



Prospettive di Sviluppo del Sistema Energetico nel Settore Civile al 2050



Prospettive di Sviluppo
del Sistema Energetico
nel Settore Civile
al 2050



Indice

1. Introduzione	4
2. Principali sfide nel settore civile	8
3. Quadro normativo	12
4. Situazione attuale	18
5. Evoluzione del settore al 2040	28
6. Sintesi interazione con rappresentanti di settore	36
7. Tecnologie chiave per la decarbonizzazione del settore	40
8. Prospettive di sviluppo al 2050	54
Annex I. Prospettive di evoluzione dei data center	72



1. Introduzione

La presente nota è parte di una serie di approfondimenti dedicati alle prospettive di sviluppo del settore energetico italiano al 2050. Il lavoro costituisce un adempimento alla Delibera 392/2024 di AEREA, che ha richiesto a Snam e Terna di sviluppare note tecniche che illustrino le prospettive plausibili di sviluppo del sistema, supportate da considerazioni quantitative con rappresentazione dei dati a livello nazionale.

In ottemperanza a tale prescrizione, Terna e Snam hanno elaborato le note tecniche* (di seguito “note”) relativamente a:

- i consumi nel settore civile;
- i consumi nel settore industriale;
- i consumi nel settore trasporti;
- la copertura dei consumi elettrici (incluso lo sviluppo della capacità di accumulo);
- la copertura dei consumi gas (incluso lo sviluppo degli stoccaggi multi-molecola e ruolo della CCS).

Le note considerano quanto già previsto fino al 2040 nel Documento di Descrizione degli Scenari 2024 (di seguito DDS 2024) e si focalizzano su alcune delle principali sfide che i diversi settori dovranno affrontare per raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione fissati per il 2050, tenendo conto degli indirizzi di policy energetica nazionale e dei relativi documenti disponibili al momento della stesura della nota (e.g. Piano Nazionale Integrato Energia e Clima 2024, Strategia Nazionale Idrogeno 2024) e delle direttive e dei regolamenti a livello comunitario in materia di politica energetica ambientale per il raggiungimento della neutralità carbonica al 2050. Un ulteriore documento che riguarda gli obiettivi 2050 è rappresentato dalla Strategia Italiana di Lungo Termine, pubblicata a gennaio 2021, che mira a delineare i possibili percorsi per raggiungere la neutralità climatica al 2050. È previsto un aggiornamento di tale documento per allinearli ai nuovi obiettivi europei di riduzione netta delle emissioni di gas serra entro gennaio 2026.

Nell’ambito del processo di elaborazione delle note, Snam e Terna hanno, inoltre, avviato una discussione con un campione di soggetti rappresentativi dei settori sopracitati al fine di rendere le valutazioni il più possibile complete e robuste.

La presente nota si focalizza sui consumi del settore civile, che si compone a sua volta dei consumi del sottosettore residenziale e del sottosettore terziario. Il documento è incentrato sulla domanda di riscaldamento nel settore civile e sull’evoluzione che i vettori energetici potrebbero avere per raggiungere gli obiettivi 2050, portando ad una progressiva sostituzione di alcuni di essi. Nella nota, verrà quindi illustrata una valutazione quantitativa delle possibili evoluzioni

* Le note dei tre settori di consumo sono sviluppate congiuntamente, mentre le note di copertura della domanda sono state sviluppate separatamente per quanto di competenza del TSO di riferimento



dei consumi del sottosettore residenziale verso l'obiettivo di decarbonizzazione previsto al 2050 alla luce della trasformazione dei sistemi di riscaldamento. Rimane indubbio che sul settore civile abbia un peso notevole, destinato a crescere nel tempo, anche la domanda di raffrescamento, la quale però rimarrà principalmente soddisfatta dal vettore elettrico; per tale motivo non sarà approfondita in questa nota.

Il presente documento include anche un ANNEX di approfondimento sull'evoluzione dei consumi dei data center. Ad oggi, infatti, queste tipologie di utenze, benché abbiano dei consumi paragonabili a un carico industriale, sono classificate all'interno dei consumi dei servizi nel settore civile.

¹ In riferimento ai bilanci Eurostat.



2

Principali sfide
nel settore civile



2. Principali sfide nel settore civile

I consumi energetici del settore civile, pari a circa 43 Mtep nel 2022, hanno rappresentato il 40% del totale dei consumi finali nazionali. La quota maggiore, 29 Mtep, è da imputare ai consumi nel sottosettore residenziale, dove l'utilizzo è principalmente per riscaldamento, acqua calda sanitaria (ACS) e, in misura più contenuta, per uso cucina.

La domanda di energia del settore civile è soddisfatta principalmente attraverso l'uso di combustibili di origine fossile (in primis gas naturale e in maniera minore da prodotti petroliferi), seguito da energia elettrica e bioenergie.

Negli ultimi 10 anni i consumi civili hanno registrato una progressiva e continua riduzione, in accordo con il miglioramento dell'efficienza energetica, a sua volta legata alla riqualificazione degli edifici, alla diffusione di sistemi di riscaldamento più efficienti (es: caldaie a condensazione e pompe di calore) e a ulteriori misure per il contenimento dei consumi (es: obbligo di contabilizzazione del calore).

I consumi del settore civile rimangono legati all'uso di gas naturale di origine fossile sia nel sottosettore residenziale, dove rappresenta il combustibile più utilizzato, che nel sottosettore terziario nel quale, al contrario, il vettore elettrico risulta predominante.

Nei prossimi 25 anni, stante la vigente legislazione europea e nazionale, l'obiettivo sarà quello di promuovere il miglioramento della prestazione energetica degli edifici e la riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra provenienti dagli edifici per conseguire un parco immobiliare a emissioni zero entro il 2050.

Il raggiungimento di questo obiettivo passa attraverso i) un piano ambizioso di riqualificazione energetica di tutto il parco edilizio esistente, ii) la costruzione di nuove abitazioni a zero emissioni e iii) la progressiva sostituzione dei combustibili fossili nei sistemi di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria con alternative a ridotte o zero emissioni.

Uno dei principali ostacoli riguarda, infatti, l'inefficienza energetica del patrimonio edilizio attuale che, pur essendo migliorato nel corso degli ultimi anni, per la maggior parte resta costituito da edifici costruiti prima dell'introduzione delle attuali normative in materia di efficienza (circa il 60% degli edifici ha più di 45 anni), rendendo necessario un ampio programma di riqualificazione energetica in accordo con gli indirizzi comunitari contenuti nella direttiva "Energy Performance Buildings".



Il miglioramento da un punto di vista energetico del patrimonio edilizio nazionale dovrà essere poi accompagnato da un lato dalla progressiva evoluzione tecnologica dei sistemi di riscaldamento e dall'altro dall'utilizzo di vettori energetici a zero emissioni. L'evoluzione tecnologica riguarderà principalmente la sostituzione della caldaia tradizionale alimentata con combustibili fossili con tecnologie di riscaldamento più efficienti, come ad esempio le pompe di calore elettriche, pompe di calore a gas o sistemi ibridi che integrano pompa di calore e caldaia a condensazione.

La disponibilità e l'adeguatezza di molteplici tecnologie disponibili sarà un fattore abilitante, in quanto permetterà di adottare la scelta più adeguata a decarbonizzare soluzioni abitative (monofamiliari, condomini, ...) estremamente differenti fra loro e dislocate in aree climatiche non uniformi. Assumono tuttavia uguale rilevanza anche altri aspetti, tra cui quelli infrastrutturali legati alla struttura degli edifici e degli ingombri degli apparecchi, quelli economici relativi alla disponibilità di capitali, di reddito ed alla proprietà dell'immobile, quelli sociali relativi alla zona di residenza, all'età ed alla propensione all'investimento.

Infine, la crescente disponibilità nei prossimi anni di vettori energetici a zero emissioni, come ad esempio biometano, biocombustibili o combustibili sintetici liquidi o gassosi prodotti con idrogeno verde, permetterà un graduale e progressivo abbandono dei combustibili fossili tradizionali.



3

Quadro normativo



3. Quadro normativo

3.1 Europeo

Il quadro normativo Europeo in merito alla decarbonizzazione del settore civile ruota attorno a tre elementi fondamentali: la riduzione delle emissioni di gas serra, l'aumento dell'efficienza energetica degli edifici e l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili. I principali riferimenti normativi a livello Europeo sono:

- **Green Deal Europeo (2019):** stabilisce l'obiettivo di rendere l'Europa il primo continente a emissioni zero entro il 2050. Il settore civile è quindi uno dei principali destinatari delle misure per ridurre le emissioni climalteranti attraverso l'efficienza energetica e l'utilizzo di fonti rinnovabili.
- **Renovation Wave Strategy (2020):** la Commissione Europea ha lanciato una strategia nel 2020 per accelerare la ristrutturazione energetica degli edifici in tutta Europa, in particolare gli obiettivi che si perseguono sono di almeno il raddoppio del tasso annuo di ristrutturazione energetica degli edifici residenziali e non residenziali entro il 2030 e lo stimolo ad intraprendere ristrutturazioni energetiche profonde.
- **Pacchetto "Fit for 55" (2021):** un insieme di Regolamenti e Direttive europee con carattere normativo vincolante a livello nazionale volte a ridurre le emissioni del 55% entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990.
- **RepowerEU (2023):** un piano strategico, pertanto non di carattere normativo, che definisce un piano d'azione a livello europeo con l'obiettivo di diversificare l'approvvigionamento energetico, accelerare la transizione verso energie pulite e promuovere l'efficienza energetica.

Nell'ambito del Fit for 55, sono state introdotte una serie di revisioni di Regolamenti e Direttive già in essere con impatto sul settore civile e con specifici obiettivi settoriali per il comparto edilizio ed i sistemi di riscaldamento. In particolare:

- **Renewable Energy Directive III – RED III (2023/2413):** rappresenta l'evoluzione della Renewable Energy Directive - RED II (2018) e stabilisce per il settore civile un obiettivo indicativo di penetrazione di fonti rinnovabili per raffrescamento e riscaldamento pari a 49% per il 2030. La Direttiva prevede un aumento graduale degli obiettivi rinnovabili per il riscaldamento e il raffrescamento, con target vincolanti di aumento della penetrazione di rinnovabili dello 0,8% annuo a livello nazionale fino al 2026 e dell'1,1% dal 2026 al 2030.
- **Direttiva sull'efficienza energetica – EED (2023/1791):** introdotta per la prima volta nel 2012, nell'ultima revisione stabilisce obiettivi di risparmio energetico a livello comunitario tramite un target obbligatorio di riduzione dei consumi energetici del 11,7% al 2030. Gli Stati membri, in particolare, saranno tenuti a ristrutturare ogni anno almeno il 3% della superficie totale degli immobili



di proprietà di enti pubblici e a ridurre i consumi finali del 1,9% a livello annuo.

- **Direttiva sulla prestazione energetica nell'edilizia – EPBD (2024/1275):** originariamente introdotta nel 2010 (2010/31/UE), nell'ultima revisione del 2024 è volta a migliorare l'efficienza energetica degli edifici nuovi ed esistenti, stabilendo requisiti minimi di prestazione energetica anche tramite l'introduzione del concetto di edifici a zero emissioni (ZEB – Zero Emission building) e di edifici nZEB (Nearly Zero-Energy buildings). La revisione dell'EPBD introduce obiettivi più ambiziosi per il miglioramento dell'efficienza degli edifici, prevedendo, tramite l'introduzione di target obbligatori, che il consumo medio di energia primaria dell'intero parco immobiliare residenziale di ogni Stato membro diminuisca del 16% entro il 2030 e del 20-22% entro il 2035 (rispetto ai valori del 2020). Infine, viene introdotto l'obbligo di includere nel piano nazionale di ristrutturazione degli edifici una tabella di marcia per l'eliminazione graduale dei combustibili fossili nel riscaldamento e nel raffrescamento entro il 2040 con una milestone intermedia al 1° gennaio 2025 relativa al divieto per gli Stati membri di incentivare le caldaie “stand alone” a combustibili fossili.
- **Effort Sharing Regulation (2023):** inizialmente adottata nel 2018 e poi modificata nel 2023, contiene target di riduzione delle emissioni per i settori non coperti dall'ETS, ovvero per il settore dei trasporti (esclusa l'aviazione), il settore civile, l'agricoltura, la piccola e media industria ed i rifiuti. L'ultima revisione prevede che l'Italia riduca le proprie emissioni del 43,7% entro il 2030 rispetto ai livelli del 2005.

Oltre alle Direttive e ai Regolamenti relativi al Fit for 55 di cui sopra, si evidenziano i seguenti ulteriori disposti:

- **Direttiva EU Energy labelling (2017/1369):** per la prima volta introdotta nel 1990, questa direttiva si è evoluta imponendo dapprima l'utilizzo obbligatorio di etichette energetiche per gli elettrodomestici e, successivamente, per tutti i prodotti energy-related, ovvero gli oggetti o sistemi che incidono sul consumo di energia durante l'uso. Nel 2017 l'utilizzo delle etichette si è trasformato nella creazione di un vero e proprio database Europeo di tutti i prodotti energy-related immessi sul mercato Europeo. L'obiettivo di queste direttive è quello di rendere consapevoli i consumatori e incentivarli a scegliere soluzioni più efficienti dal punto di vista energetico.



