

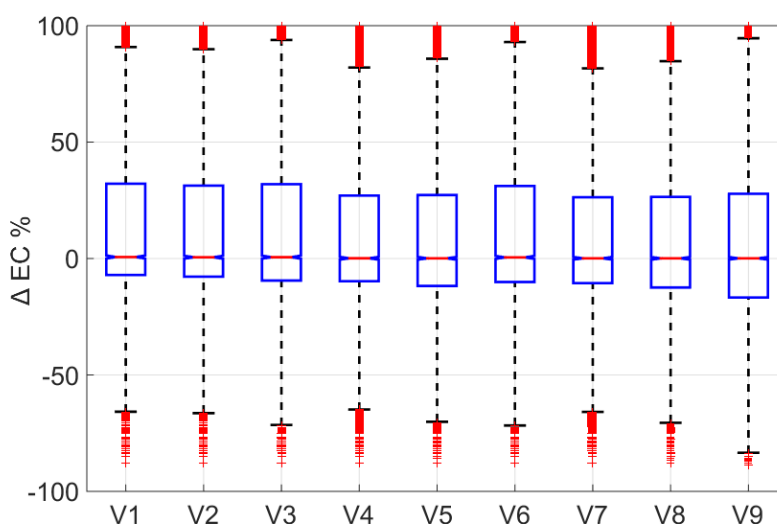


Figura 6. Differenza percentuale dell'indagine Istat rispetto al modello

Nota. Record inclusi in ciascuna serie (V). V1: elettrodomestici + illuminazione + forni; V2: elettrodomestici + illuminazione + forni + fornelli; V3: elettrodomestici + illuminazione + forni + raffrescamento; V4: elettrodomestici + illuminazione + forni + ACS; V5: elettrodomestici + illuminazione + forni + raffrescamento + ACS; V6: elettrodomestici + illuminazione + forni + fornelli + raffrescamento; V7: elettrodomestici + illuminazione + forni + fornelli + ACS; V8: elettrodomestici + illuminazione + forni + fornelli + raffrescamento + ACS; V9: tutte le apparecchiature elettriche (riscaldamento incluso).

Da tale validazione risulta che il modello è in buon accordo con i consumi di energia ricavati convertendo i costi da bolletta riportati nell'indagine Istat. Come si evince dalla Figura 6, infatti, l'intervallo interquartile della differenza percentuale calcolata con l'Eq. (15) è limitato al 40 % e, in particolare, la mediana è prossima allo 0 % in tutte le nove serie di record che sono state considerate per la validazione, ognuna delle quali include una differente combinazione di usi finali dell'energia elettrica.

Da un punto globale, la ripartizione di consumi elettrici tra i vari usi finali calcolata con il codice numerico sulla base dell'indagine Istat è la seguente:

- Elettrodomestici e illuminazione: 77,9 %
- Produzione di ACS: 6,3 %
- Usi cottura: 5,7 %

- Raffrescamento degli ambienti: 3,5 %
- Riscaldamento degli ambienti: 6,6 %

La quota relativa al riscaldamento è ottenuta come complemento al 100 % della somma degli altri usi finali. Come descritto nella Metodologia (§2.1), la maggior parte degli impianti per riscaldamento alimentati ad energia elettrica è indicato nell'indagine come impianto secondario, per i quali non sono disponibili informazioni sufficienti per implementare un modello ad hoc. Queste considerazioni hanno portato ad un approccio semplificato per la stima a livello globale dei consumi elettrici per riscaldamento degli ambienti. Nonostante ciò, la validazione ha confermato che l'approccio adottato può essere ritenuto accettabile per una valutazione dei consumi elettrici nel settore domestico finalizzata a individuare la ripartizione dei consumi tra i vari usi finali.

I risultati ottenuti dimostrano come il codice numerico implementato sulla base dei modelli matematici sopra descritti sia in grado di calcolare il consumo annuale di energia elettrica, utilizzando approcci diversi per massimizzare la quantità e la qualità delle informazioni disponibili nell'indagine Istat sui consumi energetici delle famiglie italiane. In particolare, gli elettrodomestici sono modellati sulla base della metodologia riportata nelle Direttive Europee sull'ecodesign e l'etichettatura energetica, mentre la domanda di energia per l'illuminazione, la produzione di ACS e i fornelli elettrici è ottenuta con un approccio matematico finalizzato a ottimizzare specifici parametri peculiari per ciascun uso finale. Per tali modelli la validazione ha dimostrato una buona affidabilità con l'indagine statistica a livello di singolo record.

I consumi per raffrescamento estivo sono ottenuti mediante regressione statistica sulla base di quattro variabili predittive (gradi giorno per raffrescamento, EER del condizionatore, ore di funzionamento dell'impianto e superficie raffrescata). La scarsità delle informazioni disponibili e l'elevata variabilità dei consumi per raffrescamento desunti dall'indagine statistica (come differenza tra l'energia elettrica totale desunta da bolletta e la somma degli altri usi finali) è però risultata in un'elevata deviazione con i consumi di energia calcolati dal modello a livello dei singoli record.

Vista la modesta percentuale di impianti di riscaldamento principali alimentati ad energia elettrica (gli unici per i quali l'indagine fornisce i dati minimi necessari ad implementare un modello), i consumi per riscaldamento sono stimati in modo semplificato sull'intero set di dati come differenza tra il totale dei consumi di energia elettrica ricavati dall'indagine e la somma dei contributi di tutte le apparecchiature elettriche presenti nell'abitazione calcolati dal modello record per record.

La validazione del modello implementato con l'indagine statistica ne dimostra una discreta affidabilità nel ripartire i consumi elettrici tra i vari usi finali. Infatti, l'intervallo interquartile della differenza percentuale tra i consumi calcolati e quelli da bolletta indicati nell'indagine è limitato al 40 %, inoltre la mediana è prossima allo 0 % in tutte le nove serie che sono state considerate per la validazione, ognuna delle quali include una differente combinazione di usi finali dell'energia elettrica. Il codice numerico permette quindi di allocare il consumo di energia elettrica per ogni uso finale, al fine di ottenere una stima affidabile dei consumi e delle abitudini delle famiglie italiane. In tale contesto, esso costituisce uno strumento applicabile all'analisi delle successive indagini statistiche per l'analisi dell'evoluzione dei consumi energetici delle famiglie italiane.

I modelli di calcolo dei consumi di energia elettrica hanno dimostrato inoltre la validità di un approccio modellistico orientato all'ottimizzazione di alcuni parametri significati tramite un'analisi condotta record per record. Alla luce dei risultati ottenuti, è in corso un affinamento del codice con il software di ottimizzazione ModeFRONTIER, per una più accurata determinazione di alcuni parametri, estendendo l'analisi anche agli altri combustibili ed effettuando simulazioni in tempi ragionevoli e con limitate potenze di calcolo (tipiche di una workstation).

I risultati ottenuti nel corso della presente annualità sono stati presentati alla 3a Conferenza internazionale AIGE-IIETA tenutasi a Reggio Calabria il 14-16 giugno 2018 e sono stati pubblicati su rivista [32].

3 Confronto tra l'indagine Istat sui consumi energetici delle famiglie e il database delle detrazioni fiscali per gli interventi di risparmio energetico nell'edilizia

Il database delle detrazioni fiscali per gli interventi di risparmio energetico nell'edilizia (abbreviato di seguito con "database ecobonus") rappresenta una fonte ufficiale per il monitoraggio degli interventi di efficientamento del patrimonio edilizio esistente. In base al DM 19/02/2007 e s.m.i. (c.d. Decreto Edifici), ENEA riceve ed elabora la documentazione tecnica – tramite un apposito portale web – degli interventi di efficientamento per i quali l'utente richiede la detrazione fiscale (Art. 4) ed effettua il monitoraggio dei risultati e la valutazione del risparmio energetico conseguito (Art. 11).

Dall'analisi dei rapporti tecnici ENEA relativi alla valutazione della documentazione presentata nei vari anni (in accordo al sopra citato Art. 11), e disponibili sul portale ENEA <http://www.acs.enea.it/>, si evince che la maggiore efficacia del meccanismo fiscale si riscontri in ambito residenziale (negli anni, mediamente più del 95 % delle richieste riguardano questo settore).

Il database ecobonus e l'indagine Istat sui consumi energetici delle famiglie italiane rappresentano importanti fonti per lo studio dei consumi di energia, delle abitudini e dell'interesse delle famiglie italiane verso l'efficienza ed il risparmio energetico. Pertanto si è ritenuto utile confrontare il database ecobonus con l'indagine Istat, relativamente ai principali interventi di efficientamento energetico: riqualificazione energetica per la climatizzazione invernale, interventi sull'involucro (componenti opachi e trasparenti), installazione di pannelli solari e sostituzione di impianti termici. E' tuttavia opportuno tenere presenti le rispettive peculiarità e dunque le loro differenze:

- Il database ecobonus raccoglie la documentazione presentata direttamente (anche tramite tecnici abilitati) dai soggetti che intendono accedere alle detrazioni fiscali per l'efficientamento energetico del loro patrimonio edilizio, mentre l'indagine Istat è una rilevazione statistica di ampio respiro che intende valutare – su un campione statistico – gli usi finali di energia, le abitudini e i consumi nel settore residenziale (tipicamente prime case);
- Il limite dell'indagine statistica è rappresentato dalla veridicità della risposta dell'interlocutore, il limite dei dati contenuti nel database ecobonus è invece rappresentato dalla possibilità di errore in fase di inserimento;
- I dati raccolti nel database ecobonus sono limitati alla particolare tipologia di intervento di efficientamento effettuato, mentre le informazioni richieste dall'indagine Istat coprono tutti gli usi finali di energia (riscaldamento, produzione di ACS, raffrescamento, usi cottura, elettrodomestici, illuminazione);
- Da un punto di vista della qualità dei contenuti (es. caratteristiche del sistema edificio – impianto), il database ecobonus contiene dati più dettagliati e puntuali (l'attendibilità delle pratiche è comunque legata alle informazioni trasmesse dal tecnico o dal beneficiario), mentre i dati raccolti dall'indagine Istat sono di carattere più qualitativo;
- Diversa è la numerosità dei record: mediamente il database ecobonus include più di 300 mila pratiche ogni anno, mentre l'indagine Istat è composta da 20 mila record;
- Diversa è la distribuzione geografica dei record: la maggioranza delle pratiche per l'accesso alle detrazioni fiscali sono inviate da residenti nel Nord Italia, mentre i campioni dell'indagine statistica sono stati opportunamente selezionati da Istat in modo da avere un'adeguata rappresentatività e copertura su base regionale.

Tenendo presente quanto sopra indicato, e delle considerazioni che saranno approfondite nel seguito, il confronto tra i due database è stato effettuato per i principali interventi di efficientamento contemplati dal meccanismo delle detrazioni fiscali, rappresentando i risultati più significativi in grafici.

3.1 Oggetto del confronto

Lo stanziamento delle detrazioni fiscali per gli interventi di risparmio energetico, a partire dal 2007, ha avviato ad una serie di rinnovi e ammodernamenti degli edifici per la riduzione dei consumi e un minore impatto ambientale. La possibilità di ottenere una consistente detrazione è servita da stimolo per sostenere il settore dell'edilizia e dell'impiantistica termotecnica. Già nel 2007, i beneficiari delle detrazioni fiscali (o, per conto loro, i tecnici abilitati) sono tenuti a inviare la documentazione ad ENEA tramite un apposito portale gestito dall'Ente. Di conseguenza, ENEA ha raccolto e analizzato un'elevata quantità di dati che rappresentano una preziosa fonte di informazioni sulle tipologie di interventi di efficientamento e sulle tecnologie più popolari tra i cittadini, soprattutto nel settore residenziale. Analizzando ed incrociando questi dati è possibile ricavare mappe e informazioni tecnico-economiche sulla distribuzione statistica e tipologia di interventi di efficientamento energetico su tutto il territorio nazionale.

Le disposizioni legislative concernenti le detrazioni fiscali per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio sono state modificate e aggiornate nel corso degli anni. Per un corretto confronto, si sono pertanto considerate le regole vigenti all'epoca, in un periodo compreso tra il 2009 e il 2014. La Legge 296/06 e il decreto attuativo DM 19/02/2007 e s.m.i. (c.d. "Decreto Edifici") hanno definito i vari tipi di intervento per i quali si può fruire del beneficio fiscale per le spese sostenute, che sono considerati nel presente studio per il confronto con l'indagine Istat:

1. Comma 344: interventi di "riqualificazione globale", ossia tecnicamente più complessi che riguardano il miglioramento delle prestazioni energetiche dell'intero sistema edificio-impianto,—caratterizzati dalla verifica dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale, in analogia a quanto previsto in ambito di certificazione energetica degli edifici. Questa tipologia di intervento è l'unica per la quale la normativa non predispone specifiche indicazioni sulle tipologie di interventi agevolabili o valori limite prestazionali per i singoli componenti utilizzati.
2. Comma 345: interventi sull'involucro di edifici esistenti, parti di edifici esistenti o unità immobiliari esistenti, riguardanti strutture opache verticali e orizzontali, finestre comprensive di infissi, delimitanti il volume riscaldato, previa verifica dei requisiti di trasmittanza termica indicati nel Decreto edifici. Ai fini dell'analisi dell'indagine Istat per il confronto con i database ecobonus, i lavori che ricadono in questa categoria sono ulteriormente suddivisi, laddove possibile, in:
 - Comma 345a: per la coibentazione di pareti verticali, tetti, solai e sostituzione di finestre comprensive di infissi (qualora non ricadano nella categoria del comma successivo);
 - Comma 345b: per la sostituzione di finestre comprensive di infissi in singole unità immobiliari.
3. Comma 346: interventi di installazione di pannelli solari per la produzione di acqua calda per usi domestici o industriali
4. Comma 347: interventi di sostituzione di impianti per la climatizzazione invernale con caldaie a condensazione e contestuale messa a punto del sistema di distribuzione, nonché di impianti di climatizzazione invernale con impianti dotati di pompe di calore ad alta efficienza oppure con impianti geotermici a bassa entalpia e contestuale messa a punto ed equilibratura del sistema di distribuzione e, dal 2012, per interventi di sostituzione di scaldacqua tradizionali con scaldacqua a pompa di calore dedicati alla produzione di ACS.

3.2 Approccio metodologico di analisi dati del database Ecobonus

Il confronto dei due database è stato effettuato sullo stesso periodo storico, ossia nei cinque anni compresi tra il 2009 e il 2013, in conformità con il periodo a cui fa riferimento l'indagine Istat per quanto attiene la richiesta degli interventi di efficientamento. Come fonte dei dati, si sono utilizzati i rapporti tecnici di ENEA "Le detrazioni fiscali del 55-65% per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente"

scaricabili dal sito <http://www.acs.enea.it/rapporti/>. [33, 34, 35, 36] Per quanto riguarda i risultati riportati in tali report, si precisa che:

- I risultati fanno riferimento unicamente alla documentazione tecnica inviata per via telematica attraverso lo specifico sito web (es. per il 2013 ~~era~~ <http://finanziaria2013.enea.it/>);
- Non è stato computato il contributo delle pratiche inviate ad ENEA per via cartacea (trascurabile da un punto di vista numerico);
- I dati sono ricavati direttamente dai contenuti tecnici delle pratiche trasmesse, senza verifiche sulla loro veridicità ed attendibilità;
- Nonostante ciò, ENEA ha effettuato un'operazione di filtraggio del campione statistico disponibile.

Si riportano di seguito alcune criticità nell'aggregazione e confronto dei dati tratti dai report relativi al periodo 2009-2013, principalmente dovuti a cambiamenti nel corso degli anni, a seguito di aggiornamenti normativi e legislativi e all'estensione dell'ecobonus a nuove tecnologie (es. scaldacqua a pompa di calore per il comma 347):

- Per la tipologia di impianto termico si ha una variazione di dati pre e post 2010, ossia dopo il 2010 i report non riportano gli impianti censiti in tutte le pratiche ma solo quelli relativi a pratiche che hanno presentato gli Attestati di qualificazione energetica;
- Analoghe difformità si riscontrano anche relativamente al combustibile utilizzato dall'impianto termico, sia per i campi generali sia, nello specifico, per il comma 344. Per questo comma, inoltre, non sono più presenti dati dal 2013, mentre ne risulta un andamento quasi costante negli anni precedenti;
- Nella tipologia di intervento eseguito, come sopra indicato, negli anni compaiono nuove tecnologie per l'impianto termico. Per poter effettuare un confronto tra il numero di interventi per il singolo comma nei vari anni, la voce "impianto termico" li raggruppa tutti senza distinzione;
- Gli interventi effettuati su edifici residenziali non sono distinti da quelli effettuati nei settori industriale e terziario. Infatti, i report indicano, per ogni anno, la percentuale di pratiche associate ai settori di impiego indipendentemente dalla tipologia di intervento, da cui si evince come il settore residenziale copra una percentuale variabile tra il 92 % ed il 95 % del totale degli interventi svolti. In assenza di distinzione tra i vari commi, visto anche che la stragrande maggioranza degli interventi è relativa al settore residenziale, si trascura la bassa incidenza delle destinazioni non residenziali e si includono tutte le pratiche nel confronto con l'indagine Istat.

Si è deciso, inoltre, di estendere il confronto (tuttora in fase di svolgimento) valutando nel dettaglio il database Ecobonus relativo agli interventi effettuati nel corso del 2014. Il database Ecobonus contiene tutte le pratiche di intervento suddivise per singoli commi; analizzandone la struttura è possibile considerare i seguenti macro campi:

- Codice identificativo univoco della pratica e del beneficiario;
- Anagrafica e contesto dell'immobile (posizione geografica, indicazioni storico-descrittive);
- Descrizione dell'esistente (involucro edilizio e impianto termico);
- Consumi energetici e prestazioni sistema edificio-impianto;
- Eventuali problematiche tecniche (desumibili dalle raccomandazioni tecniche);
- Tipologia e caratterizzazione tecnica dell'intervento eseguito;
- Risparmio energetico conseguito;
- Caratterizzazione economica dell'intervento (costi ed entità della detrazione fiscale).

A seconda della tipologia di interventi eseguiti, e quindi del comma a cui la pratica fa riferimento, i suddetti campi vengono approfonditi in maniera diversa. A tal proposito, alcuni campi sono assenti nel caso degli interventi più semplici, es. sostituzione caldaia oppure installazione di impianto solare termico.

Dovendo analizzare la distribuzione delle pratiche riguardanti il settore residenziale, si possono escludere alcuni campi non necessari o non comuni tra i vari commi. Questo permette di ridurre la mole di dati su cui lavorare e di eliminare i campi contenenti errori o per i quali non è possibile un'analisi automatizzabile, ad esempio quelli che prevedono l'inserimento di testo libero.

Nell'ottica del confronto con l'indagine Istat, che mette a disposizione una quantità di informazioni relative agli interventi di efficientamento assai minore rispetto ai database ecobonus, si considerano solo i campi direttamente confrontabili, tra cui quelli riguardanti la posizione geografica degli immobili, la destinazione d'uso e la tipologia di intervento, trascurando i dettagli tecnici ed i risparmi energetici e finanziari.

Prima di effettuare l'elaborazione dei dati, è stata effettuata una ricerca di eventuali errori, valutando eventuali possibili correttivi degli stessi. In particolare, si evidenzia che:

- Per la posizione geografica vi sono mancanze o dati incongruenti relativi ai CAP o alle Province inseriti, si nota una buona percentuale di campi lasciati vuoti per i CAP o errore per i Comuni con nomi uguali. Analizzando i dati disponibili in concomitanza degli errori è possibile effettuare una correzione sfruttando la ridondanza data dalla coincidenza di due su tre valori tra CAP – Comune – Provincia, correggendo l'eventuale terzo valore errato.
- Le tipologie di destinazione d'uso generale o particolare presentano saltuariamente campi vuoti. Il confronto tra la presenza in uno dei due campi dell'indicazione "residenziale" e i valori dei campi di descrizione dell'edificio e tipologia di intervento ha permesso di determinare, con adeguata precisione, la combinazione di valori indicanti abitazioni, che sono l'oggetto del presente confronto. In particolare si è notato come l'inserimento di "residenziale" nel campo "destinazione d'uso generale" facesse trascurare la compilazione del campo "destinazione d'uso particolare" proprio nel caso di abitazioni.
- I campi riguardanti la tipologia di intervento eseguito, ossia a quale comma si fa riferimento, non riportano valori assenti.