3.2 Nazionale

Per quanto riguarda la normativa nazionale in merito alla decarbonizzazione del settore civile, i provvedimenti nazionali si allineano e recepiscono gli obiettivi Europei.

Per favorire l'applicazione di queste normative e incentivare la transizione energetica del settore civile, il governo italiano ha introdotto diverse misure economiche, fra cui il Superbonus e il Conto Termico 3.0, in fase di aggiornamento, che tra le altre cose incentivano la sostituzione di caldaie obsolete con sistemi più efficienti come le pompe di calore e il solare termico.

Si segnalano anche i Contratti di Prestazione Energetica (EPC) che permettono alle pubbliche amministrazioni e ai privati di finanziare interventi di efficientamento energetico attraverso il risparmio generato.





4

Situazione attuale

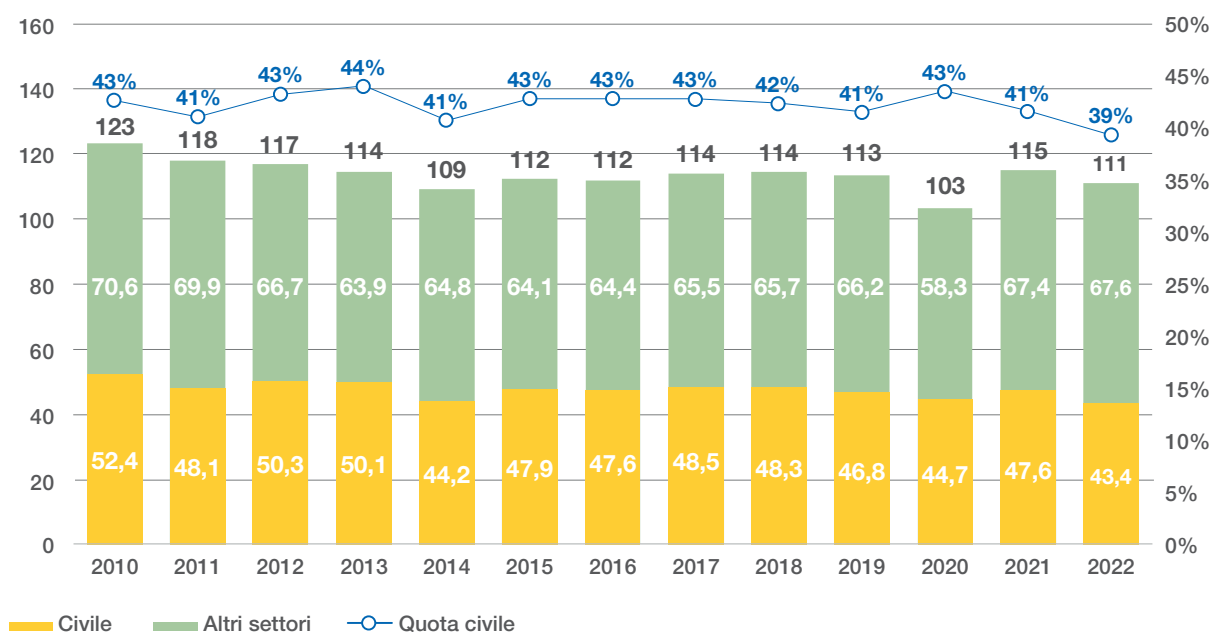


4. Situazione attuale

4.1 Il settore civile in Italia

Il settore civile italiano rappresenta una quota rilevante dei consumi finali e delle emissioni nazionali. Nel periodo 2010-2022, i consumi energetici del settore civile in Italia hanno mostrato un andamento pressoché stabile in termini di quota percentuale rispetto al consumo energetico totale nazionale, oscillando tra il 41% e il 44%, con un picco massimo del 44% registrato nel 2013. In termini assoluti, i consumi del settore civile sono passati da 52,4 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio (Mtep) nel 2010 a 43,4 Mtep nel 2022, evidenziando una progressiva e continua riduzione, con alcune fluttuazioni intermedie che sono giustificate dalla relazione dei consumi di questo settore, in particolare per la componente di riscaldamento, con l'andamento climatico e delle temperature invernali di ciascun anno.

Figura 1 Evoluzione consumi finali settore civile (escluso LULUCF)

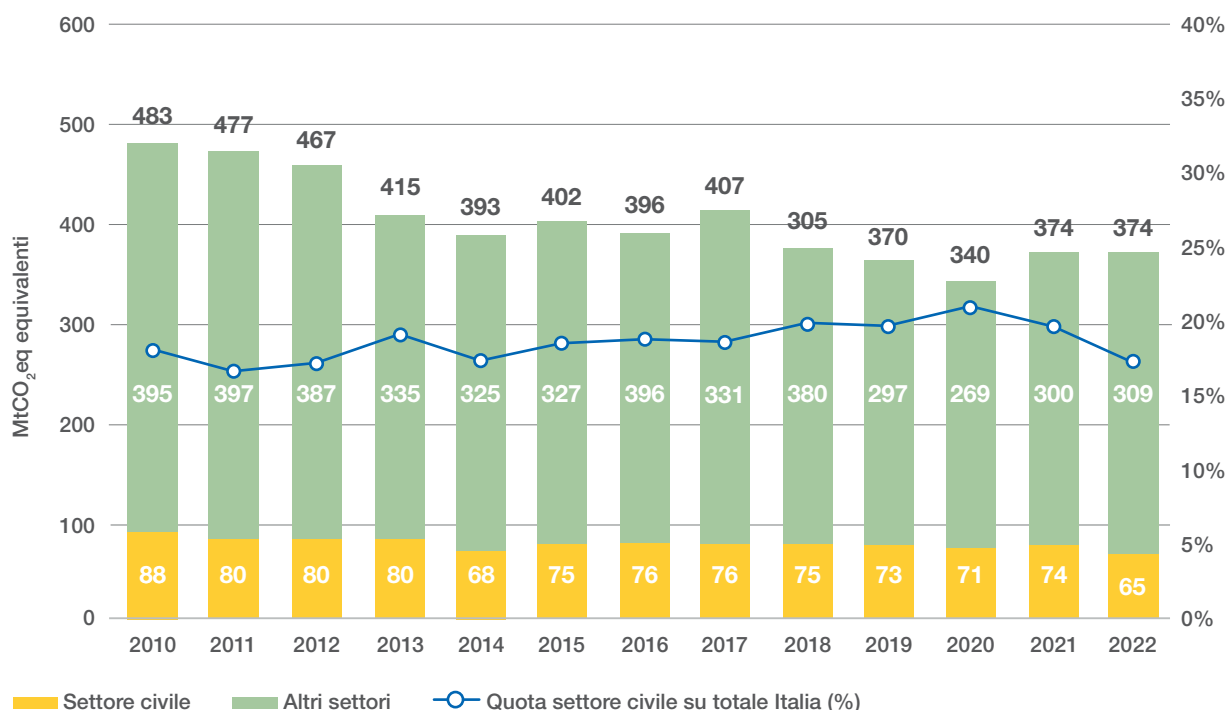




Il settore civile rappresenta circa il 19% delle emissioni di CO₂ nazionali, quota che è rimasta pressoché stabile dal 2010. In valore assoluto, le emissioni sono passate da 88 Mt CO₂ eq nel 2010 a 65 Mt CO₂ eq nel 2022; il sottosettore residenziale è responsabile di circa due terzi di tali emissioni, la quota rimanente deriva dal sottosettore terziario e dalla pubblica amministrazione. L'analisi del rapporto tra le emissioni e l'energia consumata dal settore mette in evidenza per il settore un fattore emissivo basso, abbastanza vicino a quello del gas naturale, caratterizzato dal fattore emissivo più basso tra i combustibili di origine fossile².

² L'utilizzo diffuso di gas naturale come combustibile per il riscaldamento, essendo la sua combustione priva di particolati, ha contribuito positivamente al rispetto dei limiti sul particolato (PM10) previsti dal D. Lgs. 155/2010 ed alla qualità dell'aria, soprattutto nelle città e nei centri abitati densamente popolati, contribuendo a limitare le "misure antismog" (es. giornate di stop al traffico).

Figura 2 Evoluzione emissioni settore civile (escluso LULUCF)





4.2 Consumi finali nel settore civile

La riduzione dei consumi nel settore civile descritta in 4.1 deriva da una serie di fattori tra cui: le politiche di efficienza energetica, gli incentivi alla riqualificazione edilizia, la crescente diffusione di pratiche di risparmio energetico e l'aumento della consapevolezza ambientale da parte delle famiglie e degli operatori del terziario.

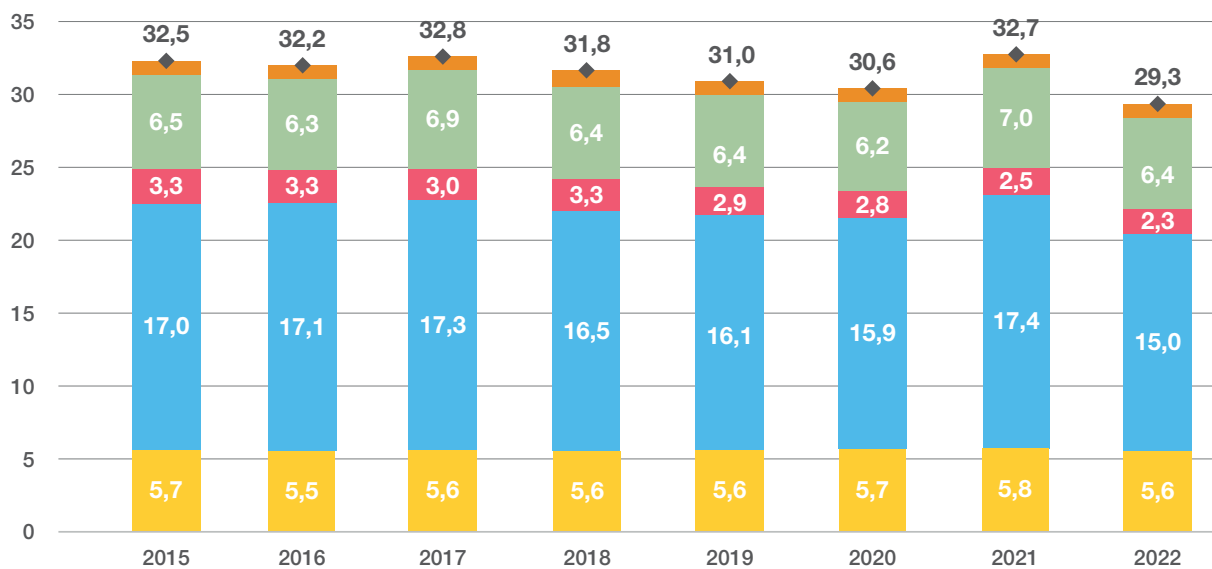
Nel sottosettore residenziale, in particolare, i consumi totali sono passati da 32,5 Mtep nel 2015 a 29,3 Mtep nel 2022, con il gas naturale come vettore predominante. L'elettricità ha mantenuto una presenza costante nel periodo, attorno ai 5,5-5,7 Mtep, mostrando una lieve ripresa nel 2022 (5,6 Mtep). Analogamente, le biomasse e altre FER si sono mantenute stabili (da 6,5 Mtep nel 2015 a 6,4 Mtep nel 2022), mentre i liquidi (es. gasolio per riscaldamento) hanno subito una graduale riduzione, coerente con l'abbandono di tecnologie alimentate con questi vettori. Il consumo di calore, legato a sistemi di teleriscaldamento, ha un peso marginale, ma che si è mantenuto costante.

Nel sottosettore terziario i consumi si sono mantenuti complessivamente stabili nel tempo, oscillando tra i 14,2 e i 16,5 Mtep. A differenza del residenziale, il vettore predominante è l'elettricità, che ha coperto oltre il 50% dei consumi totali nel periodo analizzato. Essa è passata da 7,9 Mtep nel 2015 a 8,2 Mtep nel 2022, confermando un ruolo centrale e crescente, coerentemente con la natura dei servizi per cui è prevalentemente utilizzata (illuminazione, informatica, climatizzazione). Il gas naturale rappresenta il secondo vettore in termini di consumi finali, ridottosi negli anni da 6,5 Mtep nel 2015 a 5,0 Mtep nel 2022 in accordo con l'incremento dell'efficienza energetica. Il contributo delle biomasse è molto ridotto, e i consumi di liquidi e calore risultano marginali.