Per quanto riguarda il database relativo al 2014, l'analisi dei dati su base regionale avviene quindi associando le province alle varie regioni di appartenenza. Una volta escluse tutte le pratiche relative a edifici non residenziali, si vanno a sommare gli interventi a seconda tipologia e di comma. La procedura permette di ottenere quindi tabelle contenenti nelle righe l'elenco delle regioni e nelle colonne il totale degli interventi divisi per comma e tipologia. Sarà questa la base di confronto con l'indagine statistica. Tale attività è tuttora in corso di svolgimento.

3.3 *Approccio metodologico di analisi dati dell'indagine Istat*

Per quanto riguarda l'indagine Istat, si sono utilizzate le risposte relative alla presenza/assenza di investimenti per ridurre le spese per riscaldamento effettuati nel corso dei cinque anni antecedenti il periodo di rilevazione (2013). I dati a nostra disposizione permettono, con un certo grado di approssimazione, di ricondurre l'investimento stesso ai commi definiti dall'ecobonus e di analizzare la situazione relativamente agli impianti termici, al combustibile utilizzato e alla ripartizione regionale degli interventi. In particolare, il questionario indica se sono stati effettuati o meno (risposta sì/no) i seguenti interventi nel corso dei cinque anni antecedenti il 2013:

- Sostituzione della caldaia con una più efficiente (ad alto rendimento, a condensazione, ecc.);
- Installazione di impianti ad energia rinnovabile, tra cui pompe di calore, impianti a biomasse, pannelli solari;
- Isolamento termico di elementi opachi dell'involucro;
- Sostituzione di porte, finestre, infissi;
- Installazione di impianti solari termici per la produzione di ACS.

L'indagine non entra nel dettaglio degli interventi effettuati; pertanto, laddove possibile, le informazioni necessarie per il confronto sono state estrapolate dalle domande riportate nelle sezioni relative al particolare uso finale (es. riscaldamento, produzione di ACS, impianti a biomasse).

per i record che hanno indicato l'installazione di impianti a energia rinnovabile per la produzione di ACS, si è verificata la presenza dei collettori solari e il loro utilizzo, ovvero sola produzione di ACS oppure anche integrazione del riscaldamento. Inoltre, la categoria relativa agli interventi sull'involucro opaco include senza distinzione sia le pareti verticali sia gli elementi orizzontali (soffitti e pavimenti).

Pertanto, per effettuare il confronto con il database ecobonus, gli interventi di efficientamento riportati nell'indagine Istat sono stati suddivisi in gruppi analoghi ai commi 344 - 347:

- Comma 344: questa categoria, per intrinseca definizione normativa, include tutte le possibilità di intervento escluse dai vincoli definiti dalle categorie successive;
- Comma 345a: si riferisce ad interventi sui componenti di involucro opachi (verticali od orizzontali), oppure ad interventi sui componenti opachi in abbinamento alla sostituzione degli infissi
- Comma 345b: sono inclusi i record nei quali è indicata la sostituzione elementi trasparenti e che non sono compresi nei due precedenti commi;
- Comma 346: sono inclusi i record nei quali è installato un impianto solare termico per produzione di ACS e/o integrazione riscaldamento;
- Comma 347: sono inclusi i record (non già considerati nel comma 344) nei quali è indicata la sostituzione della caldaia con una nuova caldaia più efficiente, ma non a biomassa, oppure con una pompa di calore.

Nell'assegnare i record alle precedenti categorie, si sono inoltre osservate le seguenti limitazioni:

- Si sono considerate solo le abitazioni di proprietà (o comproprietà), pari al 87,2 % del campione statistico;
- Si sono esclusi i record per i quali non è presente l'impianto termico (circa l'1,3 %), in quanto tale requisito è necessario per accedere all'ecobonus;
- Per quanto riguarda gli impianti di riscaldamento, si sono considerati unicamente gli impianti principali;
- Si sono esclusi i record dove il riscaldamento degli ambienti è ottenuto con apparecchi mobili (2,2 % del campione statistico), in quanto in questi casi non è possibile accedere all'ecobonus.

L'analisi è condotta su base nazionale e regionale. Al fine di estendere i risultati dal campione statistico al totale delle famiglie italiane, si sono utilizzati i coefficienti di riporto, che hanno il compito di espandere il peso della singola famiglia a rappresentare le altre non incluse nel campione che presentano le stesse caratteristiche (dominio di stima) in termini di variabili di campionamento (es. la regione di appartenenza).

Al fine di approfondire l'analisi dell'indagine Istat, si è preso in considerazione anche quanto emerge dalla domanda del questionario sulla programmazione di investimenti per ridurre le spese in riscaldamento e produzione di ACS (negli anni successivi al 2013). In tal caso, il livello di dettaglio dei dati estrapolabili è ancora inferiore, ed è stato possibile stimare, in prima approssimazione, i soli interventi riconducibili al comma 345 (senza distinzione tra categoria a e b), per l'involucro, e al comma 347 per gli impianti.

3.4 Risultati e discussione

Il primo confronto tra i due database è sulla numerosità degli interventi suddivisi per comma. I risultati sono riportati in Figura 7, che indica il numero di pratiche comunicate a ENEA per accedere all'ecobonus, e in Figura 8, che indica il numero di interventi (questa variabile è confrontabile con il numero di pratiche) calcolati dall'indagine Istat utilizzando i coefficienti di riporto. Come descritto in precedenza, per il database ecobonus si sono utilizzati i dati contenuti nei rapporti tecnici ENEA di monitoraggio delle detrazioni fiscali senza distinzione tra utenze residenziali e non, relativi al periodo compreso tra il 2009 e il 2013, in quanto le domande dell'indagine Istat relative agli interventi di efficientamento fanno riferimento al quinquennio antecedente all'anno dell'indagine (2013). A differenza dei dati tratti da Istat, nel caso del database ecobonus è possibile riportare il numero di interventi per i singoli anni.

Il primo risultato ottenuto è la grande differenza nella numerosità degli interventi nel corso del quinquennio 2009-2013 (i valori sotto riportati sono arrotondati al centinaio):

- Comma 344: circa 11'700 pratiche di richiesta dell'ecobonus contro i 55'600 interventi ricavati dall'indagine Istat che sono stati associati a questo comma (+477 %);

- Comma 345: circa 940'200 pratiche di richiesta ecobonus contro 2'149'900 interventi (di cui 412'100 per il comma 345a e 1'737'800 per il comma 345b) ricavati dall'indagine (+229 %);
- Comma 346: in questo caso le pratiche inviate per la richiesta dell'ecobonus sono superiori, ossia 163'000 pratiche contro i 48'500 interventi ricavati dall'indagine (-336 %);
- Comma 347: gli interventi ricavati dall'indagine Istat sono nuovamente molto superiori rispetto alle pratiche inviate per la richiesta dell'ecobonus (+440 %), ossia 1'891'000 interventi (dall'indagine Istat) contro 429'500 pratiche (dal database ecobonus).

Limitandosi a valutazioni qualitative, c'è concordanza sui due interventi di efficientamento energetico più diffusi: la sostituzione dei componenti trasparenti di involucro (1°) e la sostituzione del generatore di calore (2°). Si è quindi proceduto a un confronto sulla base delle percentuali delle tipologie di interventi, come riportato in Figura 9 (da ecobonus) e in Figura 10 (da Istat):

- I componenti opachi orizzontali e verticali secondo il database ecobonus pesano per circa il 2 % e l'1,2 %, rispettivamente, mentre tali percentuali salgono al 10,8 % in base alle elaborazioni sull'indagine Istat (per la quale non è possibile distinguere tra superfici verticali e orizzontali);
- I componenti trasparenti coprono una quota del 59 % secondo le elaborazioni sul database ecobonus, che si riduce al 43 % in base all'indagine statistica;
- Le caldaie coprono il 27 % (ecobonus) contro il 45 % (indagine Istat) degli interventi; inoltre, sulla base dei dati a disposizione per l'indagine Istat, si è calcolata una quota inferiore al 1 % per le pompe di calore;
- Il solare termico "pesa" circa l'1 % degli interventi secondo quanto ottenuto dall'indagine statistica, ossia un ordine di grandezza in meno di quanto risulta dal database ecobonus (11 %).

Il successivo confronto è stato fatto sulla distribuzione percentuale degli interventi su base regionale. I risultati sono riportati negli istogrammi di Figura 11 (ecobonus) e Figura 12 (indagine Istat). Nelle due figure le regioni sono riportate nello stesso ordine (crescente sulla base delle percentuali ricavate dal database ecobonus) in modo da agevolare i confronti. Per entrambe le fonti, la Lombardia risulta la regione con il più alto numero di interventi, con percentuali confrontabili (21,9% per l'ecobonus, 20,7 % per l'indagine), mentre Molise e Valle d'Aosta sono quelle con il minore numero di interventi (inferiore all' 1 %, dato giustificabile viste le differenze nel numero di residenti tra queste regioni). Per quanto riguarda le altre regioni i confronti danno risultati più eterogenei, che in parte possono essere spiegati con il diverso peso dei coefficienti di riporto dell'indagine statistica in funzione della popolazione regionale residente e con una non omogenea distribuzione degli interventi di efficientamento per i quali è stata richiesta la detrazione fiscale.

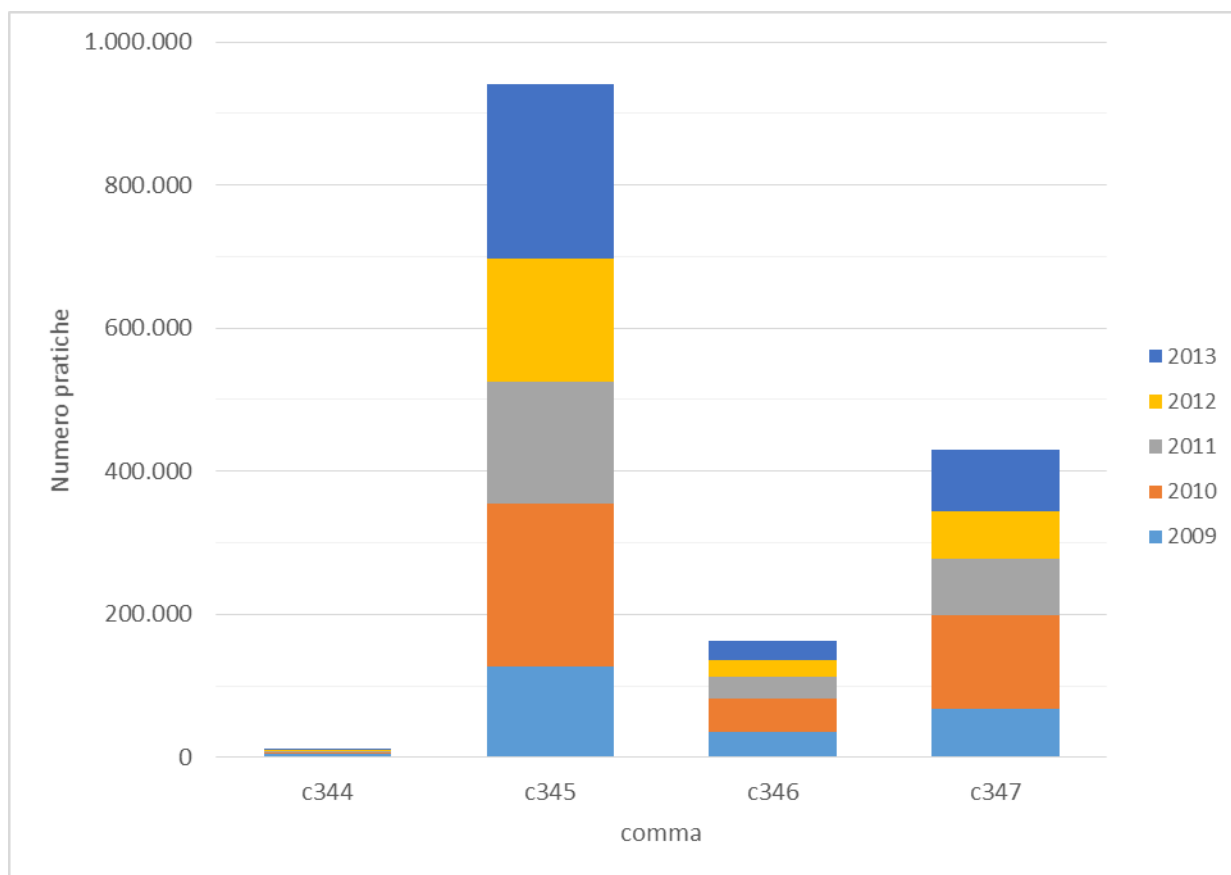


Figura 7. Tipologia di intervento in base al database ecobonus tra il 2009 e il 2013

[Fonte: ENEA]

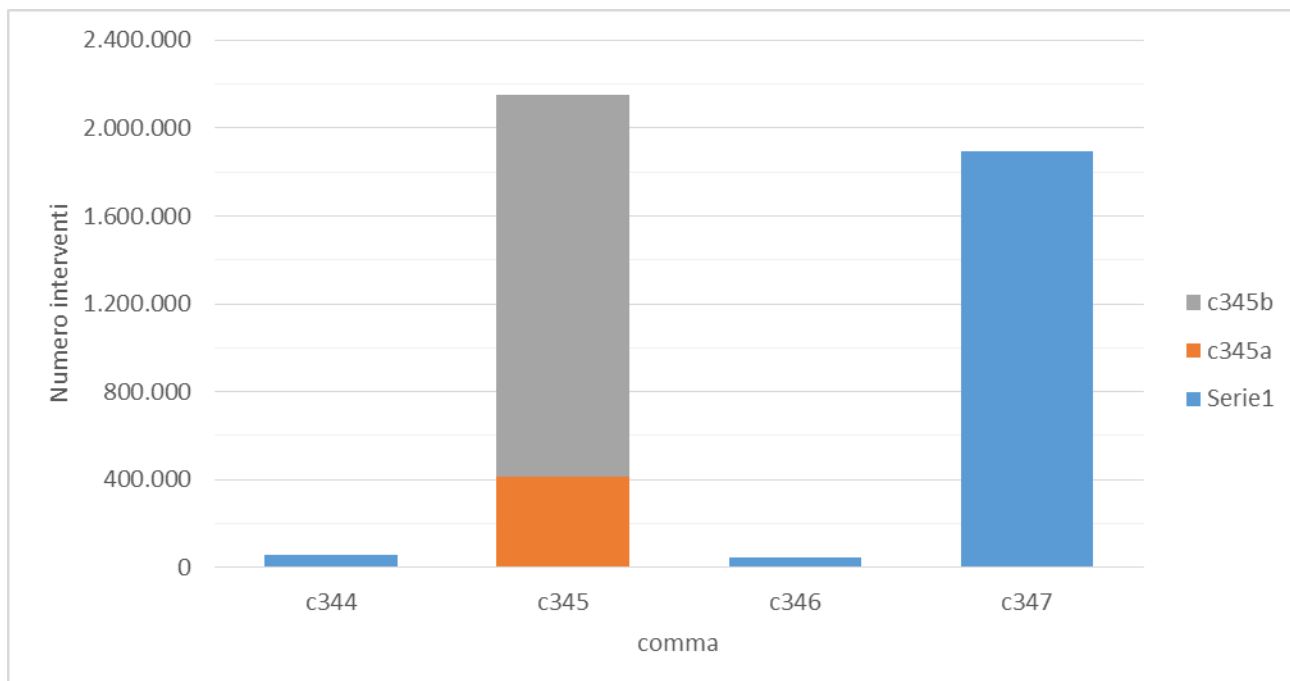


Figura 8. Tipologia di intervento in base all'indagine Istat

[Fonte: elaborazioni ENEA su dati Istat]

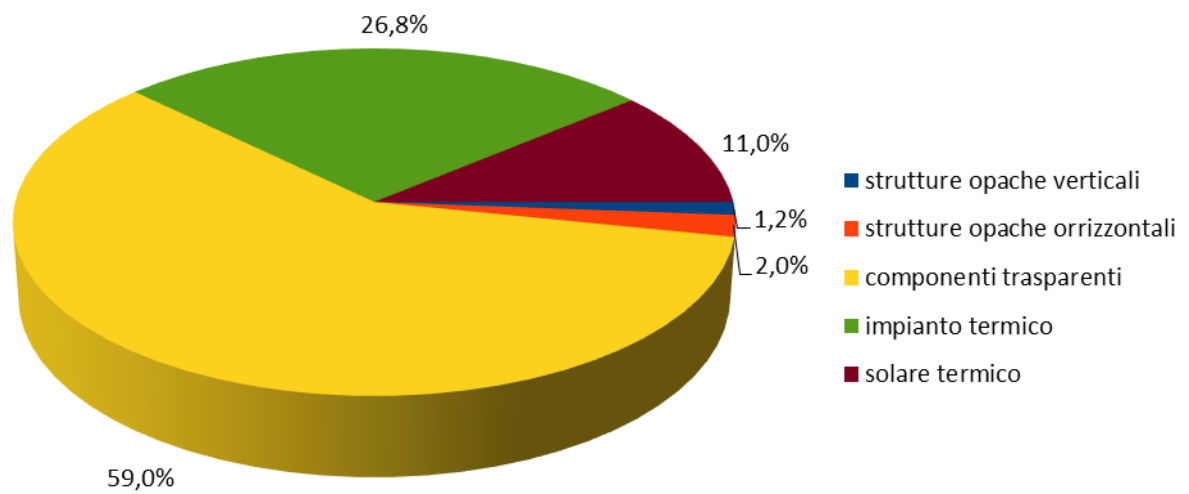


Figura 9. Ripartizione degli interventi in base al database ecobonus tra il 2009 e il 2013

[Fonte: ENEA]

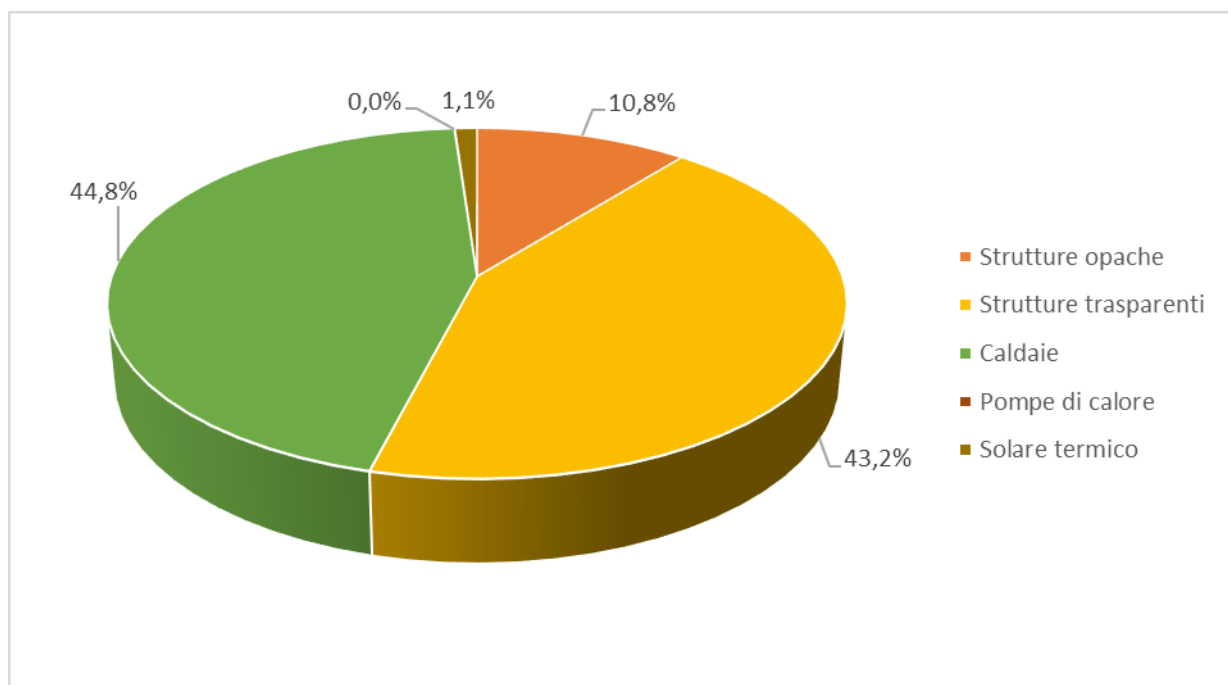


Figura 10. Ripartizione degli interventi in base all'indagine Istat

[Fonte: elaborazioni ENEA su dati Istat]