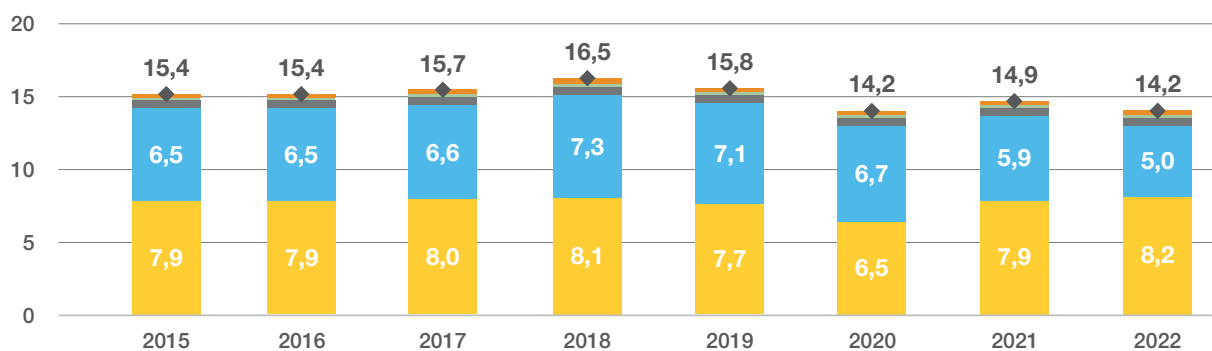


Figura 3 Consumi finali per vettore

Residenziale (Mtep)



Terziario (Mtep)



Calore derivato Biomassa e altre FER Liquidi Gas naturale Elettricità ◆ Totale



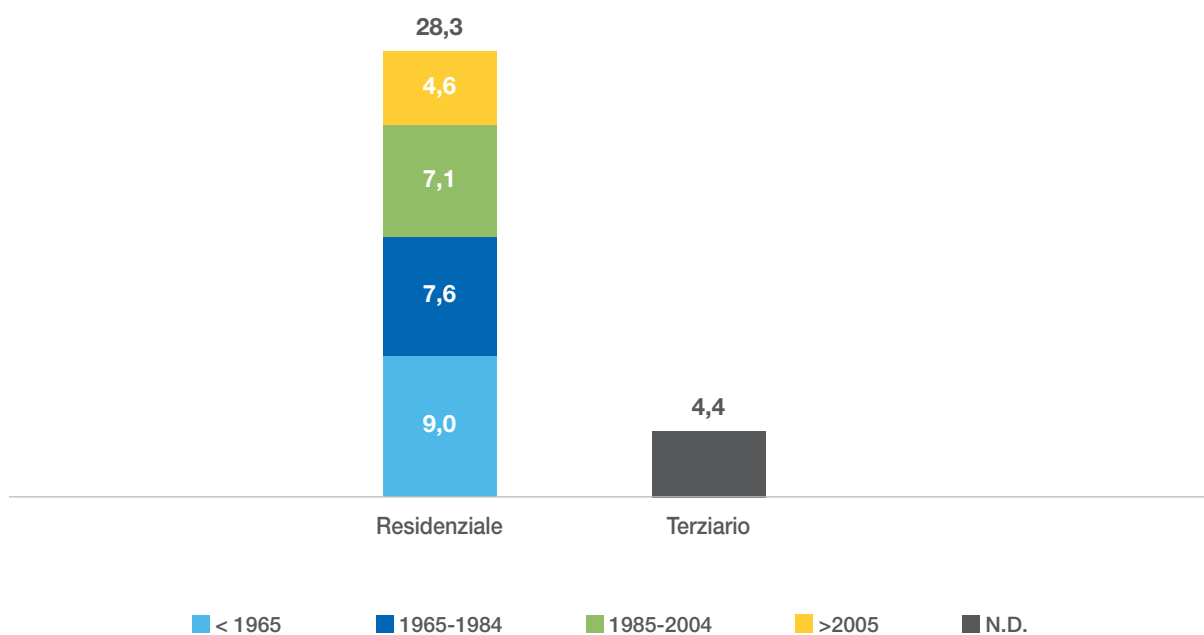
4.3 Il parco edilizio

Il parco edilizio del settore civile italiano, che comprende sia gli edifici residenziali sia quelli ad uso terziario, è caratterizzato da edifici piuttosto vetusti con immobili che spesso sono stati costruiti prima dell'entrata in vigore delle normative in materia di efficienza energetica (Legge 373/76).

Il parco immobiliare italiano ha una domanda di calore media stimata in 120 KWh/m². Le abitazioni più vecchie costruite prima del 1984, che costituiscono circa il 60% del parco, sono quelle che risultano meno efficienti e con domanda specifica di calore più elevata, circa 140 KWh/m², mentre quelle più recenti hanno una domanda di calore inferiore che scende fino a 80 KWh/m² per le abitazioni costruite dopo il 2005.

Figura 4 Consistenza del parco Immobiliare e domanda di calore per metro quadro

Consistenza parco immobiliare (edifici dotati di sistema di riscaldamento)
per periodo di costruzione (mln di un.imm.)



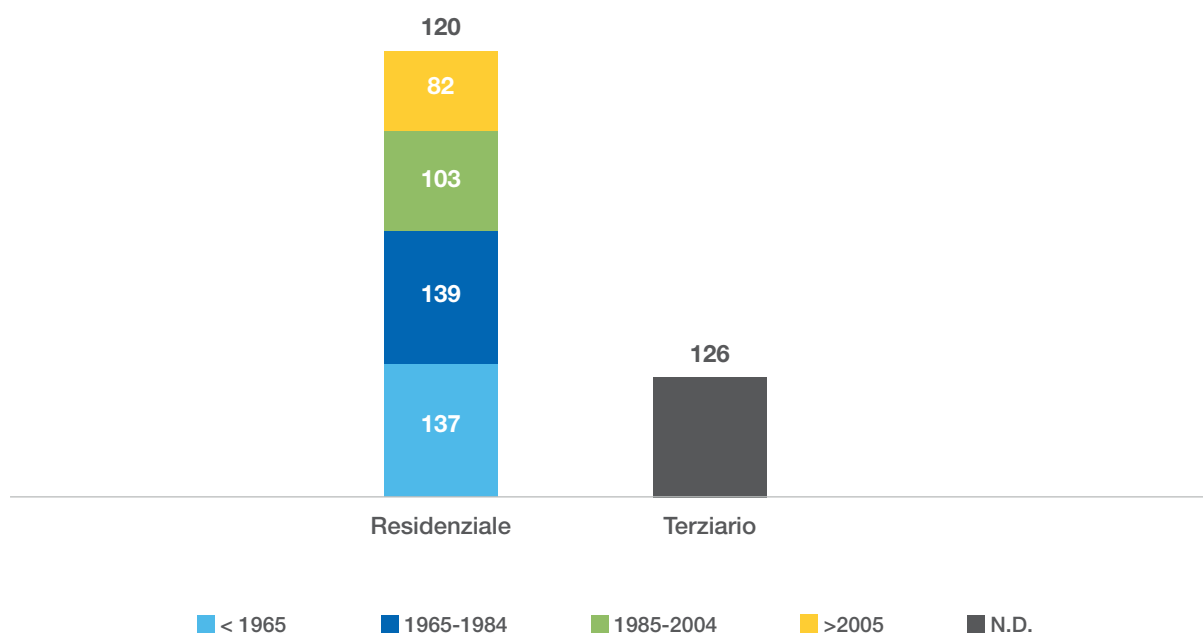


Anche per il sottosettore terziario, che conta circa 4,4 milioni di edifici, la domanda di calore per metro quadro è simile a quella del parco residenziale, ed è stata stimata in 126 KWh/m².

La vetustà degli edifici italiani comporta, in molti casi, una bassa prestazione energetica e, di conseguenza, un elevato consumo energetico.

Negli ultimi anni, tuttavia, la crescente attenzione verso la sostenibilità ambientale e le normative europee recepite anche a livello nazionale, hanno innescato un processo di transizione volto a migliorare l'efficienza energetica degli edifici. In questo contesto, sono stati avviati e promossi numerosi interventi di riqualificazione edilizia che hanno permesso l'adozione di tecnologie e strumenti per ridurre le dispersioni termiche e, al contempo, di integrare fonti rinnovabili.

Domanda di calore per m² per periodo di costruzione (kWh/m²)



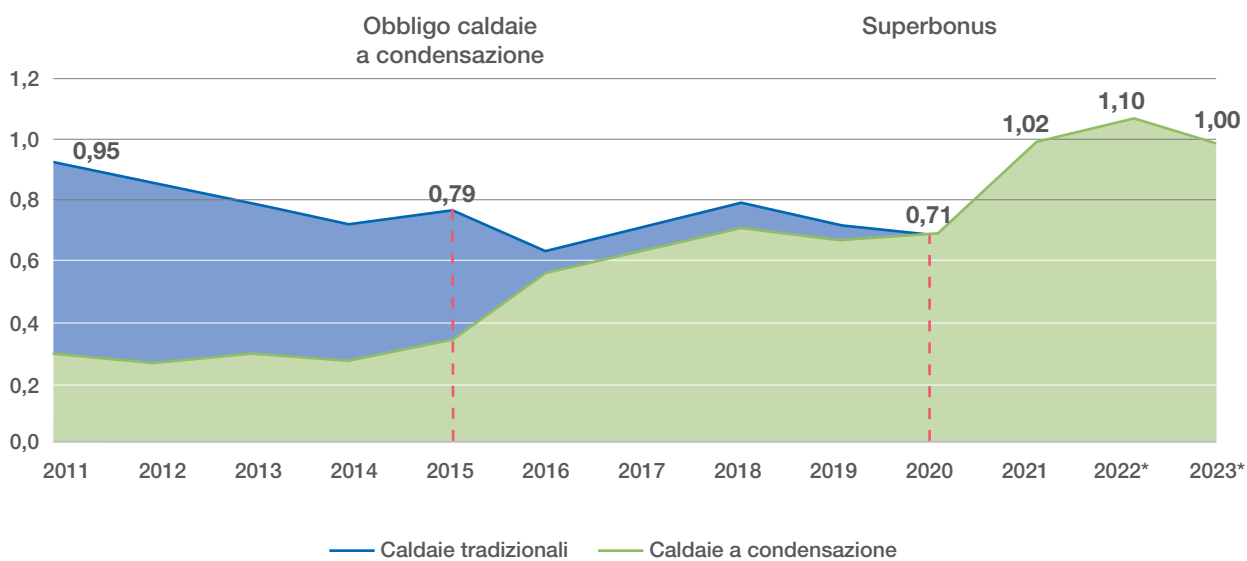
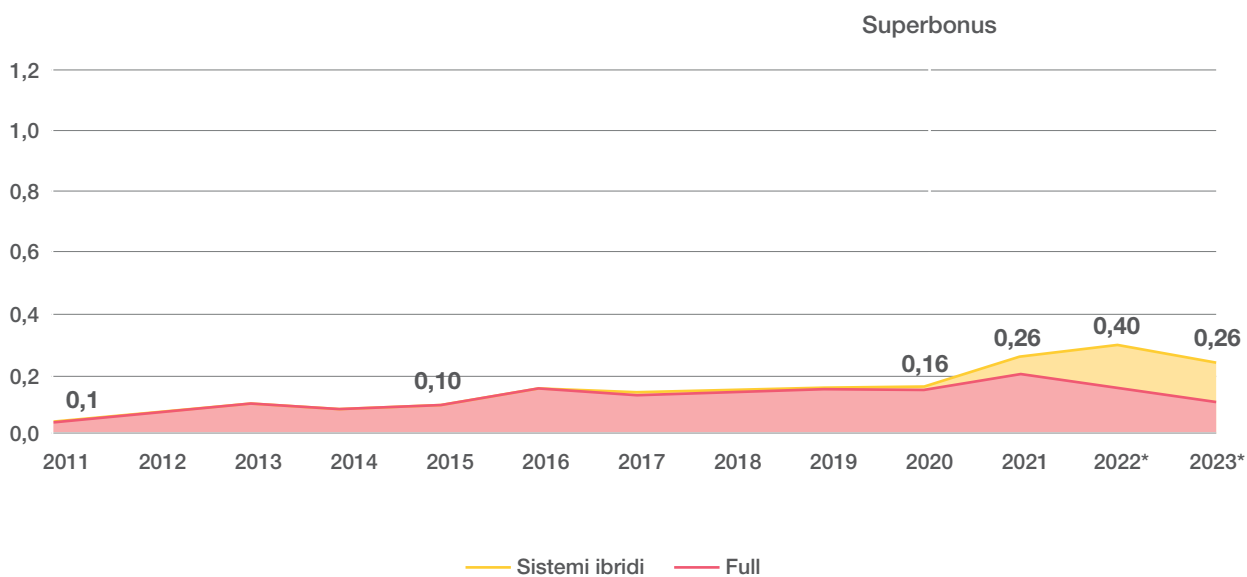


4.4 Le tecnologie in uso

Le caldaie e le pompe di calore rappresentano, a oggi, le tecnologie maggiormente utilizzate per il riscaldamento del settore civile.

Per quanto riguarda le caldaie, c'è stata una progressiva sostituzione tecnologica delle caldaie tradizionali con le caldaie a condensazione dal 2015, in concomitanza dell'entrata in vigore dell'obbligo normativo di installare esclusivamente caldaie a condensazione nei nuovi impianti o in caso di sostituzione. A seguito di questa normativa, e dei sistemi incentivanti conseguenti, le caldaie a condensazione sono diventate la tecnologia principale in termini di installazioni annue.