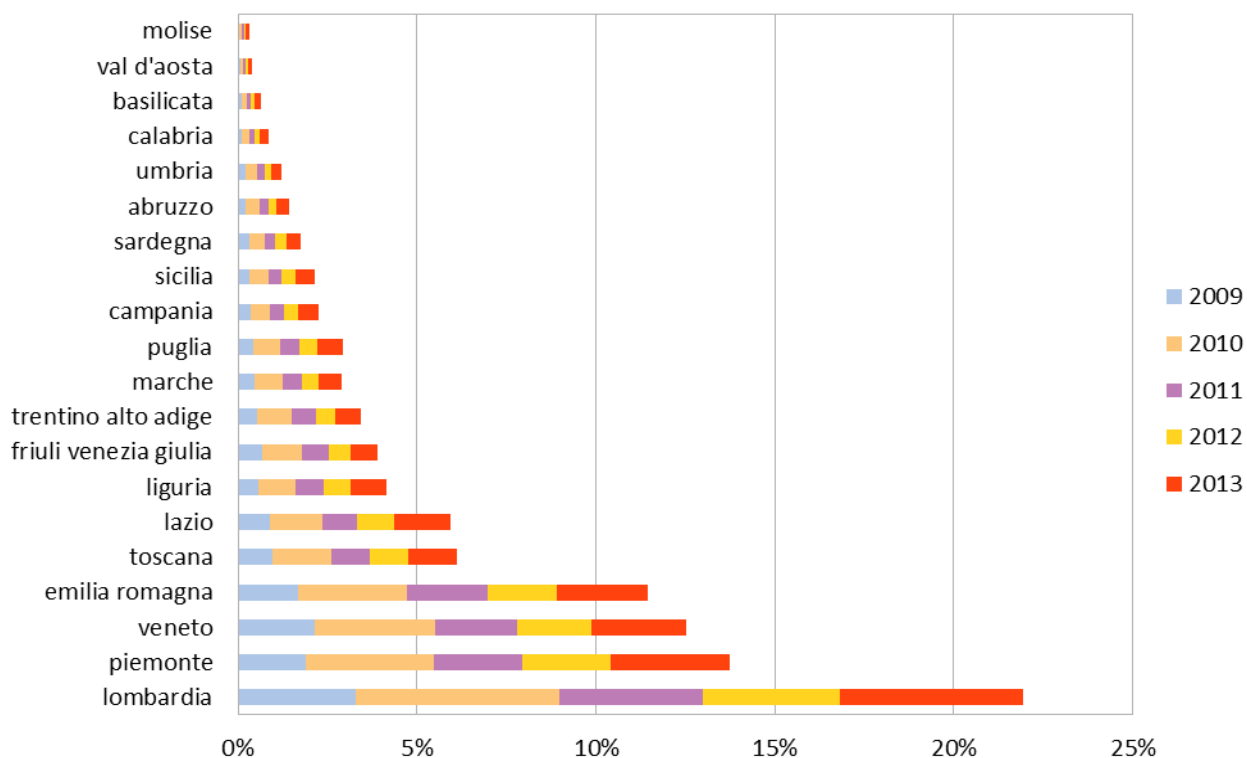


Figura 11. Frequenza degli interventi su base regionale in base al database ecobonus tra il 2009 e il 2013

[Fonte: ENEA]

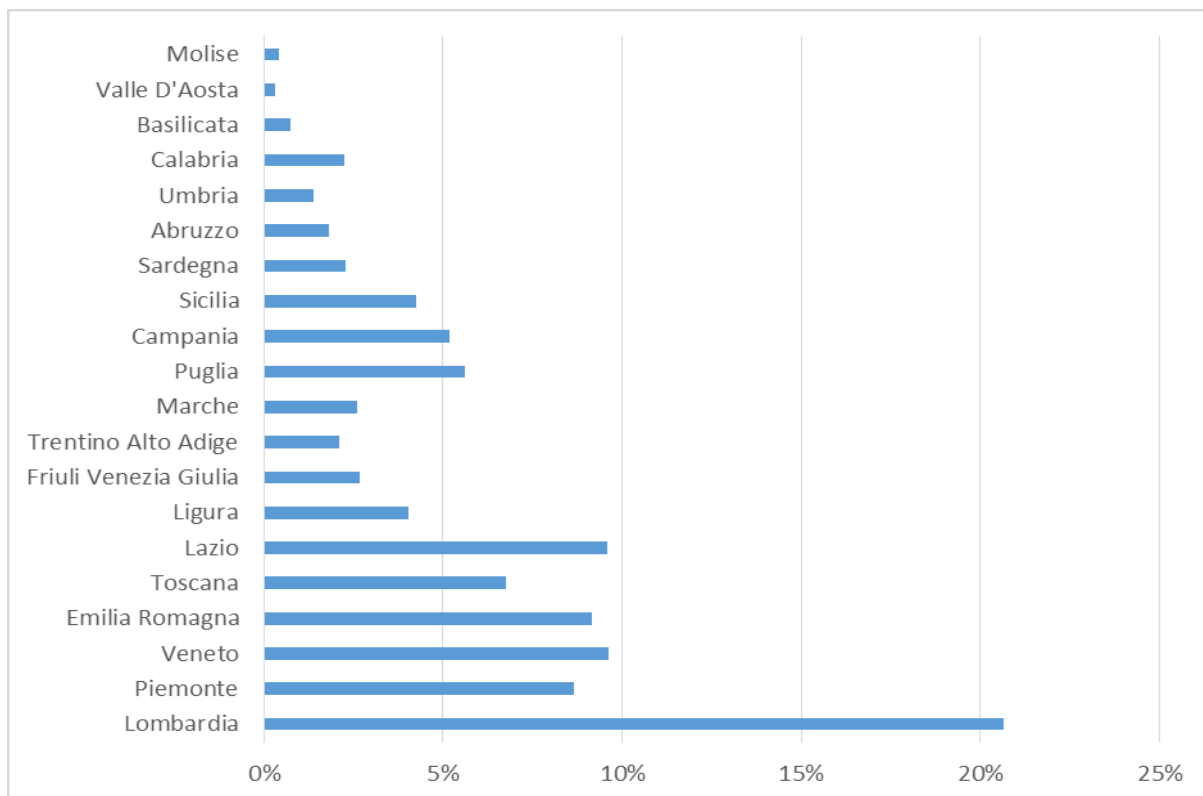


Figura 12. Frequenza degli interventi su base regionale in base all'indagine Istat

[Fonte: elaborazioni ENEA su dati Istat]

Per quanto riguarda gli impianti termici, si è effettuato un confronto sulla base della tipologia di impianto (centralizzato vs. autonomo) e sul combustibile. Relativamente alla tipologia impiantistica, i risultati sono riportati nei grafici di Figura 13 (da ecobonus) e Figura 14 (da indagine Istat). Si fa presente che i dati ricavati dal database ecobonus sono relativi agli anni dal 2010 al 2013 e riguardano solamente le pratiche corredate di attestato di qualificazione energetica (quindi un campione di circa 29'300 pratiche nell'arco del quadriennio). Nel caso dell'indagine Istat, la Figura 14 riporta le distribuzioni distinguendo tra gli impianti termici associati al comma 344 (riqualificazione globale), al comma 347 (sostituzione del generatore di calore) e, in aggiunta, indica le tipologie impiantistiche in tutti i casi per i quali è indicato un intervento di risparmio energetico (anche non relativo alla sostituzione del generatore di calore), questo giustifica la presenza di impianti termici fissi (che non erano incentivabili ai sensi dell'ecobonus nel periodo di interesse). Per un corretto confronto tra le due figure, si ritiene preferibile considerare le percentuali relative al comma 344 di Figura 14. Ne risulta una netta prevalenza degli impianti autonomi, che però è sovrastimata nel caso dell'indagine statistica (circa il 96 % rispetto all'83 % ottenuto dal database ecobonus).

Anche per il confronto sul tipo di combustibile, si fa presente che i dati ricavati dal database ecobonus sono relativi agli anni dal 2010 al 2013 e riguardano solamente le pratiche corredate di attestato di qualificazione energetica (quindi un campione di circa 29'300 pratiche nell'arco del quadriennio), mentre i dati ricavati dall'indagine Istat considerano gli impianti termici dichiarati nei record nei quali è indicato un qualsiasi intervento di risparmio energetico tra quelli oggetto del confronto (non necessariamente collegato alla sostituzione del generatore di calore). Come si nota da Figura 15, il gas naturale è il combustibile più diffuso, anche se sovrastimato nel caso dell'indagine. Di contro, quest'ultima fonte sottostima gli impianti termici alimentati ad energia elettrica, mentre per gli altri combustibili le percentuali sono simili. La categoria "altro" rappresenta soprattutto i vecchi impianti alimentati a olio combustibile (che coprono una quota del tutto marginale).

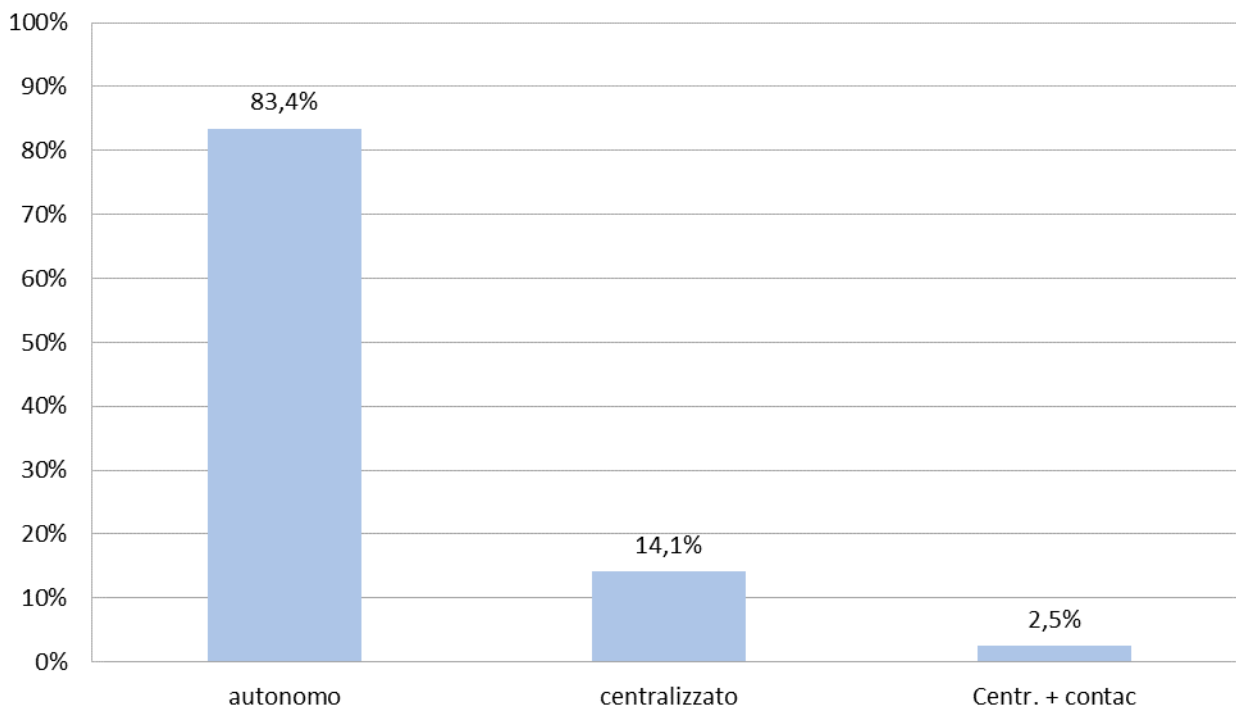


Figura 13. Distribuzione media delle pratiche per tipologia di impianto termico installato in base al database ecobonus tra il 2010 e 2013 con riferimento ai soli attestati di qualificazione energetica (Allegato A del Decreto edifici) [Fonte: ENEA]

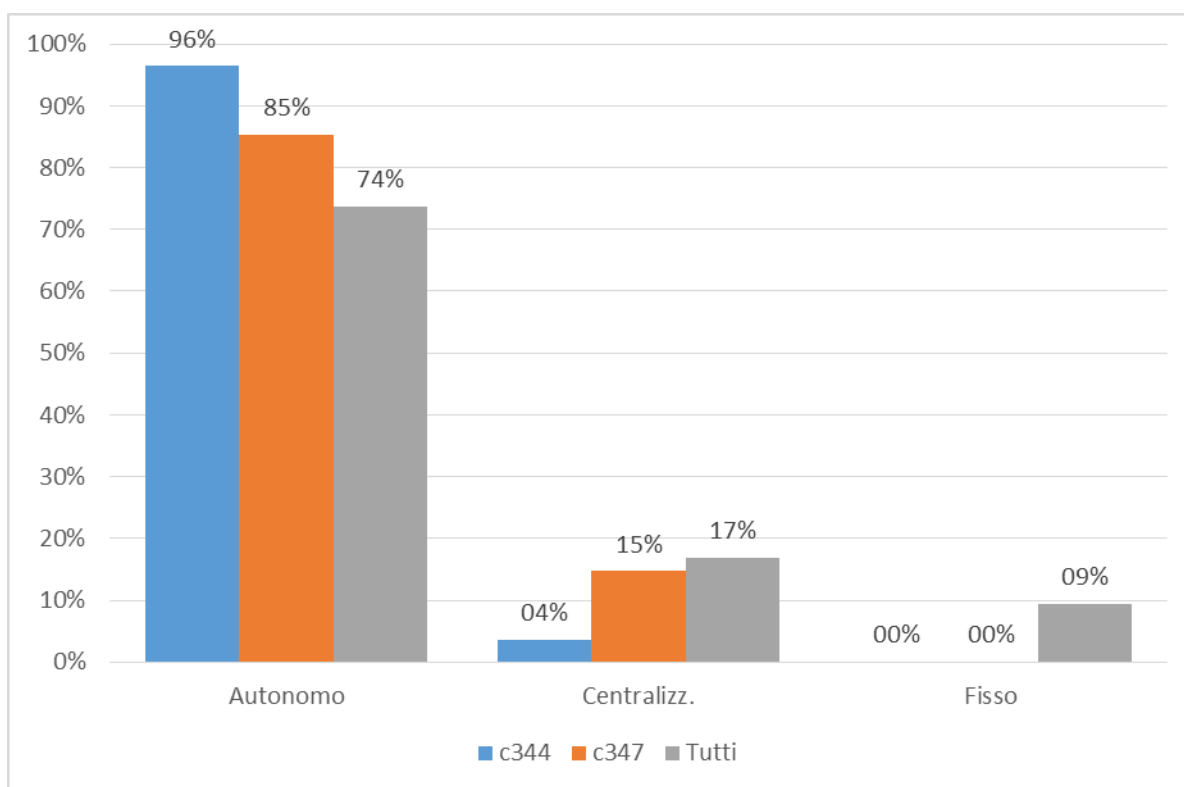


Figura 14. Distribuzione per tipologia di impianto termico installato in base all'indagine Istat [Fonte: elaborazioni ENEA su dati Istat]

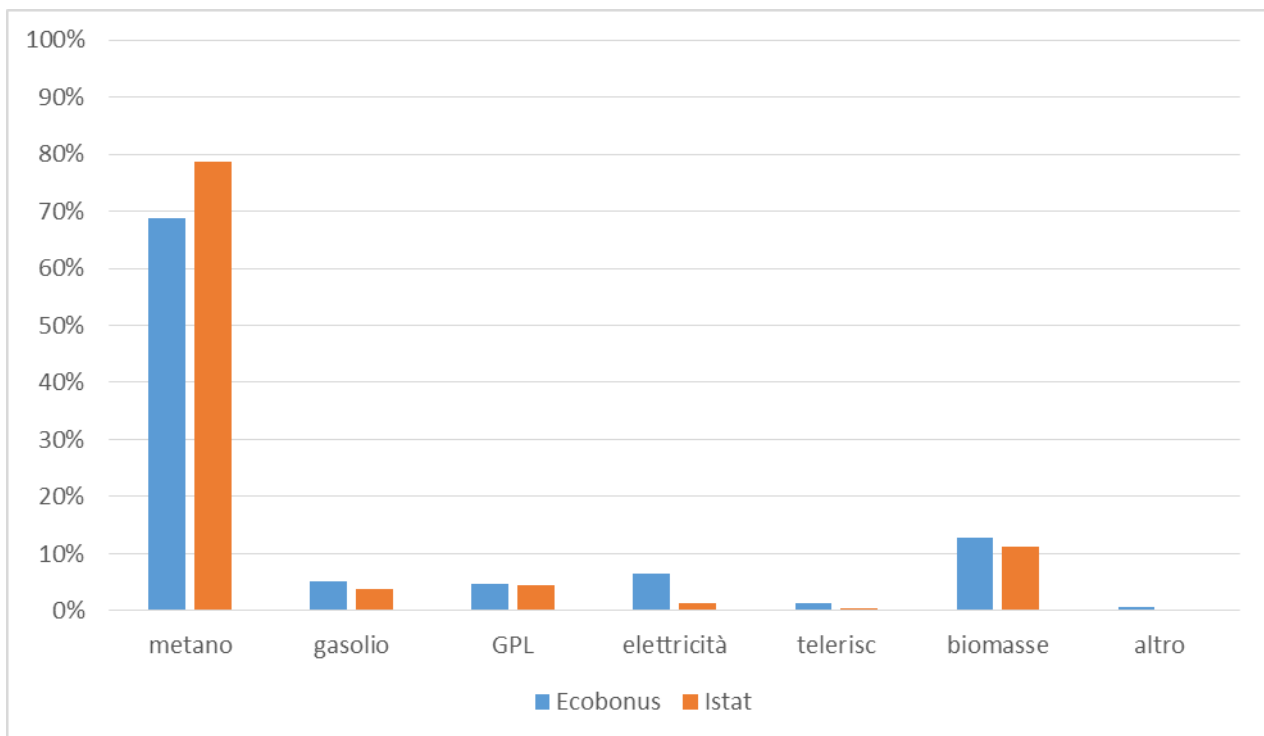


Figura 15. Distribuzione media per tipologia di combustibile dell’impianto termico in base al database ecobonus (anni 2010-2013) e all’indagine Istat

[Fonte: elaborazioni ENEA]

Sulla base dei risultati ottenuti, si riportano le principali criticità riscontrate relativamente all’indagine Istat nel confronto con il database ecobonus:

- Dalle informazioni a disposizione, non è possibile determinare l’entità degli interventi dichiarati e se abbiamo conseguito un livello di prestazione energetica nel rispetto dei valori minimi di Legge (per gli interventi raggruppati nel comma 344), oppure se i componenti installati rispettino i requisiti minimi (per gli interventi associati agli altri commi).
- La categoria “caldaia più efficiente” include non solo le caldaie a condensazione (incentivate ai sensi del comma 347) ma anche le caldaie ad alto rendimento (non a condensazione). Non disponendo di ulteriori informazioni, non è possibile distinguere tra le due categorie. Pertanto il numero di interventi inclusi tra quelli incentivabili ai sensi del comma 347 è sicuramente sovrastimato.
- Non è possibile verificare se la pompa di calore installata sia “ad alta efficienza”, condizione necessaria per rientrare nel comma 347.
- La categoria “impianti ad energia rinnovabile” raggruppa tipologie diverse di impianti, tra cui pompe di calore, collettori solari termici e impianti alimentati a biomasse. In base alle informazioni ricavate dall’indagine, gli impianti a biomasse risultano di gran lunga i più numerosi e, nella maggior parte dei casi, si tratta di apparecchi fissi quali termostufe, termocamini, stufe e camini tradizionali. In tale contesto, si evidenzia che prima del 2015 i generatori di calore a biomasse fossero incentivabili solo ai sensi comma 344.
- Per quanto riguarda gli interventi sull’involucro, sia per i componenti opachi sia per quelli trasparenti, non vi è modo di verificare l’entità della sostituzione (per il comma 344) e neanche il rispetto dei requisiti prestazionali richiesti dal Decreto edifici (per il comma 345), pertanto il numero di interventi ricavati dall’indagine sono sicuramente sovrastimati.
- L’indagine Istat riporta semplicemente la tipologia di interventi di efficientamento effettuati negli ultimi cinque anni, pertanto l’indicazione contemporanea di più tipologie di intervento (es. isolamento

pareti opache, sostituzione infissi e sostituzione del generatore di calore) potrebbe risultare in un'errata associazione a uno specifico comma (es. comma 344 o comma 345a), mentre tali interventi potrebbero essere stati effettuati in anni diversi, e quindi rientrerebbero in commi diversi.

- Le pratiche raccolte nei database ecobonus possono riguardare le prime e le seconde case, mentre l'indagine Istat riguarda essenzialmente le prime case. Nonostante ciò, il numero di famiglie che avrebbero effettuato interventi di efficientamento secondo l'indagine statistica è risultato molto superiore alle famiglie che hanno fatto richiesta di detrazione.