Relativamente alle pompe di calore utilizzate come fonte principale di riscaldamento, le nuove installazioni annue sono rimaste contenute fino al 2018. Dal 2020, grazie al Superbonus, si osserva una moderata crescita soprattutto dei sistemi full electric affiancate dai sistemi ibridi che combinano pompa di calore e caldaia a condensazione. Con il superamento degli incentivi previsti dal Superbonus, i tassi di installazione delle pompe di calore e delle caldaie a condensazione hanno mostrato un trend in contrazione.


Figura 5 Consistenza caldaie e pompe di calore (Fonte ENEA)
Installazioni annue caldaie (mln)

Installazioni annue pompe di calore come fonte di riscaldamento primario (mln)




5

Evoluzione
del settore al 2040



5. Evoluzione del settore al 2040

5.1 Il Documento di Descrizione degli Scenari 2024

Il Documento di Descrizione degli Scenari (nel seguito DDS 2024), pubblicato nel 2024, rappresenta il risultato delle attività svolte da Snam e Terna ai sensi delle delibere 654/2017/R/eel e 689/2017/R/gas. Il DDS 2024 contiene gli scenari energetici di riferimento propedeutici alla predisposizione dei Piani di Sviluppo (PdS) delle reti di trasmissione e di trasporto nei settori dell'energia elettrica e del gas naturale a livello nazionale.

In questo contesto Terna e Snam hanno sviluppato scenari per l'orizzonte temporale 2030 – 2040, in particolare il documento contiene:

- Scenari che raggiungono i target di *policy*:
 - al 2030 uno scenario PNIEC Policy (coerente con il PNIEC³ pubblicato a giugno 2024)
 - al 2035 e al 2040 due scenari in linea con l'obiettivo net zero 2050 e con gli scenari elaborati a livello europeo dagli ENTSOs (ENTSO-E e ENTSG)⁴.
- Scenari contrastanti (elaborati al fine di valutare l'impatto delle infrastrutture pianificate su scenari differenti come richiesto dalla regolazione vigente):
 - al 2030, 2035 e 2040 uno scenario PNIEC Slow, rappresentativo di una transizione più lenta (rispetto agli scenari di policy) verso i target di decarbonizzazione.

Per quanto riguarda l'anno target 2040, il DDS 2024 ha elaborato due ipotesi di evoluzione del sistema energetico: Distributed Energy Italia (DE-IT) e Global Ambition Italia (GA-IT) che sono coerenti alle storyline degli analoghi scenari elaborati a livello europeo dagli ENTSOs.

Maggiori informazioni e dettagli sono presenti all'interno del DDS 2024, disponibile sui siti di Snam e Terna. I seguenti paragrafi illustrano brevemente lo sviluppo del settore civile negli scenari contenuti nel DDS 2024, ovvero nell'orizzonte temporale 2030 – 2040, rappresentando un punto di partenza per l'evoluzione del settore civile nel decennio seguente.

³ Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) inviato dal MASE e dal MIT alla Commissione Europea il 30/06/2024, declinando a livello nazionale gli obiettivi dei pacchetti legislativi europei "Fit-for-55" e "RepowerEU".

⁴ Relativamente agli scenari ENTSOs (pubblicati a fine maggio in versione draft) sono state considerate le informazioni più aggiornate disponibili durante la realizzazione del presente DDS 2024.

5.2 Evoluzione del parco edilizio

La transizione energetica nel settore civile è un processo già in atto che nei prossimi 15-25 anni dovrà subire una ulteriore accelerazione per poter



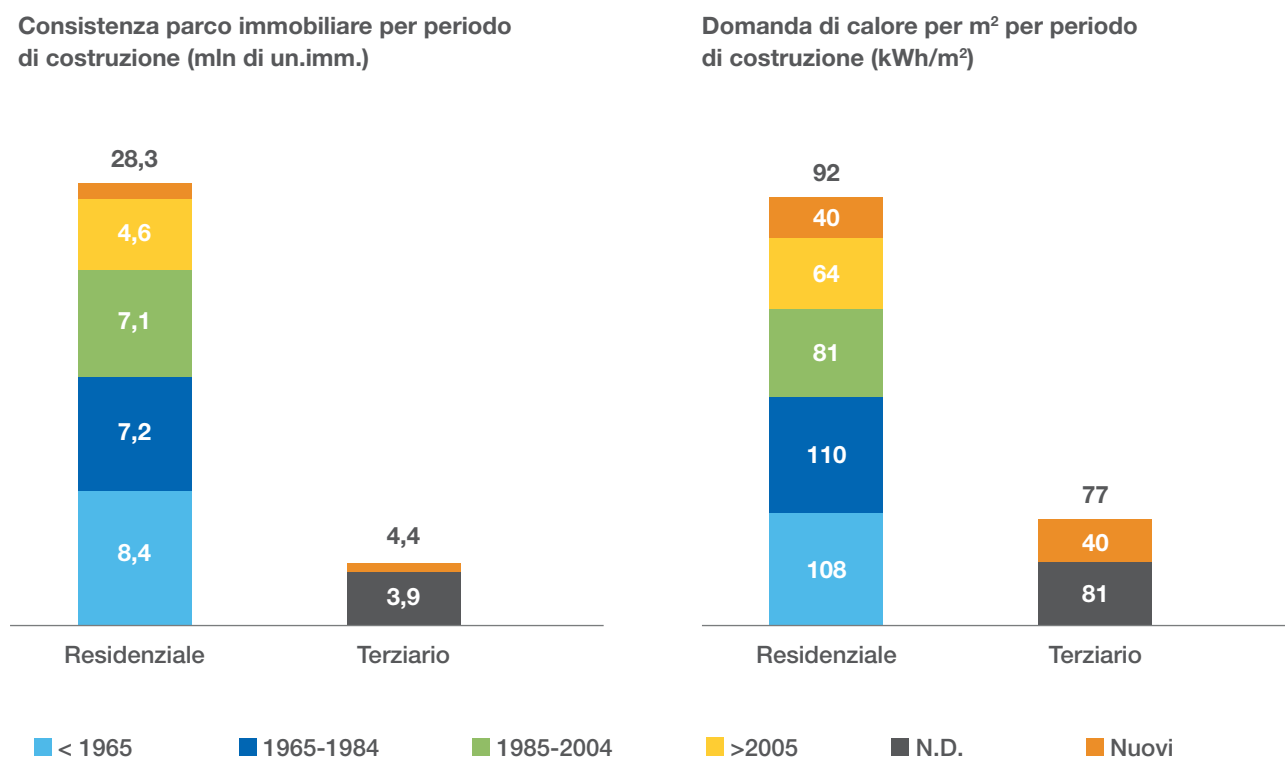
raggiungere gli obiettivi di lungo termini imposti dalla normativa.

Tale percorso include, da un lato, la necessità di un'ampia riqualificazione energetica del parco immobiliare italiano e, dall'altro, l'adozione di tecnologie in grado di soddisfare la domanda di climatizzazione degli ambienti (heating & cooling) in modo più efficiente, riducendo sia i consumi sia le emissioni locali.

Negli scenari elaborati da Snam e Terna, i tassi di ristrutturazione sono stati assunti pari allo 0,3% fino al 2030 e oltre l'1% nel decennio 2030 – 2040, in modo da raggiungere i target di riqualificazione previsti dalle policy dell'Unione Europea. In termini di efficienza energetica si è assunto che tali interventi riducano del 75% la domanda di energia di ciascuna abitazione ristrutturata. Queste assunzioni portano a raggiungere una domanda media di calore per metro quadro che scende a 92 kWh/m² nel 2040.

Anche per il sottosettore terziario si considera un percorso di efficientamento del parco edilizio con una domanda specifica di calore che scende a 77 kWh/m². Di seguito i grafici di dettaglio che proiettano il parco immobiliare e la domanda specifica di calore al 2040.

Figura 6 Consistenza del parco Immobiliare e domanda di calore per metro quadro (2040)

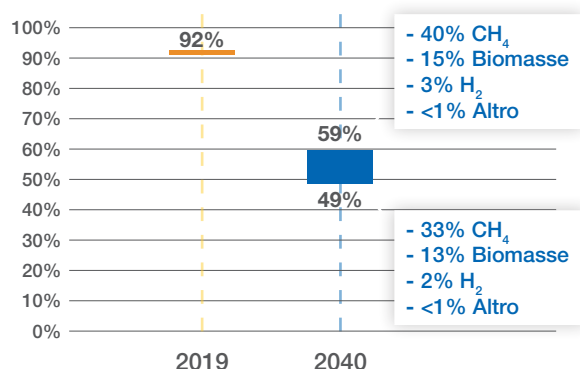


5.3 Evoluzione delle tecnologie in uso

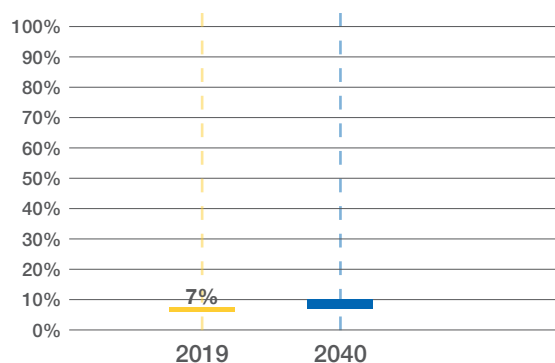
Le traiettorie di evoluzione del parco edilizio sottendono anche una evoluzione dei sistemi di riscaldamento installati. Si assume che tutte le abitazioni di nuova costruzione siano dotate di pompa di calore e che, anche nel caso di ristrutturazione profonda, la soluzione tecnologica di riscaldamento preferibile sia sempre la pompa di calore. Ne consegue che, al 2040, lo share delle pompe di calore salga arrivando a coprire quasi il 50% dell'installato. Le più diffuse risultano essere le pompe di calore elettriche, (inclusi i sistemi ibridi che accoppiano PdC elettrica e caldaia) seguite dalle pompe di calore a gas (CH_4 e H_2).

Figura 7 Penetrazione tecnologie 2019-2040, settore residenziale

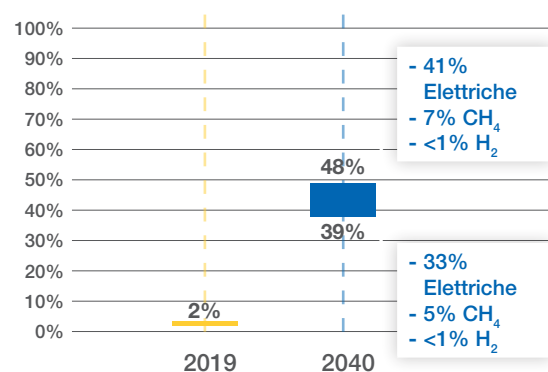
Boilers



Teleriscaldamento



Pompe di calore



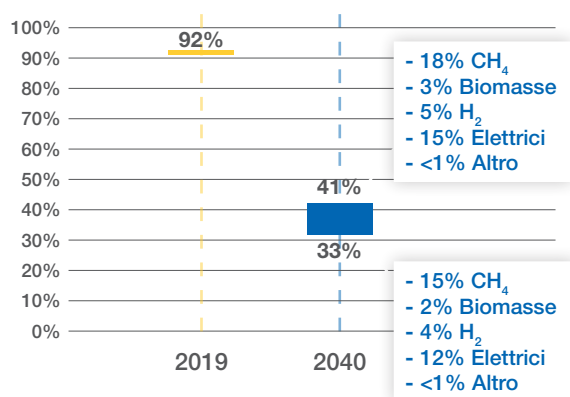


Il ruolo del teleriscaldamento è assunto pressoché costante nel sottosettore residenziale, e in crescita nel terziario, dove potrebbe essere una soluzione adeguata soprattutto per le grandi aree commerciali e i centri/quartieri direzionali e dei servizi.

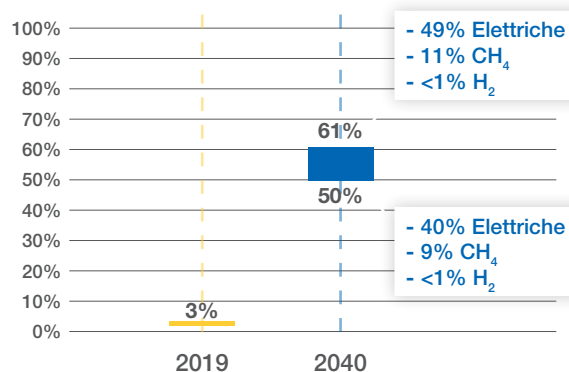
Nei grafici che seguono sono riportati per il sottosettore residenziale e per il terziario i dettagli della penetrazione percentuale nel 2019 e nel 2040 delle caldaie, delle pompe di calore e del teleriscaldamento.