Sicuramente tali criticità hanno giocato un ruolo nelle rilevanti differenze tra i risultati ottenuti con i due database. Ulteriori fattori determinanti potrebbero essere i seguenti:

- L'affidabilità, per lo specifico oggetto di studio limitato agli interventi di efficientamento, dei coefficienti di riporto di estendere il peso della singola famiglia a rappresentare le altre non incluse nel campione che presenterebbero le stesse caratteristiche in termini di variabili di campionamento. Infatti, gli interventi di riqualificazione energetica dipendono da fattori che possono non corrispondere con le variabili di campionamento utilizzate per analizzare gli usi energetici generali;
- E' verosimile supporre che l'ecobonus non sia stato richiesto da tutti coloro che hanno effettuato interventi di risparmio energetico nell'edilizia.

In conclusione, il confronto tra i due database ha dato risultati in contrasto: alcuni risultati sono concordanti (es. le tipologie di interventi più comuni, le regioni con il maggiore e il minore numero di interventi, la tipologia di impianto termico e il combustibile più comuni), tuttavia da un punto di vista quantitativo sono emerse notevoli differenze, a partire dal numero di interventi per tipologia, che è risultato notevolmente maggiore nel caso dell'indagine Istat. Tenendo in considerazione le valutazioni e le criticità sopra indicate, l'approfondimento dello studio (considerando più variabili per il confronto, aumentando il numero di risposte dell'indagine Istat per trovare correlazioni tra le tipologie di intervento e le caratteristiche del sistema edificio-impianto) potrebbe risultare utile per affinare le successive indagini statistiche, o per disporre di maggiori riferimenti per supportare strategie e politiche volte all'incremento dell'efficienza energetica nell'edilizia.

4 analisi dei dati del database delle detrazioni fiscali

4.1 Evoluzione normativa recente dell'Ecobonus

La Legge 27 dicembre 2017 n. 205 (Legge di Bilancio 2018) ha confermato il meccanismo delle detrazioni fiscali per l'incentivazione degli interventi di riqualificazione energetica degli edifici, introducendo alcune novità che riguardano, a seconda dei casi, nuovi interventi, nuove aliquote di detrazione e nuove condizioni tecniche-prestazionali. Altre novità importanti riguardano la previsione dei controlli a campione su tutti gli interventi e significative modifiche sulla cessione del credito¹.

Nuovi tipi di interventi. I nuovi interventi introdotti dalla Legge di Bilancio 2018 sono:

- Micro-cogeneratori in sostituzione di impianti esistenti a condizione che l'intervento conduca a un risparmio di energia primaria² (PES) pari almeno al 20 per cento.
- Interventi di riduzione del rischio sismico di una classe (detrazione del 80%) o di più classi (detrazione dell'85%) eseguiti contestualmente agli interventi sulle parti comuni degli edifici condominiali, che interessino l'involucro per più del 25% della superficie disperdente. Per questi

¹ La legge, inoltre, dà mandato al Ministro dello Sviluppo Economico, di concerto con il Ministro dell'Economia e delle Finanze, il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e il Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti, di emanare uno o più decreti per definire i requisiti tecnici procedurali e i massimali di costo specifici per singola tipologia di intervento, nonché i controlli a campione affidati ad ENEA.

² Come definito all'allegato III del decreto del Ministro dello Sviluppo Economico 4 agosto 2011, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale n. 218 del 19 settembre 2011.

interventi, il limite per l'agevolazione non viene posto sulla detrazione fiscale ma sulla spesa massima consentita, che è pari a € 136.000,00 moltiplicato per il numero delle unità immobiliari costituenti l'edificio.

Nuove aliquote e nuove condizioni tecniche. Sono ammesse alle detrazioni³, da ripartire in 10 anni di uguale importo e con le pertinenti aliquote, le spese sostenute fino al:

- 31/12/2021 per gli interventi sulle parti comuni degli edifici condominiali.
- 31/12/2018 per gli altri interventi.

L'aliquota della detrazione è ridotta dal 65% al 50% per le spese sostenute nel 2018⁴ per gli interventi riguardanti:

- Finestre comprensive di infissi.
- Schermature solari.
- Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con impianti dotati di caldaie a condensazione di efficienza almeno pari alla classe A di prodotto.
- Generatori di calore alimentati a biomassa combustibile.

La Legge di bilancio 2018 prevede nuovi requisiti tecnici per le caldaie a condensazione ad acqua. Possono beneficiare delle detrazioni fiscali gli apparecchi che abbiano efficienza energetica stagionale del riscaldamento d'ambiente almeno pari alla classe A di prodotto⁵. L'aliquota di detrazione può rimanere al 65% nel caso che contestualmente si installi un sistema di termoregolazione evoluto⁶, pertinente principalmente per impianti autonomi a servizio di singole unità immobiliari.

Godono inoltre dell'aliquota del 65% le spese per gli interventi di sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con impianti dotati di apparecchi ibridi, costituiti da pompa di calore integrata con caldaia a condensazione, assemblati in fabbrica ed espressamente concepiti dal fabbricante per funzionare in abbinamento tra loro o per le spese sostenute per l'acquisto e posa in opera di generatori d'aria calda a condensazione⁷.

Quadro di sintesi. Gli interventi ammessi, le relative aliquote e le detrazioni o le spese massime sono sintetizzate nella tabella seguente.

Tabella 2 - Interventi di riqualificazione energetica ai sensi della Legge 27/12/2006 n. 296 e s.m.i.

Comma	Intervento	Detrazione massima ammissibile € (^)	Importo massimo ammissibile €	Percentuale della spesa detraibile
344	Riqualificazione energetica globale	100.000,00		65%
345	a) coibentazione di strutture opache verticali, strutture opache orizzontali (coperture e pavimenti) (*)	60.000,00		65%
	b) sostituzione di finestre comprensive di infissi (*)	60.000,00		50%
	c) installazione di schermature solari (*)	60.000,00		50%
	d) interventi su parti comuni che interessano l'involucro dell'edificio con un'incidenza superiore al 25% della superficie disperdente		40.000,00 (#)	70%

³ Possono beneficiare delle detrazioni tutti i contribuenti (detrazione IRPEF o IRES) e gli istituti autonomi per le case popolari per immobili di qualsiasi categoria catastale, in regola con il pagamento delle tasse.

⁴ Le eventuali spese sostenute prima del 01/01/2018 godono dell'aliquota del 65%.

⁵ Prevista dal regolamento delegato (UE) n. 811/2013 della Commissione del 18 febbraio 2013. In altri termini, il valore dell'efficienza stagionale del riscaldamento d'ambiente η_s deve essere maggiore o uguale al 90%. Occorre precisare che il regolamento UE 811/2013 prevede la classificazione delle caldaie che hanno potenza termica nominale fino a 70 kW. Per potenze superiori si ritiene, per l'ammissibilità, che sia comunque da rispettare la condizione che l'efficienza stagionale η_s debba essere maggiore o uguale a 90%. Il valore di η_s è dichiarato, a prescindere dalla potenza, dal costruttore o importatore e riportato nelle caratteristiche tecniche e/o nella "scheda prodotto".

⁶ Appartenente a una delle classi V, VI oppure VIII di cui alla Comunicazione della Commissione 2014/C 207/02.

⁷ Queste due ultime tecnologie (sistemi ibridi e generatori di calore ad aria calda) non sono da considerare nuovi tipi di interventi, in quanto già previsti dalle disposizioni vigenti al 31/12/2017.

	e) stessi interventi della lettera d) che conseguono almeno le qualità medie di cui alle tabelle 3 e 4 dell'Allegato 1 al Decreto 26/06/2015 "Decreto Linee Guida per la certificazione energetica"		40.000,00 (#)	75%
	f) interventi di cui alle lettere d) ed e) realizzati nelle zone sismiche 1,2 e 3 che contestualmente sono finalizzati alla riduzione del rischio sismico che determinano il passaggio ad una classe di rischio inferiore		136.000,00 (#)	80%
	g) interventi di cui alle superiori lettere d) ed e) realizzati nelle zone sismiche 1, 2 e 3 che contestualmente sono finalizzati alla riduzione del rischio sismico che determinano il passaggio a due o più classi di rischio inferiore		136.000,00 (#)	85%
346	Installazione di collettori solari per produzione di acqua calda	60.000,00		65%
347	a) sostituzione integrale o parziale di impianti di climatizzazione invernale con impianti dotati di: (**)	i. caldaie a condensazione con efficienza almeno pari alla classe A	30.000,00	50%
		ii. caldaie a condensazione con efficienza almeno pari alla classe A e contestuale installazione di sistemi di termoregolazione evoluti	30.000,00	65%
		iii. generatori d'aria calda a condensazione	30.000,00	65%
		iv. pompe di calore ad alta efficienza, anche con sistemi geotermici a bassa entalpia	30.000,00	65%
		v. apparecchi ibridi costituiti da pompa di calore integrata con caldaia a condensazione	30.000,00	65%
		vi. micro-cogeneratori	100.000,00	65%
		vii. sostituzione di scaldacqua tradizionali con scaldacqua a pompa di calore dedicati alla produzione di acqua calda sanitaria	30.000,00	65%
		b) installazione di impianti dotati di generatori di calore alimentati da biomasse combustibili	30.000,00	
B.A.	c) installazione di sistemi di Building Automation			65%

(^) Detrazione per singola unità immobiliare.

(*) Se gli interventi riguardano la stessa unità immobiliare, la detrazione massima complessiva rimane 60.000 euro.

(**) Nel caso che l'intervento riguardi l'installazione di più macchine, la detrazione massima complessiva rimane di 30.000 euro o di 100.000 euro nel caso che si installi un micro-cogeneratore.

(#) moltiplicato il numero di unità immobiliari che compongono l'edificio.

Fonte: Elaborazione ENEA

Fino al 31 dicembre 2017 era possibile la cessione del credito per tutti i contribuenti limitatamente agli interventi sulle parti comuni interessanti l'involucro per più del 25% della superficie disperdente e per i contribuenti appartenenti alla no-tax area anche per gli altri interventi sulle parti comuni degli edifici condominiali. La Legge di bilancio 2018 ha esteso la cessione del credito, a tutti i contribuenti e per qualsiasi intervento, che può avvenire a favore dei fornitori che hanno effettuato i lavori ovvero ad altri soggetti privati, con la facoltà di successiva cessione del credito. Per i contribuenti non appartenenti alla no-tax area rimane esclusa la cessione ad istituti di credito e ad intermediari finanziari. In particolare, la cessione del credito è attualmente regolata, per gli interventi sulle parti comuni degli edifici condominiali, dal provvedimento dell'Agenzia delle Entrate, prot. N. 165110/2017 del 28/08/2017 e dalla circolare del 18/05/2018 della stessa Agenzia, attraverso la quale sono stati precisati e meglio esplicitati i termini e le condizioni della cessione del credito in favore di altri soggetti privati. La circolare ha chiarito, infatti, che:

- la cessione del credito deve intendersi limitata ad una sola eventuale cessione successiva a quella originaria;
- per altri soggetti privati devono intendersi i soggetti diversi dai fornitori, sempreché collegati al rapporto che ha dato origine alla detrazione.

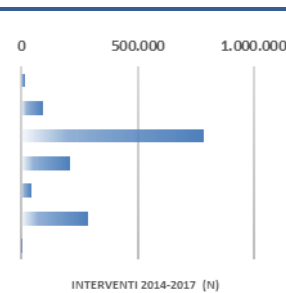
La suddetta circolare del 18 maggio 2018 ha inoltre precisato che sono fatti salvi i comportamenti tenuti dai contribuenti che, nel rispetto delle indicazioni fornite con il Provvedimento 28/08/2017, abbiano effettuato in data antecedente al 18/05/2018 "cessioni del credito ulteriori rispetto a quelle consentite in base alle indicazioni ivi fornite ovvero abbiano provveduto ad effettuare cessioni anche nei confronti di altri soggetti privati non collegati al rapporto che ha dato origine alla detrazione".

4.2 Risultati conseguiti

Nel quadriennio 2014-2017 sono stati realizzati circa un milione e mezzo di interventi (Tabella seguente), di cui oltre 420.000 nel 2017, di cui oltre la metà delle pratiche ricevute ha riguardato la sostituzione dei serramenti, un quarto sia la sostituzione dell'impianto per la climatizzazione invernale sia le schermature solari. A partire dal 2011, sono oltre 2,3 milioni gli interventi effettuati; oltre 3,3 milioni dall'avvio del meccanismo nel 2007.

Tabella 3 - Numero di interventi eseguiti per tipologia, anni 2014-2017

Intervento	2014 - 2016		2017		Totale	
	n.	%	n.	%	n.	%
Riqualificazione globale	10.906	1,1%	4.276	1,0%	15.182	1,1%
Coibentazione involucro	74.929	7,4%	21.862	5,2%	96.791	6,7%
Sostituzione serramenti	570.238	56,0%	212.731	50,4%	782.969	54,3%
Schermature solari	123.083	12,1%	84.953	20,1%	208.036	14,4%
Pannelli solari per ACS	35.788	3,5%	8.236	2,0%	44.024	3,1%
Climatizzazione invernale	203.133	19,9%	86.319	20,5%	289.452	20,1%
Building automation	689	0,1%	3.614	0,9%	4.303	0,3%
Totale	1.018.766	100%	421.991	100%	1.440.757	100%

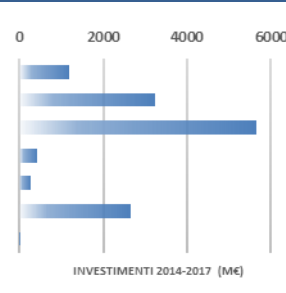


Fonte: ENEA

La Tabella seguente riporta il dettaglio degli oltre 3,7 miliardi di euro di investimenti attivati nel 2017 (8% in più rispetto al 2016) per i quali il valore massimo potenziale delle detrazioni fiscali che potranno essere richieste dai beneficiari, nell'arco dei prossimi dieci anni, è pari a 2,42 miliardi di euro. Gli investimenti attivati negli ultimi quattro anni ammontano a circa 13,5 miliardi di euro: oltre il 40% delle risorse è stato destinato ai serramenti; circa il 25% alla coibentazione di solai e pareti. Oltre 23,3 miliardi di euro gli investimenti attivati dal 2011; circa 35,5 miliardi dall'avvio del meccanismo nel 2007.

Tabella 4 - Investimenti attivati per tipologia (M€), anni 2014-2017

Intervento	2014 - 2016		2017		Totale	
	M€	%	M€	%	M€	%
Riqualificazione globale	891	9,1%	312	8,4%	1.203	8,9%
Coibentazione involucro	2.476	25,3%	769	20,7%	3.245	24,0%
Sostituzione serramenti	4.124	42,2%	1.517	40,7%	5.642	41,8%
Schermature solari	261	2,7%	184	4,9%	445	3,3%
Pannelli solari per ACS	229	2,3%	50	1,4%	279	2,1%
Climatizzazione invernale	1.781	18,2%	871	23,4%	2.651	19,6%
Building automation	9,6	0,1%	20,3	0,5%	29,9	0,2%
Totale	9.770	100%	3.724	100%	13.494	100%

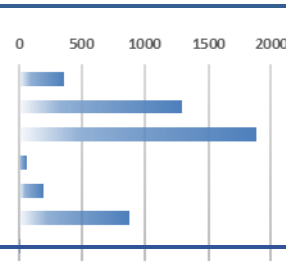


Fonte: ENEA

La Tabella seguente riporta nel dettaglio i risparmi energetici ottenuti, secondo le diverse tipologie di intervento previste.

Tabella 5 - Risparmi conseguiti per tipologia (GWh/anno), anni 2014-2017

Intervento	2014 - 2016		2017		Totale	
	GWh/a	%	GWh/a	%	GWh/a	%
Riqualificazione globale	257,0	7,6%	97,7	7,5%	354,7	7,6%
Coibentazione involucro	966,5	28,5%	329,1	25,3%	1.295,6	27,6%
Sostituzione serramenti	1.372,3	40,5%	515,2	39,6%	1.887,5	40,3%
Schermature solari	34,9	1,0%	25,6	2,0%	60,5	1,3%
Pannelli solari per ACS	164,0	4,8%	36,1	2,8%	200,0	4,3%
Climatizzazione invernale	586,2	17,3%	287,3	22,1%	873,4	18,6%



Building automation	5,8	0,2%	10,5	0,8%	16,3	0,3%
Totale	3.386,7	100%	1.301,4	0%	4.688,1	0%

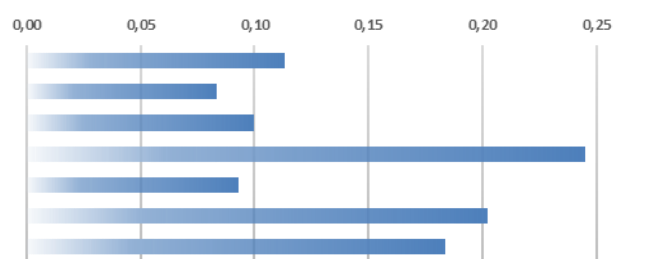
Fonte: ENEA

Il trend osservato su tutto il periodo è crescente, con 1.300 GWh/anno ottenuti nel 2017, pari a 0,112 Mtep/anno. In particolare, nel periodo 2014-2017 il risparmio energetico ammonta a circa 4.700 GWh/anno (poco più di 0,4 Mtep/anno); a partire dal 2011, il risparmio energetico conseguito è pari a circa 9.000 GWh/anno (0,77 Mtep/anno); a partire dall’avvio del meccanismo nel 2007, il risparmio complessivo è pari a oltre 15.000 GWh/anno (1,31 Mtep/anno).

I risparmi ottenuti nel 2017 sono associabili in particolare alla sostituzione di serramenti (circa il 40%) e alla coibentazione di solai e pareti (oltre un quarto), tipologie di interventi che, insieme alla riduzione del fabbisogno energetico per il riscaldamento dell’intero edificio, risultano essere caratterizzate dal miglior costo-efficacia, con un costo sostenuto tra gli 8 e gli 11 centesimi di euro per ogni kWh di energia risparmiato durante tutta la vita utile dell’intervento (Tabella seguente).

Tabella 6 - Costo efficacia per comma (€/kWh), media anni 2014-2017

Intervento	Vita utile	€/kWh
Riqualificazione globale	30	0,11 €
Coibentazione involucro	30	0,08 €
Sostituzione serramenti	30	0,10 €
Schermature solari	30	0,25 €
Pannelli solari per ACS	15	0,09 €
Climatizzazione invernale	15	0,20 €
Building automation	10	0,18 €



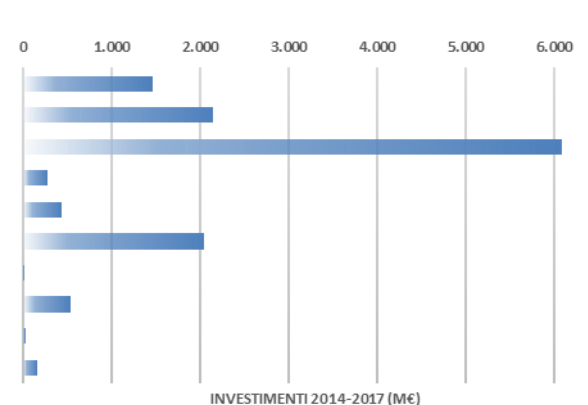
Fonte: ENEA

In termini di interventi specifici eseguiti e tecnologie installate, per il 2017, oltre 1,7 miliardi di euro sono stati destinati a oltre 720.000 serramenti sostituiti, oltre 410 milioni di euro per più di 23.000 interventi su pareti orizzontali e inclinate, e oltre 380 milioni per circa 17.000 interventi su pareti verticali.

Analizzando l’intero periodo 2014-2017, la quota principale delle risorse stanziato, pari a oltre 6 miliardi di euro, ha riguardato la sostituzione di oltre 2,6 milioni di serramenti, che è possibile incentivare non soltanto tramite lo specifico Comma 345b, ma anche dai Commi 344 e 345a per interventi di riqualificazione globale o sull’involucro; oltre 2,1 miliardi di euro sono stati invece destinati a circa 70.000 interventi sulle pareti orizzontali ed inclinate dell’edificio (Tabella seguente).