Figura 8 Penetrazione tecnologie 2019-2040, settore terziario

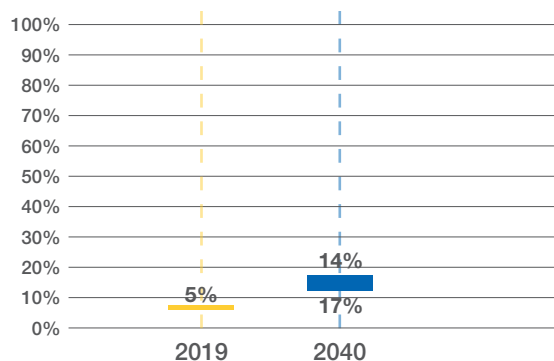
Boilers



Pompe di calore



Teleriscaldamento





5.4 Evoluzione dei consumi finali

I grafici che seguono mostrano l'evoluzione dei consumi finali del settore civile derivanti dalla riqualificazione energetica e dalla evoluzione tecnologica descritte nei paragrafi precedenti.

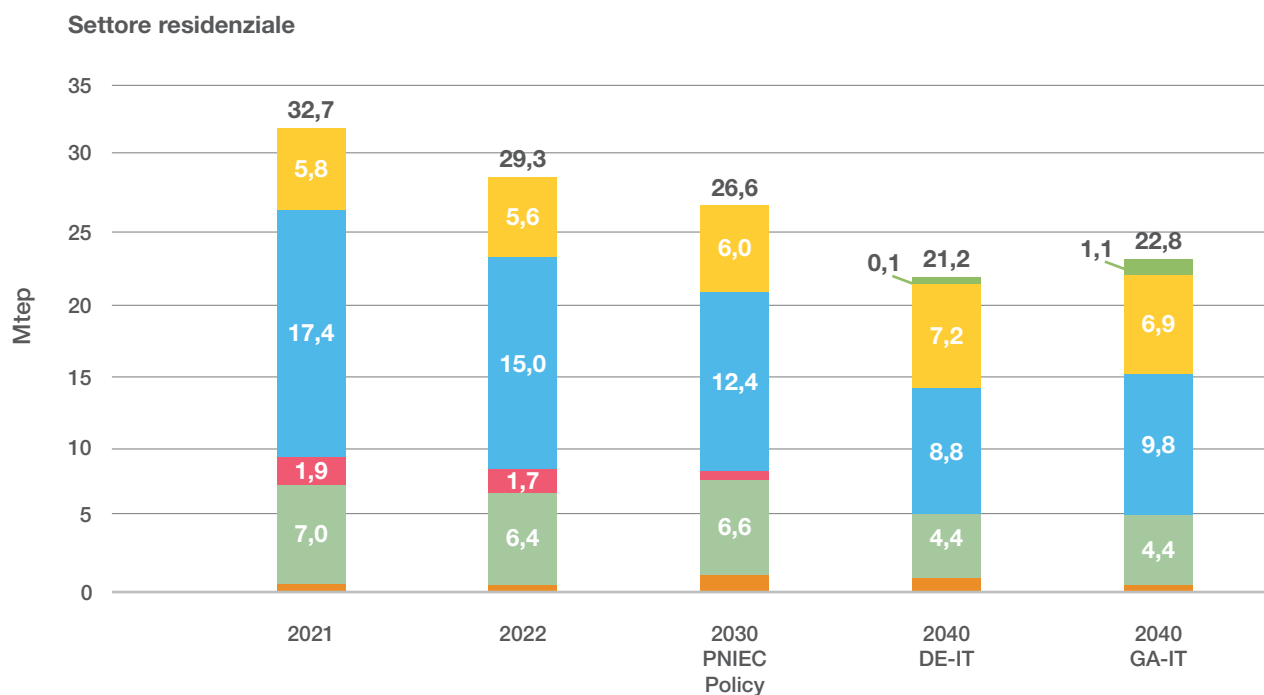
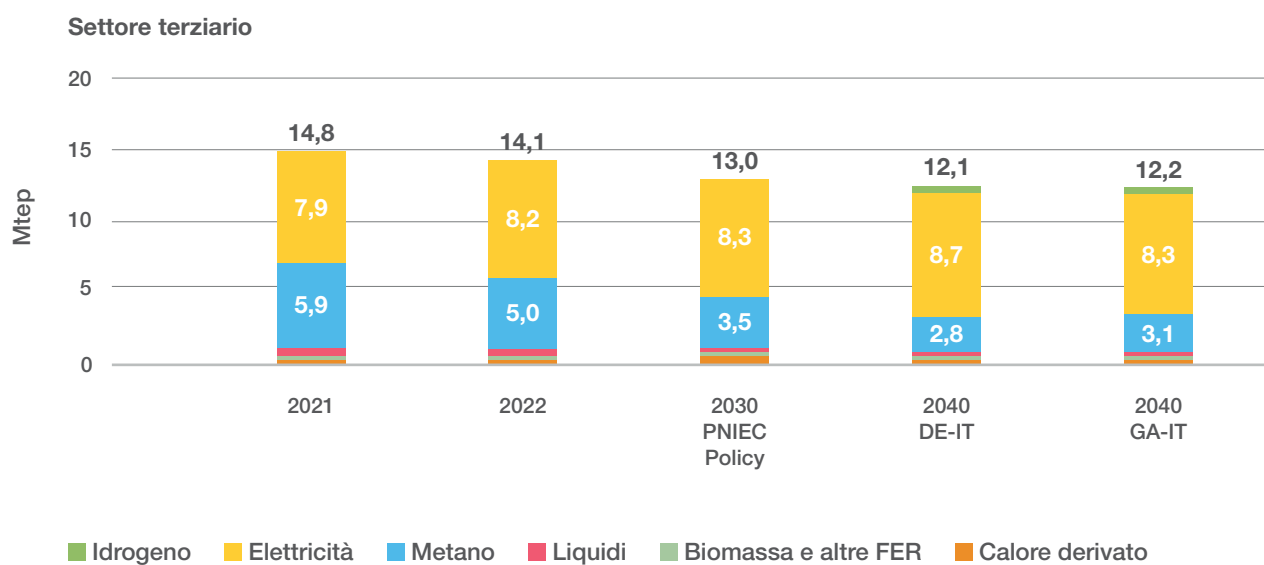
Il settore civile, nella sua totalità, vede una riduzione notevole dei consumi finali (circa 14 Mtep), passando da 47,5 Mtep del 2021 a 33,3 Mtep e 35 Mtep rispettivamente negli scenari DE-IT e GA-IT 2040.

Il mix dei vettori utilizzati subisce una serie di cambiamenti, tra cui si osserva la contrazione dei consumi di metano che passa complessivamente da 23,3 Mtep del 2021 (pari al 50% del mix energetico del settore) a circa 12 Mtep al 2040 (pari al 35% del mix energetico) per la riduzione della quota di gas naturale, solo in parte compensata dalla crescita del consumo di biometano. Al 2040, il settore civile vede un consumo di gas naturale tra gli 11,6 Mtep nel DE-IT e i 12,9 Mtep nel GA-IT, una penetrazione di biometano più limitata, pari a circa 3,2 Mtep e una quota marginale per il vettore idrogeno.

Nell'orizzonte 2040 si osserva una progressiva crescita dei consumi di elettricità, che passano da 13,7 Mtep nel 2021 a circa 15,9 Mtep al 2040 nello scenario DE-IT al 2040 grazie alla penetrazione delle pompe di calore elettriche. La domanda di calore derivato rimane pressoché costante.

Per quanto riguarda i combustibili liquidi e le biomasse, si ipotizza una contrazione nei consumi finali grazie a misure di efficientamento energetico e cambio tecnologico; resta invece pressoché costante il ruolo del calore derivato.

Di seguito i grafici di evoluzione dei consumi per il sottosettore residenziale e per il terziario.


Figura 9 Evoluzione dei consumi finali (DDS 2024), settore residenziale

Figura 10 Evoluzione dei consumi finali (DDS 2024), settore terziario




6

Sintesi interazione
con rappresentanti
di settore



6. Sintesi interazione con rappresentanti di settore

Come anticipato nel capitolo iniziale, per elaborare la presente nota tecnica Snam e Terna hanno incontrato e intervistato un panel di soggetti considerati rappresentativi del settore provenienti da associazioni e istituzioni di riferimento. Nel caso specifico della presente nota, sono stati consultati:

- Assotermica;
- Assoclina;
- AIEL (Associazione Italiana Energie Agroforestali);
- AIRU (Associazione Italiana Riscaldamento Urbano);
- Proxigas;
- RSE;
- ENEA.

Quanto emerso dalle interviste e dai materiali resi disponibili dai soggetti indicati è stato poi analizzato e valutato da Snam e Terna ai fini della realizzazione della presente nota.

Gli elementi emersi, a cui prestare maggiormente attenzione, per la costruzione di traiettorie del sistema energetico italiano al 2050, sono stati:

- la complessità di un quadro normativo di riferimento in continua evoluzione e soggetto a interpretazioni diverse, anche per la necessità di un recepimento nazionale di alcune norme europee ancora in corso, e per le ipotesi di riformulazione attualmente al vaglio sempre in ambito comunitario;
- la necessità di considerare come le scelte future non saranno orientate solo da aspetti di carattere tecnologico, ma anche economico, sociale e infrastrutturale;
- con particolare riferimento agli aspetti di carattere economico, è stata evidenziata la necessità di considerare nelle valutazioni i costi infrastrutturali, l'impatto del meccanismo "European Emission Trading System 2" ETS2 nel settore e le condizioni socioeconomiche delle famiglie che impatteranno sulle scelte future dei consumatori in materia di efficientamento dei consumi energetici.

Tra le tecnologie a maggiore potenziale nel processo di transizione sono state



individuare:

- le pompe di calore elettriche, la cui diffusione è sostenuta da progressi tecnologici e da una crescente capacità produttiva nazionale;
- le pompe di calore a gas come possibile alternativa alle caldaie tradizionali ed alle pompe di calore elettriche;
- le soluzioni ibride, che integrano pompe di calore e caldaie a gas ad alta efficienza, ritenute particolarmente adatte a favorire una transizione graduale, sia sotto il profilo tecnico sia economico.

Sono stati inoltre evidenziati i contributi alla decarbonizzazione che potranno derivare dall'utilizzo di combustibili rinnovabili in sostituzione dei combustibili di origine fossile. Attenzione è stata posta in tale ambito all'utilizzo dei gas rinnovabili, soprattutto del biometano come risorsa che garantisce una completa sostituibilità con il gas naturale di origine fossile.

In parallelo, sono stati segnalati anche i vantaggi delle pompe di calore geotermiche, in particolare per applicazioni nel teleriscaldamento.

Per la realizzazione dell'ANNEX 1, inoltre, è stata consultata l'Italian Association Datacenter (IDA). Dallo scambio è emerso principalmente quanto segue:

- i principali driver che guidano lo sviluppo dei data center sono la diffusione dell'Intelligenza Artificiale e del Cloud Computing;
- le attuali richieste di connessione (più di 40 GW) non riflettono realisticamente le esigenze degli operatori;
- da un punto di vista energetico il settore si sta muovendo verso i) un aumento dell'efficienza (misurata tramite criteri come il PUE⁵), ii) il recupero del calore prodotto e iii) l'utilizzo di energie rinnovabili o comunque soluzioni a zero emissioni (nucleare, idrogeno verde,...).

⁵ Power Usage Effectiveness
- che misura il rapporto tra l'energia consumata dal data center e l'energia utilizzata specificatamente dall'equipaggiamento IT (server, storage, dispositivi di rete, etc.)



7

Tecnologie chiave
per la decarbonizzazione
del settore



7. Tecnologie chiave per la decarbonizzazione del settore

Il settore civile può contare su un numero piuttosto consistente e variegato di soluzioni tecnologiche che ne supportino la decarbonizzazione, sia nel breve periodo che nel lungo termine. Le principali tecnologie che verranno approfondite in questo capitolo e caratterizzate da un grado di maturità tecnologica sufficientemente elevato sono:

- pompe di calore elettriche
- pompe di calore a gas
- caldaie a condensazione a gas verdi
- sistemi ibridi
- teleriscaldamento.

Nel lungo termine, anche la microcogenerazione, a oggi poco diffusa, potrebbe fornire un contributo alla decarbonizzazione del settore civile.

7.1 Pompe di calore elettriche

Principio di funzionamento

Le pompe di calore elettriche sono delle tecnologie ad alto rendimento in grado di trasferire calore da una sorgente a bassa temperatura (aria, acqua o suolo) a una sorgente a temperatura più alta. Funzionano grazie a un ciclo termodinamico in cui un fluido refrigerante (R134 A, R32, CO₂, R290 i principali) evapora assorbendo calore dalla sorgente fredda, viene poi compresso, utilizzando elettricità, per aumentarne la temperatura, e, durante la fase di condensazione, cede il calore alla sorgente calda. Infine, il fluido si espande e il ciclo ricomincia. Tali tecnologie possono essere utilizzate sia per riscaldare sia, invertendo il ciclo, per raffreddare.

È possibile distinguere le pompe di calore in funzione della tipologia di sorgenti utilizzate. Le principali sono:

- aria-aria: trasferimento di calore tra l'aria esterna e l'aria presente in un ambiente interno da climatizzare;



- aria-acqua: trasferimento di calore tra l'aria esterna e il sistema idrico di un impianto termico (es. radiatori, pannelli radianti, ecc.);
- acqua-acqua: trasferimento di calore tra una sorgente idrica esterna (es. falde acquifere, laghi, fiumi) e il sistema idrico di un impianto termico;
- geotermica (terreno-acqua): trasferimento di calore tra il sottosuolo e il sistema idrico di un impianto termico.

Parametri tecnici

- COP ed EER⁶ per varie tipologie
 - Aria-Aria COP 3.9 – EER 3.2
 - Aria-Acqua (P≤35 kW) COP 4.1 – EER 3.0
 - Aria-Acqua (P>35 kW) COP 3.8 – EER 2.9
 - Acqua-Acqua COP 5.1 – EER 3.4
 - Geotermica (terreno-acqua) COP 4.0 – EER 3.5
- Vita Utile: 15-20 anni
- Taglie: da 1 kW a 50 kW per usi residenziali, diverse centinaia di kW per grandi edifici a scopo non residenziale (uffici, centri commerciali, etc.)
- Alimentazione: energia elettrica

Principali vincoli all'utilizzo

Le pompe di calore elettriche rappresentano una soluzione per il riscaldamento e il raffrescamento civile già oggi applicabile a molte soluzioni abitative. La tecnologia offre già oggi ottimi risultati in termini di efficienza e prestazioni, con margini di ulteriore futuro miglioramento.

L'impatto ambientale⁷ in termini emissivi delle pompe di calore dipende esclusivamente dal mix energetico nazionale con cui viene prodotta l'elettricità che alimenta questi sistemi; di conseguenza, un mix di generazione elettrica totalmente rinnovabile renderebbe questa tecnologia a emissioni zero.

⁶ Coefficiente di prestazione in modalità riscaldamento (COP) calcolato come rapporto tra potenza termica resa (kW) e potenza elettrica assorbita (kW). Indice di efficienza in modalità raffrescamento (EER) calcolato come rapporto tra potenza frigorifera resa (kW) e potenza elettrica assorbita (kW). Valori di COP ed EER minimi (Decreto Requisiti Minimi del 6 agosto 2020 (Allegato F) e Decreto Legislativo 199/2021), considerati per avere accesso agli incentivi Ecobonus e Conto Termico; fanno riferimento alle condizioni di prova definite nelle norme UNI EN 14511.

⁷ Non è preso in esame l'emissione dei fluidi refrigeranti.



Ogni tecnologia di pompa di calore identificata nel paragrafo precedente ha una serie di vantaggi e svantaggi tecnici quali

<i>Tipologia</i>	<i>Vantaggi</i>	<i>Limiti</i>
Aria- Aria	Rapida installazione e costo contenuto rispetto ad altre tecnologie a pompa di calore	• Efficienza ridotta a basse temperature esterne. • Nessuna produzione di ACS.
Aria-Acqua	• Possibilità di produrre ACS (acqua calda sanitaria). • Compatibilità con impianti idronici esistenti (es. radiatori).	• Efficienza ridotta a basse temperature esterne. • Difficoltà nel raggiungere alte temperature (>60°C) tipiche dei radiatori ad acqua.
Acqua-Acqua	• Alta efficienza stagionale (temperatura della sorgente esterna stabile). • Possibilità di produrre ACS (acqua calda sanitaria). • Compatibilità con impianti idronici esistenti (es. radiatori).	• Disponibilità di sorgenti idriche. • Costi di installazione elevati • Regolazione della re-immissione dell'acqua nella sorgente.
Geotermica	• Efficienza elevata e costante tutto l'anno. • Possibilità di produrre ACS (acqua calda sanitaria). • Compatibilità con impianti idronici esistenti (es. radiatori).	• Costi di installazione elevati. • Necessità di perforazioni nel terreno (soggette ad iter autorizzativi)

Esistono, tuttavia, alcuni punti di attenzione relativi all'implementazione di questi sistemi:

- la compatibilità con gli impianti di riscaldamento esistenti nel caso di impianti ad acqua;
- la compatibilità edilizia dei motori esterni delle macchine.

Gli aspetti abilitanti per favorire lo sviluppo delle pompe di calore elettriche sono:

- lo sviluppo di tecnologie ad acqua in grado di raggiungere le temperature di esercizio tipiche degli impianti radianti per minimizzare le opere di rifacimento;
- lo sviluppo di meccanismi di ottimizzazione dell'utilizzo delle macchine in funzione della produzione fotovoltaica o dei prezzi dell'elettricità.

Stato tecnologia

Disponibile per commercializzazione ed utilizzo.



7.2 Pompe di calore a gas e biometano

Principio di funzionamento

Le pompe di calore a gas sono dispositivi che utilizzano il gas naturale e il biometano (o in alternativa il GPL e, in prospettiva, l'idrogeno e il metano sintetico) come fonti di energia per trasferire calore da una sorgente a un ambiente da riscaldare, oppure, in modalità reversibile, da raffreddare.

Esistono due principali tipologie di pompe di calore a gas, con principi di funzionamento diversi:

- pompe di calore a compressione: utilizzano un motore a gas per azionare un compressore;
- pompe di calore a gas ad assorbimento: sfruttano l'energia termica generata da un bruciatore a gas (generatore) per alimentare un ciclo termodinamico senza la presenza di un compressore.

Le pompe di calore a gas a compressione adoperano gas refrigeranti tradizionali (R134a, R410A, R290, CO₂) in un ciclo termodinamico avviato dalla combustione di gas naturale producendo contemporaneamente sia energia termica che energia meccanica. Il compressore viene azionato direttamente dall'energia meccanica prodotta dal motore a gas, mentre il calore prodotto dal motore viene recuperato e utilizzato per produrre acqua calda.

Nelle pompe di calore ad assorbimento, il generatore permette il trasferimento di calore a una coppia di fluidi in una soluzione: un refrigerante (soluto) e un assorbente (solvente). Il calore prodotto dalla combustione del gas fa evaporare il soluto dal solvente, separando così i due fluidi. La combinazione e la separazione della coppia di fluidi hanno come effetto una variazione di pressione, svolgendo così il ruolo tradizionalmente affidato al compressore. Le combinazioni più comuni della coppia di fluidi refrigerante-assorbente sono acqua-bromuro di litio o ammoniaca-acqua, a seconda che si prediliga una maggiore efficienza per il riscaldamento o un più ampio intervallo di temperature, operando in condizioni di temperature particolarmente basse o per usi associati alla refrigerazione.

*Parametri tecnici⁸**Pompe a Compressione*

- Efficienza energetica, GUE⁹: 1,5 - 2,0
- Vita Utile: 15 anni
- Taglie: da 5 kW a oltre 100 kW
- Temperatura minima di funzionamento: fino a -20°C
- Tempo di avviamento: rapido (< 1 min)
- Capacità modulante: 30-100%

Pompe ad assorbimento

- Efficienza energetica, GUE: 1,4 - 1,7
- Vita Utile: 15 anni
- Taglie: da 35 kW a oltre 100 kW
- Temperatura minima di funzionamento: fino a -15°C
- Tempo di avviamento: alcuni minuti
- Capacità modulante: 50-100%

Principali vincoli all'utilizzo

L'efficienza energetica elevata (riducendo il consumo di energia primaria) anche a basse temperature (sotto -10°), la possibilità di integrazione con impianti di riscaldamento esistenti e il loro utilizzo in modalità reversibile (per raffrescamento) rende le pompe di calore a gas una tecnologia di interesse. Per contro, le pompe di calore a gas richiedono un adeguato sistema di ventilazione, necessario per la combustione del gas e un maggiore spazio, in particolare quelle ad assorbimento a causa della presenza di generatori termici e componenti aggiuntivi. L'adozione di soluzioni adattate all'alimentazione con idrogeno (verde), in blending e, a tendere, in forma pura, rappresenta una frontiera tecnologica percorribile, a patto che vengano adeguati i bruciatori, i materiali e le normative di sicurezza. Una maggiore attenzione alla progettazione compatta, e all'integrazione con la domotica potrà favorire l'espansione di questa tecnologia al 2030 e al 2050.

8 Fonti: IRENA ([link](#)); IEA ([link](#)), JRC EU ([link](#)), WLGA (World Liquefied Gas Association, [link](#)); Journal of Building Engineering "Absorption and compression heat pump systems for space heating and DHW in European buildings: Energy, environmental and economic analysis", Marzo 2018 ([link](#))

9 Gas Utilization Efficiency: indicatore che misura l'efficienza di utilizzo di una pompa di calore a gas determinato dalla quantità di energia termica utile fornita dalla pompa di calore rispetto all'energia contenuta nel gas consumato. La variabilità dell'efficienza delle pompe di calore dipende pertanto dalle diverse condizioni operative in base alle condizioni ambientali (temperature esterne più o meno rigide), all'uso di tecnologie più o meno avanzate

Stato tecnologia

Disponibile per commercializzazione ed utilizzo quando applicata al gas naturale (o biometano).

7.3 Caldaie a condensazione a gas verdi

Principio di funzionamento

Le caldaie a condensazione sono dispositivi per il riscaldamento che, rispetto alle caldaie tradizionali, recuperano il calore latente presente nei fumi di combustione prima che questi vengano dispersi in atmosfera. Il processo di recupero del calore avviene attraverso la condensazione del vapore acqueo contenuto nei fumi, permettendo uno scambio termico con il fluido da scaldare (tipicamente acqua) incrementandone l'efficienza energetica complessiva.

A livello tecnologico gli sviluppi esplorati dal mercato per questa tecnologia



riguardano tre ambiti:

- evoluzione sistema di combustione;
- soluzioni di ottimizzazione del recupero di calore post-combustione;
- adozione di gas rinnovabili, in particolare biometano e idrogeno.

Riguardo al primo e al secondo ambito, le soluzioni tecnologiche sono quasi tutte già a un livello di maturità tecnologica avanzato. In particolare, sono in fase di studio (i) bruciatori catalitici che permettono un abbassamento della temperatura di fiamma nella camera di combustione con una conseguente riduzione di NOx nei gas combusti, e (ii) sistemi multi-scambiatori (incremento del numero di stadi per lo scambio termico), in modo da recuperare in maniera ancor più efficiente il calore dai gas combusti e aumentare il rendimento energetico complessivo.

Più rilevante per il lungo periodo riguarda l'adattamento di questa tecnologia a nuovi combustibili basati su molecole pulite come il biometano (o metano sintetico) e l'idrogeno.

Per quanto riguarda il biometano, essendo le attuali caldaie a condensazione dispositivi che adottano il gas naturale, uno switching verso questo combustibile non comporta modifiche.

Nel caso dell'idrogeno, invece, le nuove caldaie a condensazione sono già progettate per poter funzionare con miscele contenenti fino al 20% di H₂ in volume con il gas naturale. Diversamente, l'utilizzo di idrogeno puro richiede alcuni necessari accorgimenti tecnologici specificamente progettati per l'utilizzo in purezza di questo combustibile. In particolare:

- bruciatori dedicati e materiali anticorrosione avanzati (acciaio con specifici trattamenti al titanio) per aumentare la resistenza alla condensa acida;
- valvole di regolazione (e di sovrappressione) per una gestione precisa della portata di H₂ nella camera di combustione e
- sensori di perdite gas ai fini di aumentare la sicurezza in ambiente domestico.

Le caldaie a condensazione hanno un rendimento maggiore rispetto alle tradizionali caldaie, che deriva dalla capacità di recuperare il calore latente contenuto nel vapore acqueo dei fumi prodotti durante la combustione. Il vapore, condensando nello scambiatore di calore, cede energia termica per riscaldare l'acqua del circuito. Più si riesce ad abbassare la temperatura dei fumi sotto il punto di rugiada, più vapore condensa, e più energia si recupera.

Tuttavia, il rendimento è fortemente legato alle caratteristiche chimico-fisiche del combustibile adottato. La combustione del biometano avviene a una temperatura di circa 1960 °C e produce più CO₂ e meno vapor acqueo (10-12%). Diversamente, la combustione dell'idrogeno produce solo vapor acqueo, ha una temperatura di fiamma più alta e una velocità di combustione maggiore rispetto al biometano. Inoltre, il punto di rugiada dei fumi (temperatura a cui iniziano condensare i fumi) è più alto nel caso dell'idrogeno rispetto all'uso del biometano. L'uso dell'idrogeno genera pertanto due effetti termodinamici contrapposti: da un lato i gas di scarico contengono più energia termica, dall'altro l'assenza della CO₂ riduce l'assorbimento del calore e quindi l'abbassamento della temperatura dei fumi fino al punto di rugiada, inficiando in parte la capacità



di recuperare il calore latente e traducendosi in una perdita in efficienza rispetto all'uso del biometano.

Parametri tecnici¹⁰

	<i>Biometano</i> <i>(e/o gas naturale)</i>	<i>Idrogeno</i>
Rendimento utile (su PCI)	105 – 109%	93 – 97%
Emissioni NO _x	25 – 50 mg/kWh	60 – 100+ mg/kWh*
Vita attesa (anni)	12 – 15	Da validare (>10 stimati)
Taglia termica (kW)	Variabile, da 10-24 kW fino a 36-70 kW	Variabile, da 10-24 kW fino a 36-70 kW
Taglie disponibili	10 – 100 kW	Fino a 50 kW (oggi)
Temperatura di fiamma	~1.960 °C	~2.040 °C
Punto di rugiada dei fumi di combustione	55–57 °C (10-12% vol H ₂ O)	60–65 °C (vol H ₂ O ~ 100°)

Principali vincoli all'utilizzo

Le caldaie a condensazione rappresentano la principale alternativa a combustione alle esistenti caldaie gas tradizionali (non più installabili), soprattutto in caso di sostituzione per guasto, in quanto presentano un ingombro simile alle caldaie tradizionali e non necessitano modifiche al sistema di riscaldamento.