Tabella 7 - Costo efficacia per comma (€/kWh), media anni 2014-2017

Anno	2014-2016		2017	
	M€	%	M€	%
Pareti verticali	1.074	11,4%	384,6	10,3%
Pareti orizzontali	1.734	18,3%	412,3	11,1%
Serramenti	4.357	46,0%	1.736,4	46,6%
Solare termico	223	2,4%	50,3	1,4%
Schermature solari	249	2,6%	183,9	4,9%
Caldaia a condensazione	1.412	14,9%	633,5	17,0%
Impianto geotermico	11	0,1%	3,1	0,1%
Pompa di calore (PdC)	297	3,1%	234,8	6,3%
Building automation	9	0,1%	20,3	0,5%
Altro	97	0,4%	64,4	1,7%
Totale	9.463	100%	3.723,7	100%

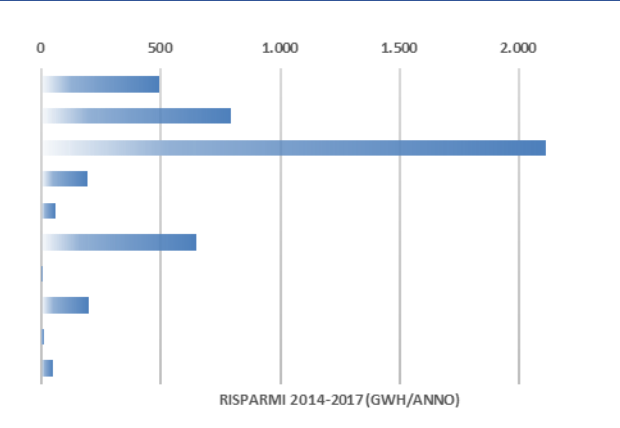


Fonte: ENEA

Anche in termini di risparmi energetici conseguiti, nel periodo 2014-2017 (Tabella seguente) il contributo principale deriva dalla sostituzione di serramenti (oltre il 46% del totale), seguito da quello derivante da interventi su pareti orizzontali e inclinate (oltre il 17%), e verticali (11% circa), nonché per l'installazione di caldaie a condensazione (oltre il 14%). Esaminando il solo 2017, il contributo principale è derivato dai serramenti (584 GWh/anno su oltre 1.300), mentre oltre un quarto del risparmio è stato conseguito grazie ad interventi sulle pareti, sia verticali che orizzontali e inclinate (circa 350 GWh/anno).

Tabella 8 - Risparmi (GWh/anno) per tecnologia, anno 2017 e totale 2014-2016

Anno	2014-2016		2017	
	GWh/a	%	GWh/a	%
Tecnologia/intervento				
Pareti verticali	351	10,7%	146,6	11,3%
Pareti orizzontali	603	18,4%	193,6	14,9%
Serramenti	1.531	46,6%	583,8	44,9%
Solare termico	160	4,9%	36,6	2,8%
Schermature solari	33	1,0%	25,6	2,0%
Caldaia a condensazione	428	13,0%	223,2	17,1%
Impianto geotermico	3	0,1%	0,5	0,0%
Pompa di calore (PdC)	138	4,2%	61,3	4,7%
Building automation	5	0,2%	10,1	0,8%
Altro	30	0,4%	20,0	1,5%
Totale	3.282	100%	1.301,4	100%



Fonte: ENEA

Circa l'80% degli investimenti attivati nel 2017 (2,9 miliardi di euro su oltre 3,7 complessivi) è stato dedicato ad edifici costruiti prima degli anni Ottanta; in particolare, circa un quarto delle risorse totali (oltre 920 milioni di euro) è stato destinato ad edifici costruiti negli anni Sessanta. Circa il 40% degli investimenti (oltre 1,4 miliardi di euro) ha riguardato una costruzione isolata (ad esempio una villetta mono o plurifamiliare), mentre il 35% circa delle risorse (pari a circa 1,3 miliardo di euro) ha interessato interventi su edifici in linea e condomini con più di tre piani fuori terra (Tabella seguente).

Tabella 9 - Investimenti (M€) per epoca di costruzione e tipologia edilizia, anno 2017

	Costruzione isolata	Edificio fino a tre piani	Edificio oltre tre piani	Altro	Totale (%)	Totale (M€)
< 1919	3,0%	1,8%	2,3%	0,5%	7,6%	281,4
1919-1945	2,7%	1,4%	2,5%	0,3%	7,0%	261,6
1946-1960	7,1%	2,8%	8,0%	0,9%	18,8%	700,4
1961-1970	9,0%	3,2%	11,2%	1,4%	24,8%	924,5
1971-1980	8,0%	3,9%	6,0%	1,9%	19,8%	738,1
1981-1990	3,7%	2,5%	2,5%	1,8%	10,4%	387,9
1991-2000	2,2%	1,6%	0,9%	1,0%	5,7%	211,7
2001-2005	0,8%	0,6%	0,6%	0,4%	2,3%	85,1
> 2006	1,7%	1,0%	0,6%	0,3%	3,6%	133,1
Totale (%)	38,1%	18,8%	34,6%	8,4%	100%	
Totale (M€)	1.420,6	699,5	1.290,2	313,5		3.723,7

Fonte: ENEA

La distribuzione dei risparmi (Tabella seguente) ricalca quella degli investimenti, con oltre 1.000 GWh/anno derivanti da interventi su edifici costruiti prima degli anni Ottanta.

Tabella 10 - Risparmi (GWh/anno) per epoca di costruzione e tipologia edilizia, anno 2017

	Costruzione isolata	Edificio fino a tre piani	Edificio oltre tre piani	Altro	Totale (%)	Totale (GWh/a)

< 1919	2,9%	1,7%	2,1%	0,5%	7,2%	94,3
1919-1945	2,7%	1,4%	2,3%	0,3%	6,8%	88,5
1946-1960	7,2%	2,8%	7,9%	1,1%	18,9%	246,1
1961-1970	9,1%	3,3%	11,1%	1,8%	25,4%	330,3
1971-1980	7,9%	3,9%	5,9%	2,7%	20,4%	265,9
1981-1990	3,6%	2,3%	2,3%	2,4%	10,6%	137,9
1991-2000	2,1%	1,4%	0,8%	1,4%	5,6%	72,9
2001-2005	0,7%	0,4%	0,5%	0,5%	2,1%	27,8
> 2006	1,5%	0,7%	0,4%	0,3%	2,9%	37,8
Totale (%)	39,3%	19,2%	30,1%	11,5%	100%	
Totale (GWh/a)	490,4	231,6	434,5	144,8		1.301,4

Fonte: ENEA

Gli interventi di riqualificazione dell'intero edificio (Comma 344) e per la coibentazione di solai e pareti (Comma 345a) hanno attivato circa un terzo degli investimenti (1,08 miliardi di euro) e conseguito un terzo dei risparmi complessivi osservati nel 2017 (427 GWh/anno). In particolare, circa l'80% di tali risorse è stato destinato a interventi su edifici costruiti prima degli anni Ottanta, di cui oltre il 40% si concentra su un involucro risalente agli anni Sessanta o Settanta (Tabella seguente).

Tabella 11 - Investimenti (M€) e risparmi (GWh/anno) per interventi sull'involucro edilizio, anno 2017

Epoca di costruzione	Investimenti		Risparmi		RISPARMI (GWH/ANNO)
	M€	%	GWh/a	%	
< 1919	105,6	9,8%	37,8	8,8%	25
1919-1945	88,0	8,1%	32,4	7,6%	25
1946-1960	213,4	19,7%	80,5	18,8%	50
1961-1970	249,1	23,0%	97,2	22,8%	75
1971-1980	204,2	18,9%	83,7	19,6%	75
1981-1990	103,7	9,6%	46,9	11,0%	50
1991-2000	53,8	5,0%	24,5	5,7%	25
2001-2005	17,0	1,6%	7,6	1,8%	25
> 2006	46,5	4,3%	16,5	3,9%	25
Totale	1.081,2	100%	427,3	100%	

Fonte: ENEA

La Tabella seguente descrive la distribuzione degli investimenti per i serramenti sostituiti: oltre la metà del mercato dei serramenti incentivati nel 2017 è in PVC (55% circa); per le tipologie di vetro, quello a bassa emissione copre il 70% delle risorse attivate. In particolare, i serramenti in PVC con vetro a bassa emissione coprono circa il 40% degli investimenti attivati (circa 680 milioni di euro di investimenti).

Tabella 12 - Distribuzione degli investimenti in serramenti per tipologia di telaio e vetro (%), anno 2017

Vetro	Telaio					Totale (%)	Totale (M€)
		Legno	Metallo, taglio termico	PVC	Misto		
Doppio		3,7%	3,8%	11,8%	1,8%	21,1%	365,4
Tripla		1,4%	0,8%	3,4%	1,5%	7,2%	124,7
A bassa emissione		11,0%	12,8%	39,2%	7,0%	70,0%	1213,3
Altro		0,3%	0,3%	0,4%	0,7%	1,7%	30,2
Totale (%)		16,4%	17,8%	54,8%	11,1%	100%	
Totale (M€)		283,7	308,3	950,0	191,6		1.733,7

Fonte: ENEA

Interventi per la riduzione del fabbisogno energetico per il riscaldamento dell'intero edificio (Comma 344)

La Tabella seguente sintetizza i principali interventi incentivati con le circa 4.300 richieste pervenute, con la stima degli investimenti e dei risparmi associati alla singola tipologia, all'interno di interventi multipli che riguardano congiuntamente l'intero sistema edificio-impianto. In particolare, circa un terzo degli investimenti attivati, pari a oltre 100 milioni di euro e dei risparmi energetici conseguiti (più di 33 GWh/anno), ha riguardato oltre 725.000 m² di pareti verticali. Seguono gli interventi per la sostituzione di circa 100.000 m² di serramenti, con oltre 80 milioni di euro di investimento attivati e 24 GWh/anno risparmiati. Di rilievo anche le risorse destinate ad interventi su oltre 470.000 m² di pareti orizzontali o inclinate: oltre 62 milioni di euro che hanno portato ad un risparmio di circa 23 GWh/anno. Interventi sull'impianto termico hanno nel complesso attivato oltre 60 milioni di euro di spesa da parte delle famiglie, portando ad un risparmio di poco più di 17 GWh/anno.

Tabella 13 - Investimenti (M€) e risparmi (GWh/anno) per interventi sull'involucro edilizio, anno 2017

	Unità/superficie installata	Numero interventi	Investimenti (M€)	Risparmio (GWh/anno)
Pareti orizzontali o inclinate	470.166 m ²	2.814	62,5	22,7
Pareti verticali	725.614 m ²	3.057	101,4	33,2
Serramenti	96.964 m ²	3.237	83,9	24,0
Caldaia a condensazione	2.015 unità	1.956	20,1	6,1
Caldaia a biomassa	38 unità	37	11,0	3,6
Impianto geotermico	30 unità	30	1,1	0,2
Pompa di calore	1.338 unità	1.180	29,3	7,3
Totale		12.311	309,3	97,1

Fonte: ENEA

Oltre il 60% degli investimenti attivati ha riguardato costruzioni isolate, ad esempio villette mono o plurifamiliari: in particolare, oltre 180 milioni di euro (più del 60% del totale) sono stati dedicati a edifici costruiti tra il Dopoguerra e gli anni Settanta (Tabella seguente). La distribuzione dei risparmi energetici conseguiti ricalca quella appena osservata per gli investimenti: circa 40 GWh/anno sono ottenuti tramite interventi su costruzioni isolate risalenti a quel periodo.

Tabella 14 - Comma 344: investimenti (M€) per epoca di costruzione e tipologia edilizia, anno 2017

Epoca di costruzione	Costruzione isolata	Edificio fino a tre piani	Edificio oltre tre piani	Altro	Totale (M€)	Totale (%)
< 1919	18,1	7,3	8,0	1,5	35,0	11,5%
1919-1945	15,7	4,8	3,2	2,2	25,8	8,5%
1946-1960	45,3	7,8	6,0	5,4	64,4	21,2%
1961-1970	46,1	7,3	8,8	6,7	69,0	22,7%
1971-1980	27,4	6,5	6,0	11,4	51,3	16,9%
1981-1990	8,3	2,2	1,0	8,0	19,6	6,4%
1991-2000	6,1	1,8	0,7	2,3	11,0	3,6%
2001-2005	1,0	0,5	0,1	1,3	2,9	1,0%
> 2006	17,3	2,7	1,9	3,2	25,1	8,2%
Totale (M€)	185,4	41,0	35,7	42,0	304,1 *	
Totale (%)	61,0%	13,5%	11,7%	13,8%		100%

* Il totale è inferiore al valore in Tabella 3.11 perché non sempre è disponibile l'informazione sull'epoca di costruzione o la tipologia edilizia.

Fonte: ENEA

Infine, per ogni tipologia di intervento, la Tabella seguente riporta la distribuzione degli investimenti per epoca di costruzione e tipologia edilizia.

Tabella 15 - Comma 344: investimenti (M€) per intervento, epoca di costruzione e tipologia edilizia, anno 2017

Epoca costruzione	di	Pareti verticali	Pareti orizzontali o inclinate	Serramenti	Caldaia a condensazione	Impianto geotermico	Pompa di calore	Caldaia a biomassa	Totale (M€)	Totale (%)
< 1919		10,2	7,4	8,7	4,3	0,7	2,2	1,4	34,9	11,6%
1919-1945		8,8	6,5	6,7	1,2	0,1	1,6	1,0	25,8	8,6%
1946-1960		22,9	13,8	17,6	3,4	0,1	5,3	1,3	64,3	21,3%
1961-1970		23,6	13,2	20,2	4,7	0,0	5,6	1,6	68,9	22,9%
1971-1980		15,1	9,0	13,6	3,4	0,2	6,8	1,5	49,6	16,4%
1981-1990		6,5	3,7	6,1	0,7	0,0	2,0	0,6	19,6	6,5%
1991-2000		2,5	1,7	2,2	0,7	0,0	1,2	2,1	10,3	3,4%
2001-2005		0,6	0,3	0,5	0,2	0,0	1,0	0,3	2,9	1,0%
> 2006		8,6	5,2	6,2	0,9	0,0	2,9	1,1	25,1	8,3%
Totale (M€)		98,7	60,9	81,8	19,6	1,1	28,5	10,8	301,4*	
Totale (%)		32,8%	20,2%	27,2%	6,5%	0,4%	9,5%	3,6%		100%
Costruzione isolata		67,7	42,1	49,4	8,4	0,6	13,2	7,7	189,1	61,2%
Edifici fino 3 piani		13,4	8,8	12,1	3,4	0,0	2,8	1,2	41,7	13,5%
Edifici oltre 3 piani		9,5	5,4	9,6	5,7	0,4	3,0	0,9	34,5	11,2%
Altro		10,7	6,0	12,8	2,6	0,0	10,4	1,3	43,9	14,2%
Totale (M€)		101,4	62,5	83,9	20,1	1,1	29,3	11,0	309,2*	
Totale (%)		32,8%	20,2%	27,1%	6,5%	0,3%	9,5%	3,6%		100,0%

* Il totale è inferiore al valore in Tabella 3.11 perché non sempre è disponibile l'informazione sull'epoca di costruzione o la tipologia edilizia.
Fonte: ENEA

Interventi per il miglioramento delle prestazioni termiche dell'involucro dell'edificio attraverso la coibentazione di solai e pareti (Comma 345a)

Sono oltre 13.000 le richieste pervenute, con oltre 36.000 singoli interventi effettuati, di cui circa 29.000 riguardanti le pareti, con più di 630 milioni di euro di investimenti e un risparmio complessivo di circa 285 GWh/anno (Tabella seguente).

Tabella 16 - Sintesi degli interventi incentivati con il Comma 345a, anno 2017

	Superficie installata	Numero interventi	Investimenti (M€)	Risparmio (GWh/anno)
Pareti orizzontali o inclinate	6.671.099 m ²	14.905	350,2	171,1
Pareti verticali	3.048.586 m ²	13.687	283,5	113,6
Serramenti	206.311 m ²	7.651	135,3	44,4
Totale		36.243	769,0	329,1

Fonte: ENEA

Oltre la metà degli investimenti attivati ha riguardato costruzioni isolate: in particolare, oltre 250 milioni di euro (un terzo del totale), sono stati dedicati a edifici costruiti tra il Dopoguerra e gli anni Settanta (Tabella seguente). La quota di risparmio del segmento considerato è di circa il 30% del totale, e pari a circa 95 GWh/anno, mentre quella attribuibile all'intera tipologia edilizia della costruzione isolata è del 44% (141 GWh/anno).

Tabella 17 - Sintesi degli interventi incentivati con il Comma 345a, anno 2017

Epoca di costruzione	Costruzione isolata	Edificio fino a tre piani	Edificio oltre tre piani	Altro	Totale (M€)	Totale (%)
< 1919	31,6	15,3	16,1	5,0	68,0	9,1%
1919-1945	31,3	12,8	12,2	3,7	59,9	8,0%

1946-1960	81,0	19,9	30,5	12,3	143,6	19,1%
1961-1970	95,6	15,8	40,8	21,6	173,8	23,2%
1971-1980	73,9	19,6	21,6	32,8	147,8	19,7%
1981-1990	31,1	11,9	10,0	28,6	81,5	10,9%
1991-2000	14,9	7,1	3,5	15,9	41,4	5,5%
2001-2005	4,7	2,7	1,9	4,4	13,7	1,8%
> 2006	12,2	3,2	1,6	3,2	20,2	2,7%
Totale (M€)	376,2	108,3	138,1	127,5	750,1	
Totale (%)	50,2%	14,4%	18,4%	17,0%		100%

* Il totale è inferiore al valore in Tabella 3.14 perché non sempre è disponibile l'informazione sull'epoca di costruzione o la tipologia edilizia.

Fonte: ENEA

La Tabella seguente riporta la distribuzione degli investimenti in tecnologie, sia per epoca di costruzione sia per tipologia di edificio: oltre un terzo delle risorse attivate sono state destinate alle pareti orizzontali o inclinate di edifici costruiti dal Dopoguerra agli anni Settanta, e oltre un terzo in costruzioni isolate.

Tabella 18 - Comma 345a: investimenti (M€) per tipologia, epoca di costruzione e tipologia edilizia, anno 2017

Epoca di costruzione	Pareti verticali	Pareti orizzontali o inclinate	Serramenti	Totale (M€)	Totale (%)
< 1919	18,1	33,9	16,0	68,0	9,1%
1919-1945	19,5	27,2	13,3	59,9	8,0%
1946-1960	58,1	57,1	28,4	143,6	19,2%
1961-1970	71,5	72,6	29,6	173,7	23,2%
1971-1980	52,1	72,6	22,9	147,6	19,7%
1981-1990	28,1	42,3	11,1	81,4	10,9%
1991-2000	15,1	21,4	4,6	41,1	5,5%
2001-2005	5,7	6,4	1,5	13,6	1,8%
> 2006	8,4	7,3	4,4	20,1	2,7%
Totale (M€)	276,4	340,8	131,8	749,0	
Totale (%)	36,9%	45,5%	17,6%		100%
Costruzione isolata	173,8	128,8	82,1	384,7	50,1%
Edifici fino 3 piani	43,8	44,1	22,6	110,5	14,4%
Edifici oltre 3 piani	46,7	78,5	17,0	142,2	18,5%
Altro	18,8	98,4	13,5	130,7	17,0%
Totale (M€)	283,1	349,8	135,2	768,2	
Totale (%)	36,9%	45,5%	17,6%		100,0%

* Il totale è inferiore al valore in Tabella 3.14 perché non sempre è disponibile l'informazione sull'epoca di costruzione o la tipologia edilizia.

Fonte: ENEA

Sostituzione di serramenti (Comma 345b)

Ammontano a circa 218.000 le richieste pervenute nel 2017: circa 700.000 i serramenti sostituiti, per una superficie installata complessiva di circa 2,6 milioni di m2.

Oltre la metà degli investimenti attivati ha riguardato edifici costruiti negli anni Sessanta e Settanta, con circa 737 milioni di euro di risorse attivate in questi due segmenti del patrimonio edilizio esistente. Per quanto riguarda invece la tipologia costruttiva, più di 630 milioni di euro (pari a più del 43% del totale) sono stati destinati ad edifici con più di tre piani (Tabella seguente). In particolare, le spese per interventi su edifici con più di tre piani costruiti tra il Dopoguerra e gli anni Settanta sono pari a un terzo del totale, cui corrispondono più di 170 GWh/anno di risparmio energetico conseguito.

Tabella 19 - Comma 345b: investimenti (M€) per epoca di costruzione e tipologia edilizia, anno 2017

Epoca di costruzione	Costruzione isolata	Edificio fino a tre piani	Edificio oltre tre piani	Altro	Totale (M€)	Totale (%)
< 1919	32,3	25,2	32,7	7,2	97,5	6,6%
1919-1945	30,4	20,3	42,8	5,4	98,9	6,7%

1946-1960	76,9	48,1	141,4	10,4	276,8	18,9%
1961-1970	110,5	65,7	218,3	14,3	408,7	27,9%
1971-1980	108,7	82,2	126,1	11,0	327,9	22,4%
1981-1990	49,5	51,4	51,2	6,4	158,5	10,8%
1991-2000	23,1	24,8	15,8	3,4	67,1	4,6%
2001-2005	5,5	5,6	3,5	1,0	15,6	1,1%
> 2006	7,1	4,3	2,7	1,0	15,1	1,0%
Totale (M€)	444,0	327,5	634,6	60,0	1.466,1	
Totale (%)	30,3%	22,3%	43,3%	4,1%		100%

* Il totale è inferiore al valore in Tabella 3.2 perché non sempre è disponibile l'informazione sull'epoca di costruzione o la tipologia edilizia. Fonte: ENEA

La Tabella seguente descrive la distribuzione degli investimenti per i serramenti sostituiti, disaggregati per tipologia di telaio e vetro: oltre la metà del mercato dei telai incentivati nel 2017 è relativo al PVC (53%); per le tipologie di vetro, quello a bassa emissione copre circa il 70% delle risorse attivate.

Tabella 20 - Investimenti (M€) in serramenti per tipologia di telaio e vetro, anno 2017

	Legno	Metallo, taglio termico	PVC	Misto	Totale (M€)	Totale (%)
Doppio	56,0	58,1	178,3	26,9	319,3	21,0%
Triplo	21,4	12,8	51,6	23,1	109,0	7,2%
A bassa emissione	166,6	193,5	593,8	106,3	1.060,2	69,9%
Altro	3,8	5,0	6,4	13,5	28,8	1,9%
Totale (M€)	247,9	269,4	830,2	169,8	1.517,3	
Totale (%)	16,3%	17,8%	54,7%	11,2%		100%

Fonte: ENEA

In particolare, i serramenti in PVC con vetro a bassa emissione coprono circa il 40% del mercato (circa 600 milioni di euro di investimenti), cui corrispondono oltre 230 GWh/anno di risparmi energetici conseguiti.

Installazione di schermature solari (Comma 345c)

Le richieste pervenute nel 2017 per questa tipologia di intervento sono state circa 85.000, con oltre 1.000.000 m2 di superficie di schermature installate. Ammontano a circa 184 milioni di euro gli investimenti sostenuti: la stima dei risparmi energetici associati agli interventi è pari a circa 26 GWh/anno nel complesso.

Circa un quarto degli investimenti attivati ha riguardato edifici di recente costruzione, con oltre 42 milioni di euro di risorse attivate e 6 GWh/anno di risparmio energetico conseguito, pari a circa un quarto del totale. In termini di investimenti per tipologia costruttiva, la distribuzione osservata è omogenea: non si rilevano infatti particolari differenze tra gli investimenti attivati nelle costruzioni isolate, gli edifici fino a tre piani e quelli con più di tre piani (Tabella seguente).

Tabella 21 - Investimenti (M€) in serramenti per tipologia di telaio e vetro, anno 2017

Epoca di costruzione	Costruzione isolata	Edificio fino a tre piani	Edificio oltre tre piani	Altro	Totale (M€)	Totale (%)
< 1919	2,5	1,8	1,7	0,5	6,5	3,7%
1919-1945	2,6	1,4	2,2	0,3	6,6	3,8%
1946-1960	6,3	3,1	7,6	0,9	17,9	10,2%
1961-1970	9,3	4,1	11,6	1,0	26,0	14,9%
1971-1980	9,9	6,4	7,5	1,3	25,1	14,3%
1981-1990	6,0	6,9	4,3	0,9	18,1	10,4%
1991-2000	6,6	8,6	4,0	1,1	20,3	11,6%
2001-2005	3,0	5,7	2,5	0,8	12,0	6,9%
> 2006	11,2	18,2	10,7	2,5	42,6	24,3%
Totale (M€)	57,3	56,3	52,1	9,4	175,1	
Totale (%)	32,7%	32,2%	29,8%	5,4%		100%

* Il totale è inferiore al valore in Tabella 3.2 perché non sempre è disponibile l'informazione sull'epoca di costruzione o la tipologia edilizia.

Fonte: ENEA

Installazione di pannelli solari (Comma 346)

Negli ultimi anni si è assistito ad un trend decrescente molto pronunciato per il numero di richieste pervenute per questa tipologia di intervento: dal picco di circa 48.000 interventi del 2010, si è passati ai circa 25.000 del 2012, ai poco più di 15.000 del 2014, circa 9.000 nel 2016 e poco più di 8.200 nel 2017, a fronte di un investimento complessivo di poco più di 50 milioni di euro, da cui circa 37 GWh/anno di risparmio energetico conseguito.

Oltre il 70% degli investimenti hanno riguardato interventi su costruzioni isolate (Tabella seguente): quasi il 40% delle risorse si è concentrato in edifici appartenenti a questa tipologia costruttiva e costruiti tra il Dopoguerra e il 1980, con un risparmio energetico conseguito di più di 16 GWh/anno.

Tabella 22 - Investimenti (M€) in serramenti per tipologia di telaio e vetro, anno 2017

Epoca di costruzione	Costruzione isolata	Edificio fino a tre piani	Edificio oltre tre piani	Altro	Totale (M€)	Totale (%)
< 1919	3,0	0,7	0,6	0,3	4,6	9,5%
1919-1945	2,2	0,6	0,4	0,2	3,4	7,0%
1946-1960	5,3	0,9	1,2	0,4	7,8	16,1%
1961-1970	7,2	0,8	0,8	0,3	9,1	18,9%
1971-1980	6,4	1,4	0,5	0,4	8,7	17,9%
1981-1990	3,6	0,8	0,4	0,3	5,2	10,6%
1991-2000	3,0	0,6	0,3	0,3	4,1	8,5%
2001-2005	1,1	0,2	0,2	0,5	2,1	4,4%
> 2006	2,5	0,5	0,3	0,2	3,5	7,2%
Totale (M€)	34,3	6,5	4,6	3,0	48,5	
Totale (%)	70,8%	13,4%	9,5%	6,3%		100%

* Il totale è inferiore al valore in Tabella 3.2 perché non sempre è disponibile l'informazione sull'epoca di costruzione o la tipologia edilizia. Fonte: ENEA

Sostituzione degli impianti di climatizzazione invernale (Comma 347)

La Tabella seguente sintetizza gli interventi incentivati all'interno delle oltre 87.600 richieste pervenute.

Tabella 23 - Sintesi dei principali interventi incentivati con il Comma 347, anno 2017

	Unità installate	Investimenti (M€)	Risparmio (GWh/anno)
Caldaia a condensazione	65.297	613,5	217,0
Impianto geotermico	61	2,1	0,3
Pompa di calore	15.439	205,5	54,1
Caldaia a biomassa	4.696	49,7	16,1
Totale	85.493	870,8	287,5

Fonte: ENEA

Più del 40% degli investimenti hanno riguardato interventi su edifici con più di tre piani (Tabella seguente): quasi 200 milioni di euro sono stati spesi per interventi realizzati all'interno di edifici appartenenti a questa tipologia costruttiva e costruiti tra il Dopoguerra e il 1970, con un risparmio energetico conseguito di circa 67 GWh/anno (quasi un quarto del totale).

Tabella 24 - Comma 347: investimenti (M€) per epoca di costruzione e tipologia edilizia, anno 2017

Epoca di costruzione	Costruzione isolata	Edificio fino a tre piani	Edificio oltre tre piani	Altro	Totale (M€)	Totale (%)
< 1919	17,8	13,5	20,0	5,2	56,6	7,1%
1919-1945	14,1	10,8	26,7	3,5	55,1	6,9%
1946-1960	36,6	17,5	91,1	12,0	157,2	19,6%
1961-1970	51,0	19,7	106,6	15,3	192,5	24,0%
1971-1980	56,1	21,8	44,3	19,0	141,2	17,6%
1981-1990	30,8	14,7	19,4	22,1	87,0	10,8%

1991-2000	24,4	12,3	7,9	13,9	58,5	7,3%
2001-2005	11,3	4,7	13,3	5,5	34,8	4,3%
> 2006	8,1	6,6	2,1	3,0	19,9	2,5%
Totale (M€)	250,2	121,5	331,4	99,6	802,7	
Totale (%)	31,2%	15,1%	41,3%	12,4%		100%

* Il totale è inferiore al valore in Tabella 3.21 perché non sempre è disponibile l'informazione sull'epoca di costruzione o la tipologia edilizia.

Fonte: ENEA

Più del 70% degli investimenti attivati (oltre 613 milioni di euro) ha riguardato l'installazione di una caldaia a condensazione: in particolare, circa la metà delle risorse attivate complessivamente è stato destinato ad interventi questa tecnologia in edifici costruiti nel periodo 1946-1980 (Tabella seguente). Più in generale, gli edifici appartenenti a tale segmento del mercato hanno assorbito oltre il 60% delle risorse complessive.

Tabella 25 - Comma 347: investimenti (M€) per tipologia, epoca di costruzione e tipologia edilizia, anno 2017

Epoca di costruzione	Caldaia a condensazione	Pompa di calore	Caldaia a biomassa	Totale (M€)	Totale (%)
< 1919	39,9	11,2	5,2	56,3	7,0%
1919-1945	39,8	11,9	3,1	54,9	6,8%
1946-1960	122,7	29,1	5,1	156,9	19,6%
1961-1970	154,9	31,6	5,8	192,3	24,0%
1971-1980	106,5	26,9	7,5	140,8	17,6%
1981-1990	55,0	19,4	12,3	86,8	10,8%
1991-2000	38,8	14,6	5,0	58,4	7,3%
2001-2005	13,4	19,9	1,5	34,8	4,3%
> 2006	9,7	7,7	2,3	19,6	2,5%
Totale (M€)	580,6	172,3	47,9	800,8	
Totale (%)	72,5%	21,5%	6,0%		100%
Costruzione isolata	166,6	55,1	39,1	260,7	30,0%
Edifici fino 3 piani	98,1	24,3	5,5	127,9	14,7%
Edifici oltre 3 piani	278,0	78,6	2,7	359,3	41,4%
Altro	70,8	47,5	2,5	120,8	13,9%
Totale (M€)	613,5	205,5	49,7	868,7	
Totale (%)	70,6%	23,7%	5,7%		100%

* Il totale è inferiore al valore in Tabella 3.21 perché non sempre è disponibile l'informazione sull'epoca di costruzione o la tipologia edilizia.

Fonte: ENEA

Installazione di sistemi di building automation

Nel 2017 sono pervenute ad ENEA poco più di 1.900 richieste di incentivazione di interventi per l'installazione di sistemi di building automation, riguardanti circa 6.000 unità immobiliari. Oltre i due terzi della spesa ha riguardato edifici con più di tre piani, in particolare quelli costruiti negli anni Sessanta e Settanta (Tabella seguente), cui è stata destinata più della metà del totale degli investimenti, ottenendo in tale segmento del mercato più della metà dei risparmi energetici conseguiti nel complesso. Per le altre due tipologie edilizie considerate si può osservare una distribuzione degli investimenti molto simile.

Tabella 26 - Comma 347: investimenti (M€) per epoca di costruzione e tipologia edilizia, anno 2017

Epoca di costruzione	Costruzione isolata	Edificio fino a tre piani	Edificio oltre tre piani	Altro	Totale (M€)	Totale (%)
< 1919	0,1	0,1	0,3	0,0	0,4	2,8%
1919-1945	0,1	0,0	0,2	0,1	0,4	2,2%
1946-1960	0,3	0,2	1,7	0,1	2,3	14,0%
1961-1970	0,4	0,3	4,1	0,4	5,1	31,9%
1971-1980	0,2	0,2	4,3	0,1	4,9	30,5%
1981-1990	0,1	0,5	0,3	0,0	0,9	5,8%
1991-2000	0,1	0,2	0,1	0,1	0,5	3,1%
2001-2005	0,1	0,1	0,1	0,0	0,3	1,6%
> 2006	0,5	0,4	0,2	0,2	1,3	8,2%
Totale (M€)	1,9	2,1	11,1	1,0	16,0	

Totale (%)	11,7%	12,9%	69,3%	6,2%	100%
------------	-------	-------	-------	------	------

* Il totale è inferiore al valore in Tabella 3.2 perché non sempre è disponibile l'informazione sull'epoca di costruzione o la tipologia edilizia.

Fonte: ENEA

4.3 Il mercato delle tecnologie incentivate

Si intende evidenziare come sia mutato negli ultimi anni il mercato delle tecnologie incentivate ai sensi delle detrazioni fiscali per la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio esistente, in particolare analizzando gli interventi storicamente agevolati ai sensi di queste detrazioni, ossia gli apparecchi per la climatizzazione (ai quali negli ultimi anni si sono aggiunti i sistemi ibridi), i pannelli solari termici e i serramenti.

Esso si pone come un primo "focus", di base per ulteriori successive elaborazioni, a dettaglio maggiore.

Caldae a condensazione

Sulla base dei panel Assotermica e dei dati che Assotermica comunica ad EHI (association of the European Heating Industry) [1], in Italia nel 2017 sono state vendute in totale 664.000 caldaie a condensazione, con un incremento delle vendite di circa il 15% rispetto al 2016, anno in cui le caldaie complessivamente vendute sono state recentemente stimate in 577.000, considerando il mercato effettivo (e non l'iniziale stima conservativa) delle ultime aziende entrate a far parte dei panel. Dalle stesse fonti risulta che le caldaie non a condensazione vendute nel 2017 sono state circa 84.500, il 9% in più di quelle vendute nel 2016, pari a circa 77.600 (Figura seguente).

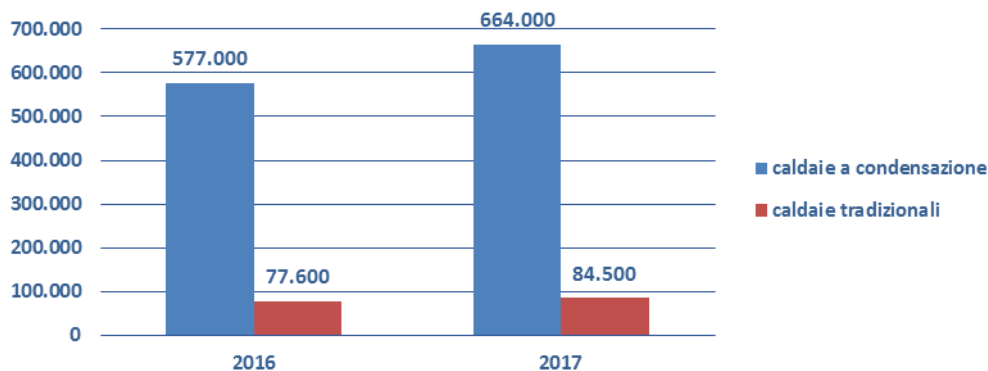


Figura 16 - Caldaie vendute sul mercato nazionale, anni 2016-2017 (Fonte: ASSOTERMICA)

Alla luce dell'ultima legge di bilancio, che conferma l'entità di detrazione del 65% nel caso di installazione di caldaie a condensazione almeno di classe A e contestuale installazione di sistemi di termoregolazione evoluti (appartenenti alle classi V, VI o VIII della comunicazione della Commissione 2014/C207/02), ci si attende che il mix di domanda ed offerta si sposti sempre più verso questi sistemi agevolati, che costituiscono l'alta gamma dei sistemi a gas, fatta eccezione per le pompe di calore a gas che restano comunque un prodotto di nicchia.

E tale aspettativa sembra confermata dalle ultime rilevazioni statistiche di Assotermica [2]: raffrontando i primi quattro mesi del 2018 con i corrispettivi primi quattro mesi del 2017, per le caldaie a condensazione risulta un incremento delle vendite YTD, dall'inizio dell'anno ad aprile, di circa l'11% per le caldaie murali e del 12,5% per le caldaie murali di potenza \leq a 35 kW in classe A, caldaie che, come si è detto, in base all'ultima legge di bilancio, se corredate di sistemi di termoregolazione evoluti, beneficiano delle detrazioni del 65%. Per completezza d'informazione, dalle stesse rilevazioni risulta anche un decremento delle vendite del 14% per le caldaie a condensazione a basamento, che trova però una possibile giustificazione data la

tipologia della caldaia e il periodo della rilevazione. Le caldaie a basamento sono per lo più caldaie di tipo condominiale e nei primi mesi dell'anno, periodo della rilevazione, i più freddi, come ben comprensibile, la loro sostituzione (e quindi la loro vendita), avviene solo in casi di estrema necessità, per danni irreparabili del generatore che ne compromettano la funzionalità. In linea generale, la loro sostituzione con generatori più efficienti è pianificata dagli amministratori e realizzata a stagione di riscaldamento conclusa. Pertanto, si può ritenere il dato poco significativo, e attenderci per i prossimi mesi anche per questo tipo di generatori, un incremento delle vendite, in linea con l'andamento del mercato della condensazione.

Parimenti, dalle stesse fonti risulta che il mercato delle caldaie non a condensazione nei primi quattro mesi di quest'anno ha registrato una significativa inversione di tendenza: raffrontando i primi quattro mesi del 2018 con i corrispettivi primi quattro mesi del 2017, il decremento delle vendite YTD, dall'inizio dell'anno ad aprile, è di circa il 9% per le caldaie murali, di circa il 19% per quelle a basamento, di circa il 2% per quelle soffiate in acciaio, conformemente all'attesa che questo tipo di mercato tenderà via via ad esaurirsi, stabilizzandosi infine su una particolare nicchia, che risponde a contesti di intervento particolari, spesso di tipo condominiale, con particolari problematiche di installazione.

Pompe di calore ad alta efficienza

Una valutazione⁸ ENEA e MiSE sulla base dei dati che ASSOCLIMA [3] comunica alla controparte europea EHPA (European Heat Pump Association), stima che il mercato Italia 2017 delle pompe di calore ad alta efficienza utilizzate come impianto primario di riscaldamento può essere definito tramite la vendita dei seguenti apparecchi (Figura seguente):

- 135.003 pompe di calore a split e multisplit;
- 26.126 chiller reversibili condensati ad aria di potenza fino a 17 kW;
- 3.937 chiller reversibili condensati ad aria di potenza da 18 kW a 50 kW;
- 2.928 chiller reversibili condensati ad aria di potenza oltre i 50 kW;
- 19.812 sistemi VRF.

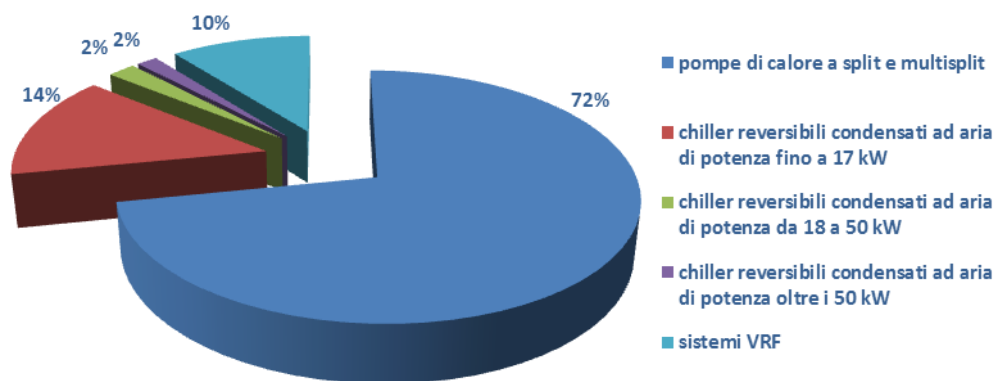


Figura 17 - Stima delle pompe di calore utilizzate come impianto primario di riscaldamento vendute sul mercato nazionale, anno 2017 (Fonte: Elaborazione ENEA e MiSE su dati Assoclisma 2017)

Ad una prima lettura, si potrebbe considerare che il mercato degli split e multisplit abbia registrato nel 2017 una certa qual flessione delle vendite rispetto all'anno precedente (in cui il volume di vendite può

⁸ Elaborazione ENEA e MiSE su dati Assoclisma 2017, per la stima dei risparmi energetici conseguiti ai sensi dell'art 7 direttiva dell'efficienza energetica (rif. Relazione annuale alla commissione europea 2018).

essere stimato grossomodo in circa 147.000 apparecchi), ma occorre filtrare tale valutazione alla luce dell'eccezionalità costituita dalle vendite del 2016, che inevitabilmente mettono in ombra i buoni risultati del 2017, che poco si discostano dalle vendite dell'anno precedente.