Nel lungo periodo, le versioni H₂-ready alimentate esclusivamente a idrogeno, potranno essere abilitate dallo sviluppo in sinergia della filiera idrogeno e di una rete di trasporto e distribuzione nazionale adatta. Lo switching verso questo combustibile può essere favorito a partire da un suo uso in blending in percentuali crescenti (fino al 20%) con il gas naturale (o biometano) prima di passare a un suo utilizzo esclusivo. Permangono, infatti, alcuni aspetti tecnici da superare circa l'utilizzo in purezza dell'idrogeno quali l'adattamento tecnico dell'impianto (bruciatori, valvole, materiali, sensori sicurezza), gli elevati costi iniziali (capex) e un rendimento più basso. Altro aspetto rilevante per le caldaie a condensazione alimentate ad H₂ riguarda la gestione degli NOx: la combustione dell'idrogeno, infatti, avendo una temperatura di fiamma più elevata, può generare ossidi di azoto (NOx) con il rischio di superamento dei limiti europei sulle emissioni. Per tutti i motivi evidenziati, la ricerca si sta indirizzando verso lo sviluppo di bruciatori a pre-miscelazione profonda (low-NOx), bruciatori catalitici che abbassano la temperatura di picco di fiamma e sistemi EGR (ricircolo gas combusti, simili a quelli utilizzati nel settore automobilistico).

¹⁰GSSE, ENEA CIB (Consorzio Italiano Biogas): banche dati Hydrogen Europe – “Report on hydrogen-readiness of gaseous fuels distribution infrastructure and heating technologies in Europe” ([link](#)) EHI (European Heating Industry) reports 2022–2024 ([link](#))



Stato tecnologia

- Gas Naturale/ biometano – disponibile per commercializzazione ed utilizzo;
- Idrogeno – in sviluppo.

7.4 Sistemi ibridi

Principio di funzionamento

I Sistemi ibridi sono dispositivi in grado di lavorare come una pompa di calore (elettrica) quando non viene richiesto un elevato carico energetico (tipicamente in condizioni climatiche non particolarmente fredde) e in grado di passare a caldaia gas (a condensazione) nel momento in cui sono richiesti dei picchi energetici. Rappresenta una tecnologia particolarmente performante poiché in grado di ottimizzare le caratteristiche prestazionali delle due tecnologie di cui è composto il sistema.

Di particolare interesse, gli esiti dello studio ENEA¹¹ condotto nel 2020 circa l'impiego di sistemi ibridi in due configurazioni: con pannelli radianti a bassa temperatura (35 °C) e con radiatori a media temperatura (45 °C). In generale i test effettuati dimostrano l'efficacia nel contenere i consumi e favorire la decarbonizzazione, in particolare in edifici esistenti non pienamente compatibili con sistemi a solo funzionamento elettrico.

¹¹ Analisi sperimentale e confronto tra le prestazioni di sistemi ibridi in edifici ad alta efficienza ottenute con controlli tradizionali e avanzati; https://www2.enea.it/it/Ricerca_sviluppo/documenti/ricerca-di-sistema-elettrico/adp-mise-enea-2019-2021/tecnologie-efficienza-ri-spamio-edifici/report-rds_ptr_2020_139.pdf

Parametri tecnici¹²

	Configurazione temperatura mandata 35°C	Configurazione temperatura mandata 45°C
COP dichiarato (a 7°C)	3,2 - 3,4	2,9 - 3,2
COP medio	2,5 - 2,9	2,3 - 3,1
Tempo funzionamento caldaia	6% - 15%	10% - 15%
Consumo elettrico annuo medio	550 - 650 kWh	620 - 700kWh
Consumo gas caldaia medio	60 - 120 m³/anno	80 - 140 m³/annuo
Taglia media sistema ibrido	6 - 24 kW	6 - 24 kW
Vita media	15 anni	15 anni

¹² ENEA – Analisi sperimentale e confronto tra le prestazioni di sistemi ibridi; GSE – Conto Termico: impianti ibridi a pompa di calore www.gse.it



Principali vincoli all'utilizzo

Lo sviluppo su larga scala dei sistemi ibridi è attualmente limitato da una serie di fattori tecnici, economici e infrastrutturali. L'integrazione di due generatori richiede regolazioni intelligenti e aumenta la complessità impiantistica e manutentiva. I costi iniziali di installazione sono mediamente più alti rispetto a soluzioni tradizionali e vi sono potenziali vincoli legati all'ingombro, soprattutto in appartamenti o piccoli edifici. La resa delle pompe di calore può ridursi significativamente in presenza di terminali ad alta temperatura, rendendo necessario un maggiore contributo della caldaia.

Nonostante queste criticità, per il 2050 ci si attendono significative evoluzioni: la progressiva adozione nelle caldaie dell'uso del biometano e, potenzialmente, di idrogeno, abilita questa tecnologia alla decarbonizzazione il settore civile. Infatti, sebbene non si immagini una diffusione pervasiva dell'idrogeno nelle reti di distribuzione, in prospettiva l'idrogeno potrà essere utilizzato in reti locali o in grandi impianti centralizzati che si trovino adiacenti a distretti industriali o "hydrogen valleys" dove tale vettore è già presente per altri usi (energetici e non energetici). Inoltre, l'evoluzione dei sistemi di controllo e la diffusione delle smart grid potranno consentire di ottimizzare la gestione tra energia elettrica e gas, massimizzando l'efficienza stagionale del sistema. I sistemi ibridi possono essere adatti alla riqualificazione energetica degli edifici esistenti, soprattutto in presenza di radiatori tradizionali.

L'utilizzo di questa tecnologia applicata nel sottosettore terziario richiede alcuni specifici accorgimenti, dovuti principalmente alla necessità di adattare le curve climatiche a cicli on/off tipici del terziario. L'introduzione di logiche di controllo evolute (rispetto a regolazioni tradizionali on/off) potrà promuovere un miglioramento nei consumi e sulle performance di funzionamento di questo sistema.

Stato tecnologia

Disponibile per commercializzazione ed utilizzo.

7.5 Teleriscaldamento

Principio di funzionamento

Il teleriscaldamento è un sistema centralizzato per la distribuzione di calore destinato al riscaldamento di edifici e alla produzione di acqua calda sanitaria. Il sistema si compone di:

- una o più centrali termiche;
- una rete di distribuzione a doppia tubazione (mandata e ritorno);
- sottostazioni di scambio presso le utenze;
- eventuali accumuli termici (giornalieri e stagionali).



L'acqua calda viene generata in centrale e trasportata attraverso la rete primaria verso gli edifici serviti, dove uno scambiatore trasferisce il calore al circuito interno. Il sistema consente l'integrazione di diverse fonti energetiche: cogenerazione, calore residuo industriale, biomasse, geotermia, solare termico e impianti WTE (Waste-to-Energy).

Parametri tecnici

Tecnologia	Efficienza [%] ¹³	Emissioni [tCO ₂ /MWh] ¹⁴	Vita Utile [anni] ¹⁵
Cogenerazione	≈85 - 90	0.20 - 0.25	~30
Calore residuo industriale	≈90	≈0	~20
Biomasse	80 - 90	≈0	20-25
Geotermia	≈100	≈0	30+
WTE	50 - 80	~0,25	25 - 30
Solare termico	40 - 50	0	20 - 25

Un tema cruciale per misurare l'efficienza della cogenerazione è la distinzione sulla natura del calore utilizzato: in alcuni casi si tratta di uno scarto che verrebbe altrimenti perso, in altri di un efficientamento che richiede comunque un diverso utilizzo dell'energia primaria. Nel secondo caso è necessario includere anche gli altri risultati utili che risultano in competizione con il calore. Per la cogenerazione, per le biomasse (caldaie o cogeneratori) e per il WTE si intende come energia primaria quella legata al potere calorifico inferiore del combustibile. Per il solare termico e per la geotermia, si considerano rispettivamente l'irraggiamento incidente e l'energia del fluido geotermico estratto al netto dell'elettricità necessaria per il pompaggio. Per gli impianti che recuperano il calore industriale residuo, si considera come energia primaria il calore recuperato al punto di scarto.

Principali vincoli all'utilizzo^{16,17,18}

Il teleriscaldamento è una tecnologia che presenta un'alta efficienza energetica in quanto permette di avere una produzione centralizzata del calore attraverso impianti di grandi dimensioni ottimizzati tecnologicamente. I vantaggi aumentano ulteriormente quando si considerano gli impianti di teleriscaldamento accoppiati a recupero di cascami di calore da siti industriali (specialmente con cogenerazione o calore di scarto). In tal senso il teleriscaldamento è una tecnologia che favorisce efficienza, è integrabile con fonti rinnovabili (in particolare quando applicata alla geotermia, alle biomasse o al solare), favorendo in ultima analisi la riduzione delle emissioni civili. Tuttavia, ci sono alcuni elementi che ne possono limitare la

¹³ENEA - Impostazione di strumenti di calcolo e predisposizione di test per lo studio di soluzioni di teleriscaldamento efficiente.

¹⁴ISPRA - Inventario nazionale delle emissioni 2023. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

¹⁵Guidehouse per Commissione Europea – "Decarbonisation pathways for the EU building sector" (2022).

¹⁶GSE - Rapporto sul teleriscaldamento e teleraffrescamento 2021. Gestore dei Servizi Energetici (GSE).

¹⁷Guidehouse per Commissione Europea – "Decarbonisation pathways for the EU building sector" (2022).

¹⁸Sito Associazione Italiana Riscaldamento Urbano.



diffusione, tra cui il più rilevante è legato alla difficoltà nella realizzazione delle reti di teleriscaldamento e il maggior costo dovuto alla distanza elevata tra gli eventuali poli industriali che forniscono il calore di recupero ed i punti di distribuzione del calore stesso. A questi si associano gli elevati costi per geotermia e Waste To Energy (capex) e per le biomasse (opex) e l'intermittenza stagionale nel caso del solare (che richiede quindi l'installazione di accumuli).

Ciò nonostante, per questa tecnologia ci sono prospettive di sviluppo atteso che riguardano soprattutto distretti industriali o nuovi quartieri residenziali dove siano possibili¹⁹:

- l'espansione reti a bassa temperatura, compatibili con FER e pompe di calore;
- la valorizzazione calore residuo (industria, data center²⁰);
- lo sviluppo geotermia e solare termico con accumulo stagionale;
- l'applicazione di reti digitalizzate, efficienti, intelligenti;
- l'integrazione multi-sorgente per garantire resilienza, sostenibilità e competitività economica.

Stato tecnologia

Disponibile per commercializzazione ed utilizzo.

7.6 Altre tecnologie di possibile interesse

In aggiunta alle tecnologie menzionate nei paragrafi precedenti esistono ad oggi una serie di altre soluzioni di potenziale interesse che nell'ambito dell'interlocuzione con i riferimenti di settore non sono però emersi, come, ad esempio, la microcogenerazione.

Il principio di funzionamento è quello di un motore primo (generalmente a combustione interna o una microturbina) alimentato da un combustibile che genera energia elettrica, recuperando il calore residuo dei gas di scarico e del circuito di raffreddamento per riscaldare acqua destinata agli usi civili. Più recentemente sono al vaglio soluzioni tecnologiche che includono anche celle a combustibile (fuel cell), con alti rendimenti elettrici e basse emissioni grazie all'utilizzo di combustibili come l'idrogeno. La produzione simultanea di calore ed elettricità permette un miglior utilizzo dell'energia primaria rispetto alle tecnologie attualmente in uso. La microcogenerazione rimane al momento una tecnologia in fase di studio, ma che nel lungo periodo potrebbe portare un contributo alla decarbonizzazione del settore civile in contesti dove vi è un fabbisogno simultaneo e continuativo di energia termica ed elettrica (come strutture sanitarie, sociosanitarie, alberghi e/o centri sportivi) e nelle comunità energetiche, dove potrebbe operare in sinergia con fonti rinnovabili e sistemi di accumulo all'interno di microreti.

¹⁹IEA - District Heating

²⁰Il calore da data center, sebbene ancora marginale in Italia, è una fonte emergente con potenziale significativo.





8

Prospettive di sviluppo
al 2050



8. Prospettive di sviluppo al 2050

Come illustrato nei capitoli precedenti, la transizione energetica nel settore civile (che rappresenta circa il 40% dei consumi finali nazionali e circa il 19% delle emissioni nazionali) è un elemento imprescindibile per raggiungere gli obiettivi 2050, ma altrettanto sfidante e complesso.