Sempre considerando il panel costituito dalle aziende fisse, nel 2017 risultano invece in notevole incremento (circa del 25%), rispetto all'anno precedente, le vendite di chiller condensati ad aria di potenza fino a 17 kW, apparecchi che possiamo ritrovare ad esempio in villette bifamiliari, risultano pressoché stabili le vendite di chiller di potenza tra i 18 e i 50 kW, apparecchi che ritroviamo in piccoli condomini, costituiti di 4-5 appartamenti, e quelle di chiller di potenza oltre i 50 kW, che ritroviamo ad esempio in condomini di grandi dimensioni. Risultano in aumento, di circa il 6% rispetto all'anno precedente, i sistemi VRF, tipologia già ampiamente utilizzata in uffici, alberghi e negozi e che sempre più diffusione sta avendo anche in ambito residenziale.

Per ciò che attiene ai costi, data la diversità dell'offerta, è difficile generalizzare, poiché parte determinante hanno il contesto d'intervento e le difficoltà di realizzazione. Riferendoci quindi ai costi al grossista, sempre in base a dati Assoclimate, il costo medio di un sistema monosplit, di potenza inferiore ai 7 kW può aggirarsi intorno ai 450 euro; per monosplit di potenza superiore ai 7 kW, intorno ai 1.700 euro; nel caso di multisplit intorno agli 800 euro.

Dagli stessi dati, per chiller fino a 17 kW, il costo al grossista può attestarsi intorno ai 3.000 euro, nel caso di potenza da 17 kW a 50 kW intorno ai 5.800 euro, mentre risulta più difficile approssimare i costi di chiller di potenza superiore, poiché in relazione appunto alla diversa potenza dell'apparecchio.

Mentre il costo di un sistema VRF di potenza inferiore a 16 kW può aggirarsi intorno ai 2.000 euro circa, di potenza superiore intorno ai 4.900 euro circa.

Sistemi ibridi

Nel 2017 il mercato dei sistemi ibridi preassemblati ha visto la vendita di circa 6.70015 apparecchi, a fronte di circa 4.700 pezzi venduti nel 2016, 3.276 nel 2015 e 1.861 nel 2014 (Figura seguente).

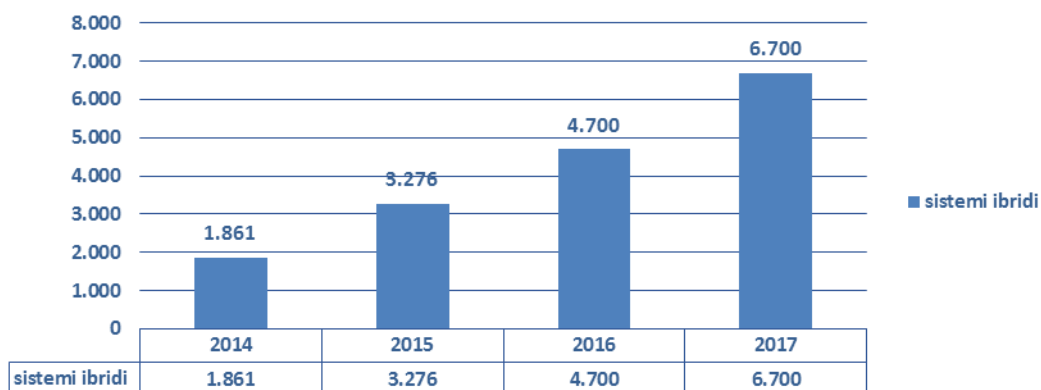


Figura 18 Sistemi ibridi venduti sul mercato nazionale, anni 2014-2017 (Fonte: ASSOCLIMA)

Questo il mercato ufficiale degli ultimi anni dei sistemi ibridi, ossia le vendite di sistemi preassemblati "tutto in uno", che racchiudono in un solo contenitore o comunque in una singola offerta commerciale tutti gli elementi di base del sistema. Giacché il computo non tiene in conto, perché sfuggono ad ogni valutazione, quei sistemi che funzionano invece come sistemi ibridi, per l'assemblaggio di macchine ibride ad opera degli installatori.

In linea con le disposizioni di cui al D. Lgs. 28/2011 (che recepisce la direttiva 2009/28/CE, sulla promozione dell'uso dell'energia da FER), e ai nuovi obblighi stabiliti per i nuovi edifici o per quelli sottoposti a

ristrutturazioni rilevanti, negli ultimi anni le vendite dei sistemi ibridi preassemblati sono andate via via crescendo, con percentuali di incremento, anno su anno, anche piuttosto rilevanti: basti citare che nel 2017, rispetto al 2016, l'incremento è stato di circa il 45%, incremento possibile anche per il numero ancora contenuto di sistemi annualmente venduti, e che sarà magari più difficile assicurare in futuro, con un numero notevolmente maggiore di pezzi venduti.

Comunque, i buoni risultati raggiunti in termini di incremento delle vendite fanno sì che le associazioni di categoria si aspettino esiti ancora maggiori per i prossimi anni, sulla spinta di una decarbonizzazione sostenibile. Come evidente nelle fiere degli ultimi anni prettamente orientate alle tematiche energetiche, tutte le principali aziende sul mercato offrono ora il "loro" modello di sistema ibrido. Per i notevoli vantaggi che questa tecnologia consente, in primis, un notevole risparmio in bolletta: una sorta di manager energetico gestisce i due generatori in essa presenti, alimentati da diverse fonti di energia, di solito un combustibile fossile e una fonte rinnovabile, dando la priorità di volta in volta all'uno o all'altro, a seconda di ciò che risulta più vantaggioso in base alle condizioni di esercizio impostate (costo dei vettori energetici, energia elettrica prelevata dalla rete e costo del combustibile utilizzato, eventuale disponibilità di energia elettrica autoprodotta, potenza termica richiesta dell'edificio), assicurando così fino al 40% di risparmio sui costi per il riscaldamento dell'immobile. Ancora, per la sua compattezza, che rende il sistema adatto anche nel caso di unità immobiliari di dimensioni contenute, e idoneo anche nel caso di ristrutturazioni volutamente "minime" dell'immobile, non invasive della struttura e dell'impianto, comportando la sola sostituzione della caldaia a condensazione. Infine, per la sua sostenibilità, poiché nel funzionamento a pompa di calore, essa sfrutta il calore gratuito presente nell'aria per produrre caldo, con un risparmio di energia primaria e conseguentemente riduzione di emissioni di CO₂, oltretutto, per il suo contenuto costo.

Se pensiamo poi che la legge di bilancio 2018 ha specificatamente agevolato al 65% le spese per la sostituzione di impianti termici con sistemi ibridi "assemblati, costituiti di una pompa di calore integrata con caldaia a condensazione, assemblati in fabbrica ed espressamente concepiti per funzionare in abbinamento tra loro", interventi già specificatamente agevolati dagli incentivi conto termico, sembrano esserci tutte le premesse per vedere confermate le attese del mercato.

Pannelli solari termici

Da rilevazioni Assotermica, nel 2017 il mercato Italia del solare termico ha visto complessivamente l'installazione di circa 197.000 m² lordi di pannelli (in gran parte a circolazione forzata), con un decremento dell'installato di circa il 6% rispetto al 2016. Continua ad avvertirsi anche nel 2017 la crisi del settore degli ultimi anni, che non interessa solo il nostro paese, ma tutta l'Europa, anche paesi, come la Germania, da sempre leader nell'impiego di energie rinnovabili. Le cause di tale decremento del mercato non sono certamente da imputarsi ad un'inefficienza dei sistemi ad energia solare, ma ad una concatenazione di cause, ormai ben note: la crisi delle nuove edificazioni, ambito preferenziale dell'applicazione di questa tecnologia, la competizione con altri sistemi, in primis, con i pannelli fotovoltaici, che soprattutto nel caso di coperture di dimensioni contenute, comportano necessariamente una scelta tra una tecnologia e l'altra, pur rispondendo ciascuna ad esigenze diverse. Infine, gli obblighi sulle rinnovabili, che forse vedono maggiormente favorite altre soluzioni rispetto a questa.

Qualche timido segnale di ripresa, almeno per una parte del settore, sembra però avvertirsi negli ultimi mesi, che fa ben sperare per il futuro. Da rilevazioni recentissime di Assotermica¹³, raffrontando i primi quattro mesi del 2018 con i corrispettivi primi quattro mesi del 2017, l'incremento delle vendite YTD, dall'inizio dell'anno ad aprile, per i pannelli a circolazione naturale risulta pari a circa il 24%. Tale buon esito porta a sperare che esso possa in futuro trainare anche il mercato dei pannelli a circolazione forzata, che viceversa, ancora risultano in fase di sofferenza, come si evince dal decremento delle vendite di circa il 10%, registrato nel medesimo periodo di rilevazione da questo tipo di pannelli. Se infine consideriamo che il mercato nel quale sono maggiormente presenti le aziende italiane è quello dei pannelli a circolazione forzata, questo auspicabile cambio di marcia assume un valore ancora più significativo.

Serramenti

In base a rilevazioni UNICMI [4], dopo una contrazione del fatturato dal 2012 al 2015 che ha interessato sia il settore residenziale che quello non residenziale, nel mercato italiano dei serramenti dal 2016 in poi si è assistito ad una ripresa della domanda complessiva, che nel 2017 ha raggiunto un valore di circa 4,5 Mld di euro (di cui circa 2,8 Mld nel settore residenziale e circa 1,7 Mld in quello non residenziale), che fa attendere per il 2018 una domanda complessiva intorno ai 4,65 Mld di euro.

Parimenti ad un incremento del fatturato, negli ultimi anni si è registrato anche un lieve incremento delle unità finestra vendute (la stima è effettuata dividendo il fatturato derivante dalla vendita di serramenti per il prezzo medio per unità finestra rilevato da UNICMI), che nel 2017 superano ancora i valori conseguiti nel 2016, attestandosi quest'anno intorno a 4,50 ml di unità vendute nel rinnovo e circa 1,35 ml nel nuovo, che fanno prevedere per il 2018 un ulteriore incremento delle vendite, pari a 4,58 ml di unità finestra per il rinnovo, e intorno a 1,38 ml di unità nel nuovo.

Sempre in base alle medesime rilevazioni, trova conferma anche per il 2017 il trend positivo delle quote di mercato in valore nel mercato dei serramenti in PVC, che quest'anno raggiungono una quota del 28,5%, ancora in lieve incremento rispetto alla quota nel 2016 (pari a 28,4%). Si registra ancora una lieve diminuzione della quota di mercato in valore nel mercato dei serramenti in alluminio che nel 2017 si attesta intorno al 36%, rispetto alla quota nel 2016 (pari a 36,2%), quota che resta comunque di tutto rilievo, e una lieve diminuzione della quota di mercato in valore nel mercato anche per i serramenti in legno, che nel 2017 si attesta intorno al 35,5% rispetto alla quota nel 2016 (pari a 35,4%), anch'essa comunque di grande peso nel mercato (Figura seguente).

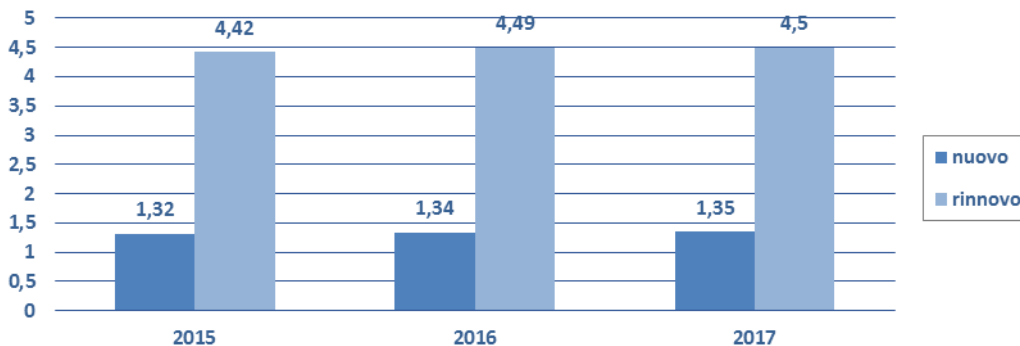


Figura 19 - Finestre vendute nel settore residenziale, nuovo vs rinnovo (milioni di unità), anni 2015-2017
(Fonte: Elaborazioni UNICMI su dati ISTAT)

L'analisi delle quote di mercato in volumi (unità finestra vendute) conferma nel mercato italiano dei serramenti anche per il 2017 la preminenza dei serramenti in PVC, che raggiungono una quota del 37,6%, seguiti dai serramenti in alluminio, con una quota di mercato del 32,6% e dai serramenti in legno con una quota del 29,7%.

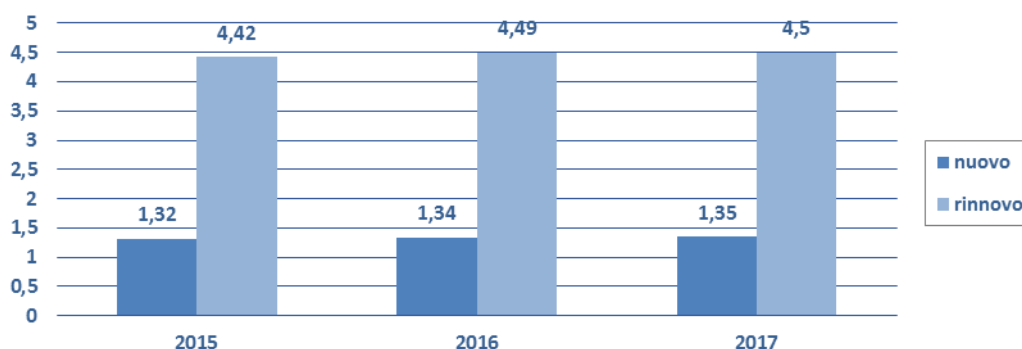
Per quanto sopra, relativamente ai serramenti in alluminio, trova conferma anche per il 2017 quanto già emerso nel 2016: negli ultimi anni, la contrazione del numero di unità finestra vendute e parimenti la pressoché stabilità della quota di mercato in valore nel mercato per le finestre in alluminio confermano come di fronte alla concorrenza degli infissi in PVC, questo mercato si sia nel tempo indirizzato verso una fascia medio-alta di utenti, disposti a sostenere un investimento economico iniziale più alto per le proprietà antieffrazione, l'interazione con la domotica e non ultimo la valenza estetica di questi manufatti che al di là della loro funzione tecnica, sono sempre più "elementi di arredo".

4.4 Conclusioni: le ricadute socioeconomiche dell'Ecobonus

Tra il 2001 e il 2015 i consumi energetici delle famiglie per uso domestico (al netto dei consumi per i trasporti) sono cresciuti da 29,5 a 31,4 Milioni di tonnellate equivalenti di petrolio, +6,4% su tutto il periodo (Figura seguente). Gli impieghi del settore residenziale hanno mostrato un andamento caratterizzato da una prima complessiva fase di crescita (negli anni 2001-2010), che culmina con un picco di oltre 35 Mtep, ed una seconda fase di decrescita, sia pur discontinua, con una variazione del -10,5% rispetto al 2010.

L'andamento della domanda di energia per uso domestico beneficia, in termini di risparmi energetici, anche degli effetti dettati dalle politiche per l'efficienza energetica, che hanno puntato sull'ammodernamento e l'efficientamento delle dotazioni e degli edifici ad uso residenziale. D'altra parte, il fenomeno risente di molteplici fattori che rinviano certamente alla variabilità nel tempo delle condizioni climatiche e dei relativi fabbisogni energetici, ma anche alle mutazioni intervenute negli stili di vita e di consumo della popolazione anche a seguito della crisi economica che ha investito il nostro paese, portando con sé ricadute sui bilanci delle famiglie. Benché le spese devolute all'acquisto di beni energetici siano solo parzialmente contraibili, la riduzione dei consumi risulta correlata ad una più generale esigenza di risparmio economico che ha contraddistinto il comportamento delle famiglie italiane nel periodo post-crisi.

Nel 2016⁹, la quota di spesa destinata dalle famiglie italiane all'acquisto di prodotti energetici per uso domestico è pari al 4,4% delle spese media annuale, in leggero calo rispetto a quella registrata nei due anni precedenti (4,4% per entrambi) [5].



* Sono compresi i consumi per riscaldamento/raffrescamento, acqua calda, uso cucina, elettrodomestici

Figura 20 - Impieghi energetici delle famiglie per uso domestico* (Mtep), anni 2001-2015 (Fonte: Elaborazione su dati ISTAT - Contabilità ambientale.)

Nel 2016, alla determinazione della complessiva spesa energetica nazionale per usi domestici hanno contribuito soprattutto il gas e l'energia elettrica, al cui acquisto sono stati devoluti, rispettivamente, 16,5 e 15,3 miliardi di euro, pari al 93% delle spese energetiche complessive (48% per il gas e 45% per l'energia elettrica). Se il metano, grazie alla diffusione via rete, risulta largamente utilizzato per le funzioni di riscaldamento degli ambienti e dell'acqua sanitaria e per gli usi cucina, all'elevata spesa per energia elettrica contribuiscono, oltre all'illuminazione e agli elettrodomestici, le dotazioni per il raffrescamento degli ambienti e, solo in misura residuale, il riscaldamento e gli usi cucina¹⁰.

⁹ Indagine ISTAT sulle spese delle famiglie, che a partire dal 2014 ha sostituito la precedente indagine Istat sui consumi.

¹⁰ Sulla spesa energetica incidono molto meno i consumi di combustibili solidi, con una spesa annuale di 1,8 miliardi di euro (pari al 5% della spesa per prodotti energetici), e di gasolio (0,5 miliardi di euro, pari all'1,4%). Ancora del tutto marginale il contributo dell'energia termica, utilizzata solo nel Centro-Nord, che registra una spesa di 0,2 miliardi di euro, contribuendo per meno dell'1% delle spese energetiche complessive del settore residenziale.

La contrazione di spesa energetica del settore residenziale registrata nel corso dell'ultimo triennio si deve in particolar modo, considerata anche la rilevanza del suo apporto, al decremento della spesa per il gas, diminuita del 12% rispetto al 2014 (quando ammontava a ben 18,7 miliardi di euro). Il decremento delle spese per il gas è stato superiore al Settentrione (-13%) e inferiore al Mezzogiorno (-8,4%). In calo anche la spesa per gli impieghi domestici di gasolio (-14,3%) e combustibili solidi (-4,5%). L'energia elettrica, viceversa, registra dal 2014 (quando il suo consumo costò alle famiglie 14,2 miliardi di euro) un'espansione di spesa pari, a livello nazionale, all'8,3%, con un picco di crescita nel mezzogiorno (+21%), una crescita più limitata nel Nord d'Italia (+3,6%) e un lievissimo calo, invece, nel Centro.

In termini medi, la spesa per prodotti energetici del settore residenziale ammonta, nel 2016, a 1.329 Euro annui a famiglia (Tabella seguente). Nonostante l'incremento registrato nell'ultimo triennio, il Mezzogiorno è la ripartizione italiana in cui si spende meno per energia: con una spesa media annuale di 1.219 Euro: le famiglie meridionali spendono circa il 15% in meno delle famiglie del Nord (che registrano una spesa media annuale di 1.431 Euro) e circa il 4% in meno di quelle del Centro (1.264 Euro).

Di fatto, gli interventi di riqualificazione energetica possono arrivare a far risparmiare mediamente il 15% del totale della spesa per prodotti energetici delle famiglie. Nell'ipotesi che tale risparmio sia attribuibile interamente al gas, grazie all'efficienza energetica la relativa spesa si ridurrebbe in media di circa il 30%.

Tabella 27 - Spesa annuale delle famiglie per energia elettrica, gas e altri combustibili per uso domestico (a), per ripartizione, anni 2014-2016

Spesa	Spesa complessiva annuale (migliaia di €)			Spesa media annuale (€)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Combustibile						
Energia elettrica	14.171.494	14.813.875	15.348.827	550,0	574,4	595,0
Gas (b)	18.750.015	18.206.681	16.492.740	727,7	706,0	639,3
Gasolio per riscaldamento	559.255	501.592	479.539	21,7	19,5	18,6
Combustibili solidi (c)	1.836.482	1.834.770	1.753.603	71,3	71,1	68,0
Energia termica	259.960	188.301	213.796	10,1	7,3	8,3
Totale	35.577.207	35.545.220	34.288.505	1.380,7	1.378,3	1.329,2

(a) Sono comprese le spese per Energia elettrica, Gas, Gasolio per riscaldamento, Combustibili solidi, Energia termica (ad esclusione delle spese per riscaldamento/condizionamento centralizzato). (b) Sono compresi metano e idrocarburi liquidi. (c) Sono compresi legna, pellets, cippato, truciolo, carbon fossile e altri combustibili solidi.

Fonte: Elaborazioni su dati Istat - Indagine sulle spese delle famiglie.

La spesa media annuale è nettamente al di sopra della media nazionale in Veneto (Tabella seguente) dove sfiora i 1.600 Euro all'anno, in Sicilia ed Emilia-Romagna, con circa 1.500 euro annui, in Piemonte (1.460 circa) e in Lombardia (1.430). All'opposto, la spesa più contenuta si registra in Campania, dove una famiglia spende in media poco più di 900 euro l'anno, seguita dalla Liguria (poco più di 1.000 euro) e dal Trentino Alto-Adige (1.050 circa).

Nel 2016, le famiglie hanno speso in media 640 euro per il gas e 595 euro per l'energia elettrica. La spesa destinata in media all'acquisto di energia elettrica è maggiore nel Mezzogiorno, dove, grazie anche ad un più ampio ricorso alle funzioni di raffrescamento, rappresenta il 55% della spesa complessiva (pari a quasi 670 euro), raggiungendo un massimo di quasi il 70% (oltre 1.000 euro annuali) in Sicilia e un'incidenza molto rilevante in Sardegna (57%; 725 euro in valore assoluto). L'incidenza più bassa di spese per l'energia elettrica si riscontra invece nella ripartizione settentrionale (39%) ed in particolare in Piemonte (35%).

Le spese per il gas pesano in misura superiore alla media nel Centro (dove ammontano al 50,3%, pari a 636 euro) e ancor più nel Nord (53,4%; 764 euro in valore assoluto). Le regioni che registrano uscite più ridotte per il gas sono invece, oltre alla Sardegna, sul cui dato incide la mancanza di una rete di distribuzione del metano, la Sicilia (con una spesa media annuale di 446 Euro, cui corrisponde una quota percentuale pari al 30%), la Valle d'Aosta (355 euro in media, pari al 31%) e la Calabria (425 euro; 36%).

La spesa media per consumi energetici è connessa alla dimensione familiare, aumentando progressivamente da 1.000 euro circa all'anno per una famiglia monocomponente fino ad arrivare a 1.635 euro nei nuclei con 5 o più componenti¹¹. La presenza di economie di scala si manifesta in un incremento delle spese non proporzionale rispetto al numero di componenti. Una famiglia composta da 5 membri spende infatti in media annualmente solo il 62% in più rispetto a una famiglia monocomponente.

Tabella 28 - Spesa annuale delle famiglie per energia elettrica, gas e altri combustibili per uso domestico (a), per ripartizione, anni 2014-2016

	Spesa complessiva annuale (migliaia di Euro)			Spesa media annuale (Euro)		
	Totale	Energia elettrica	Gas (b)	Totale	Energia elettrica	Gas (b)
Piemonte	2.927.503	1.026.909	1.599.711	1.458,6	511,6	797,0
Valle d'Aosta	70.329	28.909	21.679	1.152,2	473,6	355,2
Lombardia	6.313.161	2.580.152	3.462.639	1.431,5	585,0	785,2
Trentino-Alto Adige	469.951	222.072	183.731	1.047,5	495,0	409,5
Veneto	3.275.120	1.196.670	1.741.434	1.592,8	582,0	846,9
Friuli Venezia Giulia	789.281	303.581	397.588	1.413,3	543,6	711,9
Liguria	787.560	365.035	392.971	1.019,9	472,7	508,9
Emilia Romagna	2.971.200	1.214.010	1.596.141	1.491,5	609,4	801,2
Toscana	2.333.067	957.037	1.219.253	1.421,2	583,0	742,7
Umbria	493.642	209.264	233.500	1.291,8	547,6	611,0
Marche	891.727	352.876	511.401	1.387,1	548,9	795,5
Lazio	2.977.155	1.414.486	1.406.094	1.131,0	537,4	534,2
Abruzzo	785.809	337.682	401.207	1.419,0	609,8	724,5
Molise	178.678	78.196	84.028	1.366,4	598,0	642,6
Campania	1.973.878	952.723	852.397	915,3	441,8	395,3
Puglia	1.844.219	912.859	816.292	1.164,5	576,4	515,4
Basilicata	316.655	122.743	148.855	1.369,9	531,0	644,0
Calabria	933.465	461.718	339.547	1.167,7	577,6	424,7
Sicilia	3.044.478	2.092.997	901.848	1.506,6	1.035,7	446,3
Sardegna	911.627	518.907	182.425	1.273,0	724,6	254,7
Italia	34.288.505	15.348.827	16.492.740	1.329,2	595,0	639,3

(a) Sono comprese le spese per Energia elettrica, Gas, Gasolio per riscaldamento, Combustibili solidi, Energia termica (ad esclusione delle spese per riscaldamento/condizionamento centralizzato). (b) Sono compresi metano e idrocarburi liquidi.

Fonte: Elaborazioni su dati Istat - Indagine sulle spese delle famiglie.

L'andamento dei consumi energetici risulta correlato anche alla situazione socio-economica e culturale della famiglia, mostrando una certa variabilità rispetto sia alla condizione socio-professionale della persona di riferimento sia al suo titolo di studio. A dimostrazione di come le spese energetiche lascino margini di risparmio inferiori ad altri tipi di spesa (elemento, quest'ultimo, che sottolinea la rilevanza dell'approfondimento del tema della povertà energetica), l'incidenza di questa voce sul totale delle spese familiari risulta più elevata nei nuclei che sperimentano un maggior disagio occupazionale ed economico. Nel 2016, il consumo di prodotti energetici incide sul totale della spesa familiare in misura superiore alla media nelle famiglie con persona di riferimento non occupata (4,9%, rispetto a un valore medio del 4,4%) e, ancor più, in cerca di occupazione (5,4), ma è elevato anche nelle famiglie di operai (4,8). All'opposto, le spese pesano in misura inferiore nelle famiglie con PR occupato (4,0%), con punte ancora inferiori tra i dirigenti, quadri ed impiegati (3,5).

Sia pur correlata alla dimensione economica e professionale si affianca quella socio-culturale: la quota di spesa familiare devoluta al consumo energetico cala infatti all'aumentare del livello di istruzione, passando dal 6,0% nelle famiglie con al più la licenza elementare, al 4,9% per la licenza media, al 4,0% per il diploma di scuola secondaria superiore, per arrivare, infine, al 3,3% per le famiglie con istruzione universitaria.

Al risparmio energetico derivante dagli interventi di riqualificazione energetica incentivati con l'Ecobonus, per gli anni 2014-2017 è possibile associare un risparmio medio sulla bolletta annuale dei consumatori che,

¹¹ La spesa media ammonta a 1.378 Euro nei nuclei con due componenti; 1.505 con tre componenti e 1.622 con quattro.

anche per effetto dei differenti livelli dei prezzi, varia dai 250 euro del 2014, ai 150 euro nel 2017 (Tabella seguente).

Tabella 29 - Risparmi su bolletta energetica delle famiglie indotti da interventi incentivati con Ecobonus, anni 2014-2017

Anno	2014	2015	2016	2017
Risparmio complessivo Ecobonus (Mtep/anno)	0,093	0,094	0,096	0,112
Gas naturale risparmiato (Mm ³)	107,73	109,19	111,25	130,14
Costo del gas naturale per consumatore domestico tipo * (€/m ³ , a valori correnti)	0,82	0,79	0,72	0,73
Risparmio economico (M€)	88,6	86,7	80,4	95,2
Unità immobiliari oggetto di intervento incentivato con Ecobonus (n)	353.732	415.528	465.751	625.646
Risparmio per famiglia (€/anno)	250,52	208,56	172,53	152,17

Fonte: Elaborazione ENEA su dati ARERA

Di fatto, gli interventi di riqualificazione energetica possono arrivare a far risparmiare mediamente il 15% del totale della spesa annuale delle famiglie per prodotti energetici. Nell'ipotesi che tale risparmio sia attribuibile interamente al gas, grazie all'efficienza energetica la spesa annuale per questo combustibile si ridurrebbe in media di circa il 30%.

L'impatto delle misure di efficienza energetica sull'occupazione del settore edilizio

Stime recenti valutano che, nel complesso, gli investimenti attivati sia dal recupero edilizio sia dalla riqualificazione energetica abbiano assorbito una media di circa 250.000 occupati nel periodo 2011-2017, oltre 370.000 tenendo conto anche dell'indotto. Il dato è significativo anche alla luce del fatto che negli ultimi dieci anni il settore delle costruzioni ha fatto registrare una perdita di circa 530.000 occupati [6].

Da tali stime è possibile ricavare che, mediamente, un investimento di 200.000 euro è in grado di assorbire due occupati diretti e uno nell'indotto. Sulla base di tale rapporto è stata ricavata la Tabella seguente: dall'avvio del meccanismo nel 2007, gli oltre 3 miliardi di investimenti attivati ogni anno, in media hanno occupato oltre 31.000 addetti diretti e circa 16.000 nell'indotto.

Tabella 30 - Occupati diretti e indiretti associati agli interventi incentivati

Anno	Investimenti (M€)	Occupati diretti (n)	Indotto (n)	Occupati totali (n)
2007	1.453	14.460	7.230	21.690
2008	3.500	34.832	17.416	52.248
2009	2.563	25.507	12.753	38.260
2010	4.608	45.859	22.929	68.788
2011	3.309	32.931	16.466	49.397
2012	2.883	28.692	14.346	43.037
2013	3.612	35.947	17.973	53.920
2014	3.066	30.513	15.256	45.769
2015	3.088	30.732	15.366	46.098
2016	3.309	32.931	16.466	49.397
2017	3.724	32.931	18.531	51.462
Media	3.192	31.394	15.885	47.279

Fonte: Elaborazione ENEA su dati CRESME

Nel 2017 si nota un incremento del 17% rispetto al 2016, molto probabilmente in quanto sono stati introdotti gli interventi sulle parti comuni degli edifici condominiali con le aliquote del 70 e 75% e al fatto che verso la fine dell'anno si aveva notizia che la nuova legge di bilancio avrebbe abbassato l'aliquota dal 65% al 50% per alcuni interventi come è realmente successo.

5 Riferimenti bibliografici

- [1] Caldera M., Federici A., Margiotta F., Martelli A., Nocera M., Pannicelli A., Piccinelli S., Puglisi G., Zanghirella F., “Metodologie e strumenti per la raccolta di dati e la definizione di modelli di riferimento dei consumi energetici nel settore residenziale, terziario e pubblico”, ENEA, Report RdS/PAR2015/143, 2016.
- [2] Puglisi G., Zanghirella F., Ungaro P., Cammarata G. (2016). A methodology for the generation of energy consumption profiles in the residential sector, *International Journal of Heat and Technology*, 34(3), pp. 491-497. DOI: [10.18280/ijht.340320](https://doi.org/10.18280/ijht.340320)
- [3] Caldera M., Puglisi G., Zanghirella F., Margiotta F., Ungaro P., Talucci V., Cammarata G. (2017). Proposal of a survey-based methodology for the determination of the energy consumption in the residential sector, *International Journal of Heat and Technology*, 35(S1), pp. S152-S158, DOI: [10.18280/ijht.35Sp0121](https://doi.org/10.18280/ijht.35Sp0121)
- [4] Caldera M., Puglisi G., Zanghirella F., Ungaro P., Cammarata G. (2018). Numerical modelling of the thermal energy demand in Italian households through statistical data, *International Journal of Heat and Technology*, 36(2), pp. 381-390, DOI: [10.18280/ijht.360201](https://doi.org/10.18280/ijht.360201)
- [5] Istat, “I consumi energetici delle famiglie”, da <http://www.istat.it/it/archivio/142173>.
- [6] Agenzia nazionale efficienza energetica, “Rapporto annuale efficienza energetica – Analisi e risultati delle policy di efficienza energetica del nostro Paese”, ENEA, Report RAEE-2017, da <http://www.enea.it/it/seguici/pubblicazioni/pdf-volumi/raee-2017.pdf>, 2017.
- [7] Conti P., Della Vista D., Fantozzi F., Fasano G., Grassi W., Manetti R., Menchetti E., Schito E., Signoretti P., Testi D., “Definizione di una metodologia per l'audit energetico negli edifici ad uso residenziale e terziario”, ENEA, Report RdS/2011/143, da http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/risparmio-energia-settore-civile/rds-143.pdf, 2011.
- [8] Direttiva 94/2/CE della Commissione, del 21 gennaio 1994, che stabilisce modalità d'applicazione della direttiva 92/75/CEE per quanto riguarda l'etichettatura indicante il consumo d'energia dei frigoriferi elettrodomestici, dei congelatori elettrodomestici e delle relative combinazioni, GU Unione Europea, 1994.
- [9] Direttiva 2003/66/CE della Commissione, del 3 luglio 2003, che modifica la direttiva 94/2/CE che stabilisce modalità d'applicazione della direttiva 92/75/CEE del Consiglio per quanto riguarda l'etichettatura indicante il consumo d'energia dei frigoriferi elettrodomestici, dei congelatori elettrodomestici e delle relative combinazioni, GU Unione Europea, 2003.
- [10] Regolamento delegato (UE) n. 1060/2010 della Commissione, del 28 settembre 2010, che integra la direttiva 2010/30/UE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda l'etichettatura indicante il consumo d'energia degli apparecchi di refrigerazione per uso domestico, GU Unione Europea, 2010.
- [11] Presutto M., Villani M. G., Scarano D., Fumagalli S., “Il mercato degli elettrodomestici e la sua evoluzione temporale”, ENEA, RdS/2010/255, da http://www.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/tecnologie-riduzione-consumi/5-rapporto-indagine-mercato.pdf, 2011.
- [12] Report della Commissione Europea, 2016, da <http://www.ecodesign-fridges.eu/Documents/Household%20Refrigeration%20Review%20FINAL%20REPORT%2020160304.pdf>
- [13] Direttiva 95/12/CE della Commissione, del 23 maggio 1995, che stabilisce le modalità d'applicazione della direttiva 92/75/CEE per quanto riguarda l'etichettatura indicante il consumo di energia delle lavatrici ad uso domestico, GU Unione Europea, 1995.
- [14] Regolamento delegato (UE) n. 1061/2010 della Commissione, del 28 settembre 2010, che integra la direttiva 2010/30/UE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda l'etichettatura indicante il consumo d'energia delle lavatrici per uso domestico, GU Unione Europea, 2010.

- [15] Boyano A. *et al.*, “Ecodesign and Energy Label for Household Washing machines and washer dryers”, JRC Technical Reports, Commissione Europea, Report EUR 28809 EN, 2017, DOI: [10.2760/842340](https://doi.org/10.2760/842340)
- [16] Kilowattene, Lavatrici, da <http://kilowattene.enea.it/KiloWattene-washing-info.html#>.
- [17] ADEME, “Energy efficiency of White Goods in Europe: monitoring the market with sales data”, 2016, da <http://www.topten.eu/uploads/File/Market-Monitoring-2016-EN-Topten.eu.pdf>
- [18] Direttiva 96/60/CE della Commissione del 19 settembre 1996 recante modalità d'applicazione della direttiva 92/75/CEE del Consiglio per quanto riguarda l'etichettatura indicante il consumo di energia delle lavasciuga biancheria domestiche, GU Unione Europea, 1996.
- [19] Direttiva 95/13/CE della Commissione, del 23 maggio 1995, che stabilisce le modalità d'applicazione della direttiva 92/75/CEE per quanto riguarda l'etichettatura indicante il consumo di energia delle asciugabiancheria ad uso domestico, GU Unione Europea, 1995.
- [20] Regolamento delegato (UE) n. 392/2012 della Commissione del 1° marzo 2012 che integra la direttiva 2010/30/UE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda l'etichettatura indicante il consumo d'energia delle asciugabiancheria per uso domestico, GU Unione Europea, 2012.
- [21] Direttiva 97/17/CE della Commissione del 16 aprile 1997 che stabilisce le modalità di applicazione della direttiva 92/75/CEE per quanto riguarda l'etichettatura indicante il consumo di energia delle lavastoviglie ad uso domestico, GU Unione Europea, 1997.
- [22] Regolamento delegato (UE) n. 1059/2010 della Commissione, del 28 settembre 2010, che integra la direttiva 2010/30/UE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda l'etichettatura indicante il consumo d'energia delle lavastoviglie per uso domestico, GU Unione Europea, 2010.
- [23] Regolamento delegato (UE) n. 65/2014 della Commissione, del 1° ottobre 2013, che integra la direttiva 2010/30/UE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda l'etichettatura energetica dei forni e delle cappe da cucina per uso domestico, GU Unione Europea, 2014.
- [24] Eurostat, “Manual for statistics on energy consumption in households”, 2013, da <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/5935825/KS-GQ-13-003-EN.PDF/baa96509-3f4b-4c7a-94dd-feb1a31c7291>
- [25] Direttiva 2002/40/CE della Commissione, dell'8 maggio 2002, che stabilisce le modalità di applicazione della direttiva 92/75/CEE del Consiglio per quanto riguarda l'etichettatura indicante il consumo di energia dei forni elettrici per uso domestico, GU Unione Europea, 2002.
- [26] Forni elettrici per uso domestico - Metodi per la misura del consumo di energia, CEI EN 50304, 2001.
- [27] Kilowattene, Efficienze dei sistemi di cottura, 2015, da http://kilowattene.enea.it/KiloWattene-efficienza_sistemi_cottura.html#.
- [28] Hager T. J., Morawicki R. (2013). Energy consumption during cooking in the residential sector of developed nations: a review, *Food Policy* 40, pp. 54-63. DOI: [10.1016/j.foodpol.2013.02.003](https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2013.02.003)
- [29] Mathworks. MATLAB® Statistics Toolbox™ User Guide.
- [30] Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici - Parte 2: Dati di progetto, UNI 10349 Part 2, 2016.
- [31] ARERA. Condizioni economiche per i clienti del mercato tutelato – Energia elettrica, da <https://www.arera.it/it/dati/condec.htm>.
- [32] Caldera M., Ungaro P., Cammarata G., Puglisi G. (2018). Survey-based analysis of the electrical energy demand in Italian households, *Mathematical Modelling of Engineering Problems*, 5(3), pp. 217-224, DOI: [10.18280/mmep.050313](https://doi.org/10.18280/mmep.050313)
- [33] Nocera M., “LE DETRAZIONI FISCALI DEL 55-65% PER LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEL PATRIMONIO EDILIZIO ESISTENTE NEL 2013”, ENEA, 2015, ISBN 978-88-8286-315-9 http://efficienzaenergetica.acs.enea.it/doc/Rapporto55%25_13.pdf
- [34] Nocera M., “LE DETRAZIONI FISCALI DEL 55% PER LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEL PATRIMONIO EDILIZIO ESISTENTE NEL 2012”, ENEA, 2014, ISBN 978-88-8286-301-2 http://efficienzaenergetica.acs.enea.it/doc/Rapporto55%25_12.pdf

- [35] Nocera M., “LE DETRAZIONI FISCALI DEL 55% PER LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEL PATRIMONIO EDILIZIO ESISTENTE NEL 2011”, ENEA, 2013, ISBN 978-88-8286-286-2 http://efficienzaenergetica.acs.enea.it/doc/Rapporto55%25_2011.pdf
- [36] Nocera M., “LE DETRAZIONI FISCALI DEL 55% PER LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEL PATRIMONIO EDILIZIO ESISTENTE NEL 2010”, ENEA, 2012, ISBN 978-88-8286-263-3, http://efficienzaenergetica.acs.enea.it/doc/rapporto_2010_publicato.pdf
- [37] Assotermica, “Rilevazioni di mercato periodiche dell'Ufficio Studi ANIMA per Assotermica”, (2017).
- [38] Assotermica, “Indagine statistica mensile, aprile 2018”, (2018).
- [39] Assoclimate, “Indagini statistiche sul mercato dei componenti per impianti di condizionamento dell'aria”, (2017).
- [40] UNICMI, “Rapporto sul mercato italiano dell'involucro edilizio 1_2018”, (2018).
- [41] ISTAT, “Indagine ISTAT sulle spese delle famiglie”, (2018).
- [42] Camera dei deputati, “Il recupero e la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio: una stima dell'impatto delle misure di incentivazione - Quinta edizione”, Documentazione e ricerche - n. 83/4 (2017).