Il settore civile, che comprende il residenziale e il terziario (che include a sua volta la pubblica amministrazione), è caratterizzato da un'eterogeneità di situazioni che rendono estremamente difficile, se non impossibile, definire un'unica strategia ottimale da seguire. La varietà di opzioni tecnologiche, la specificità delle costruzioni esistenti e le differenze delle zone climatiche sono solo alcuni degli elementi che concorrono all'impossibilità di definire una soluzione univoca.

Al contrario, i percorsi da seguire per raggiungere gli obiettivi 2050 sono molteplici e le soluzioni tecnologiche da adottare spesso complementari.

8.1 Prospettive di evoluzione del sottosettore residenziale

La decarbonizzazione del sottosettore residenziale richiede un approccio sistemico che si orienti su più linee d'azione: il miglioramento dell'isolamento termico degli edifici per ridurre le dispersioni di calore, la sostituzione dei serramenti con elementi a bassa trasmittanza, il rinnovamento degli impianti di riscaldamento e climatizzazione passando a soluzioni più efficienti e lo sviluppo di sistemi di controllo intelligenti che ottimizzino il consumo energetico.

Il rinnovamento degli impianti di riscaldamento è solo uno degli elementi che concorrono alla progressiva decarbonizzazione del sottosettore residenziale, tuttavia, ne rappresenta uno degli elementi fondamentali.

Di seguito è proposta un'analisi semplificata delle opzioni di sostituzione tecnologica dei sistemi di riscaldamento in due abitazioni tipo **con il solo e unico scopo di evidenziare la complessità del tema, le criticità associate e la numerosità di elementi che possono influenzare una scelta rispetto a un'altra.**

Estendendo l'analisi illustrata in 8.1.1 è possibile avere un'idea dei range di evoluzione dei diversi vettori energetici nel sottosettore residenziale a tecnologie e policy attuali.



L'analisi proposta nei paragrafi seguenti si focalizza sulla sostituzione di tecnologie per il riscaldamento autonomo, tuttavia, esistono anche forme di riscaldamento centralizzato a livello urbano o di quartiere come il teleriscaldamento, come approfondito nel paragrafo dedicato (7.5).

Secondo AIRU, il potenziale di sviluppo per il teleriscaldamento è piuttosto elevato²¹. Tuttavia, il servizio è attualmente presente in modo strutturale solo in tre grandi centri urbani (Milano, Torino e Brescia), mentre nel resto del Paese prevalgono reti medio-piccole, spesso limitate a quartieri o comuni minori. La diffusione su larga scala è ostacolata da barriere normative, scarsi incentivi economici, iter autorizzativi complessi e una carenza di pianificazione urbana integrata.

8.1.1 Metodologia e riferimenti adottati

Per analizzare i possibili processi di sostituzione dei sistemi di riscaldamento del parco residenziale sono stati seguiti i seguenti step:

1. Classificazione del parco residenziale italiano;
2. Per ogni classe individuata sono state ipotizzate diverse strategie di sostituzione dei sistemi di riscaldamento (sulla base delle tecnologie individuate nel Capitolo 7);
3. Per ogni strategia di sostituzione è effettuata un'analisi economica basata su una serie di ipotesi, fra cui il costo dei vettori energetici di riferimento e della CO₂.

Il costo dei vettori energetici di riferimento è una variabile molto complessa da determinare in ottica 2050, perché soggetta a elevate variabilità e incertezze legate all'evoluzione dell'intero sistema paese. Di conseguenza, ai fini dell'analisi, sono stati presi in esame tre differenti casi che sottendono a loro volta differenti ipotesi rispetto al costo dell'energia elettrica e del gas.

Classificazione del parco residenziale italiano

Come ampiamente discusso nei capitoli precedenti, il parco residenziale italiano è costituito da edifici piuttosto vetusti, più del 65% dei quali è stato edificato prima del 1980, prima, quindi, di tutte le normative in tema di efficienza energetica. Di conseguenza, in un orizzonte di lungo periodo, a prescindere dalla soluzione tecnologica adottata, sarà necessaria una riqualificazione del parco immobiliare esistente per garantire che la maggior efficienza delle nuove tecnologie adottate venga effettivamente accoppiata a una maggior efficienza dell'edificio stesso.

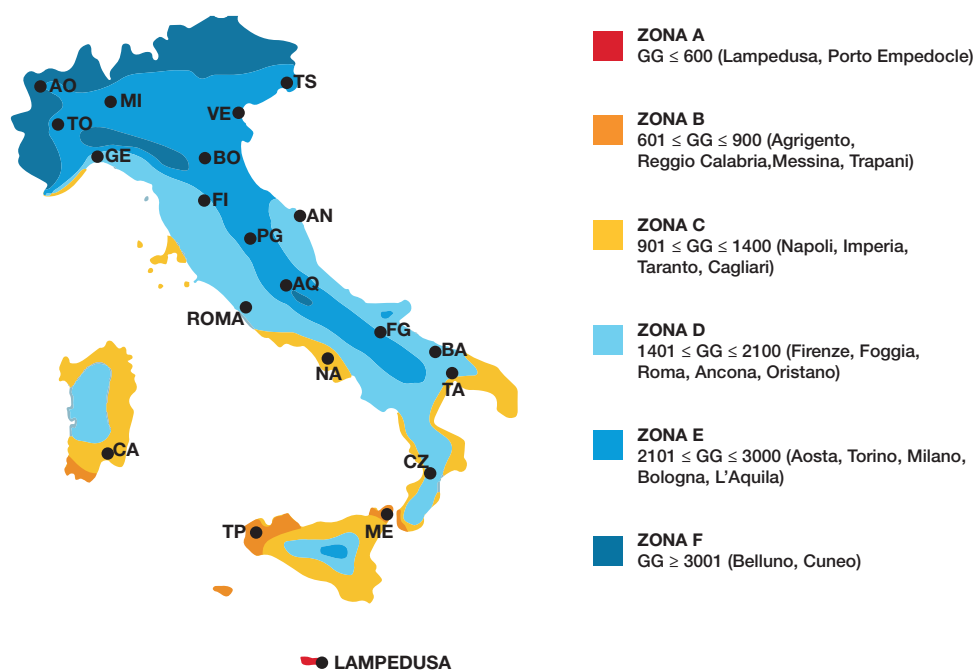
Dal punto di vista della consistenza del parco immobiliare italiano, questo può essere segmentato considerando, da un lato, la zona climatica (dalla più fredda, F, alla più calda A) e dall'altro la vetustà degli edifici.

²¹Elementi per AIRU - Il teleriscaldamento: efficienza e rinnovabili a servizio della decarbonizzazione, 2023

Tabella 1 Segmentazione percentuale delle abitazioni occupate in Italia (ISTAT)

Zona climatica	Periodo di costruzione				Totale
	<1960	1960-1980	1980-2000	>2000	
B	2%	3%	2%	1%	8%
C	5%	7%	5%	2%	19%
D	8%	9%	5%	2%	25%
E	15%	15%	9%	6%	46%
F	1%	1%	0%	0%	2%
Totale	31%	37%	20%	12%	

La maggior parte delle abitazioni occupate, oltre a essere piuttosto vetusta, si trova in zone climatiche miti o fredde (zone D ed E), richiedendo, quindi, un consumo energetico superiore.

Figura 11 Mappa delle zone climatiche in Italia



Il parco immobiliare italiano, sia nuovo che esistente, può ulteriormente essere segmentato dal punto di vista delle tipologie abitative: sono infatti presenti abitazioni mono e bifamiliari, circa un terzo del totale, e abitazioni in condomini, che rappresentano la quota maggiore.

Per le prime risulta, in una certa misura, più semplice fare ipotesi su interventi di riqualificazione edilizia e sostituzione tecnologica dato che, spesso, non sussistono vincoli spaziali (si ricorda la necessità di spazio aggiuntivo per l'installazione di pompe di calore a gas o elettriche) e che qualunque intervento di riqualificazione è legato alla singola unità familiare. Al contrario, interventi sui condomini possono risultare più complicati, sia dal punto di vista della necessità di spazio, sia dal punto di vista del numero di soggetti coinvolti per singolo intervento di riqualificazione (sostituzione infissi, cappotto termico).

Strategie di sostituzione dei sistemi di riscaldamento

Sulla base di tali segmentazioni possono essere fatte delle ipotesi sulla possibilità di conversione del sistema di riscaldamento delle singole abitazioni che tuttavia, si ricorda, è sicuramente influenzata da una molteplicità di elementi non sono solo legati ad aspetti economici, ma anche a fattori difficilmente quantificabili quali, ad esempio, la propensione dei singoli utenti al cambiamento o la disponibilità finanziaria.

A titolo esemplificativo, si riportano le analisi quantitative sulla possibilità di conversione per due tipologie abitative: un'abitazione monofamiliare e un appartamento in condominio entrambe collocate in zona climatica E e costruite nel periodo 1960-1980.

Per l'analisi economica sono state considerate le seguenti soluzioni tecnologiche:

- pompa di calore a bassa temperatura che include la sostituzione del piano a gas con un piano ad induzione e la conversione del sistema di riscaldamento con uno a pannelli radianti;
- pompa di calore ad alta temperatura che include la sostituzione del piano a gas con un piano ad induzione, ma il mantenimento dei caloriferi esistenti;
- pompa di calore a gas/biometano;
- pompa di calore ibrida caratterizzata dalla presenza sia di una caldaia a condensazione che di una pompa di calore elettrica;
- caldaia a condensazione.

Analisi economica

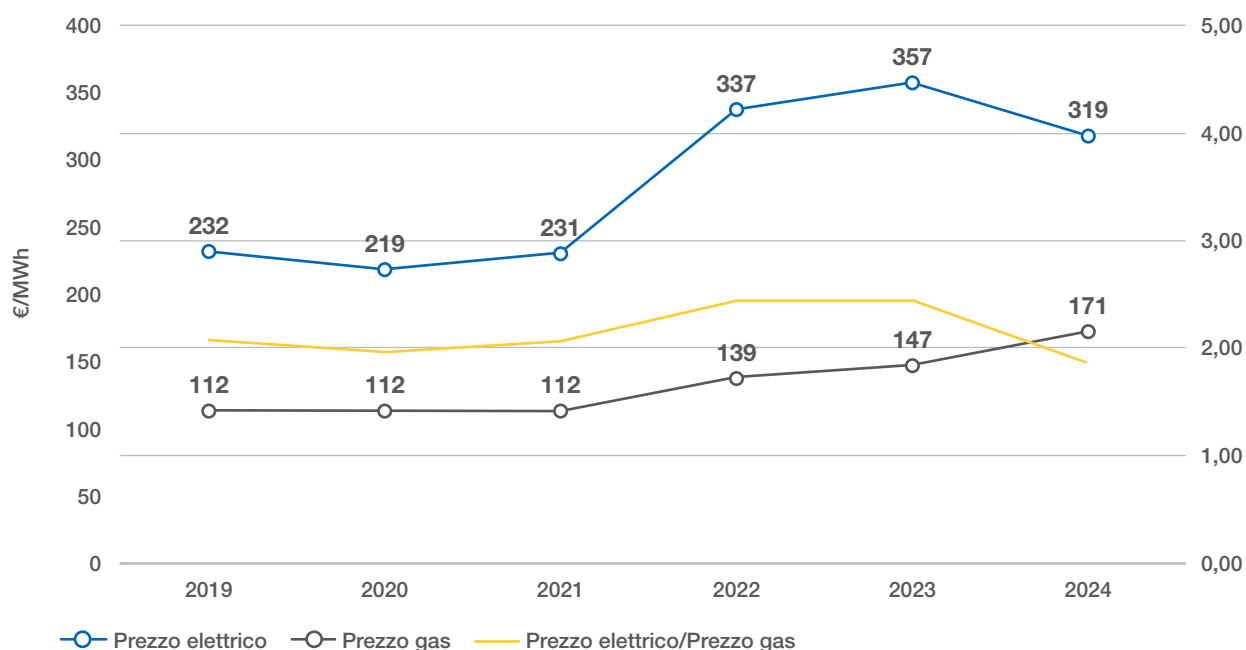
L'analisi economica è stata effettuata considerando per ogni tipologia abitativa e per ogni soluzione tecnologica i seguenti input:

- costi di installazione;
- fabbisogno termico dell'abitazione che include il consumo per riscaldamento, acqua calda sanitaria e utilizzo per cottura;
- rendimento della tecnologia;
- opex annuali che includono costi di manutenzione e l'eventuale risparmio in bolletta nel caso della pompa di calore elettrica, derivante dall'eliminazione dei costi fissi legati alla bolletta gas;
- costo dei vettori energetici di riferimento quali gas, elettricità e CO₂.

Il costo dei vettori di riferimento è una variabile molto complessa da determinare in ottica 2050, perché soggetta a elevate variabilità e incertezze. Tuttavia, il differenziale tra il costo del vettore elettrico rispetto a quello del vettore gas per il cliente finale, rappresenta il principale driver dell'attrattività di un investimento rispetto a un altro.

A oggi il prezzo dell'energia elettrica per l'utente finale risulta significativamente superiore rispetto al prezzo finale del gas naturale; il rapporto tra il prezzo elettrico e il corrispondente prezzo gas (entrambi espressi in €/MWh) si è sempre mantenuto al di sopra di 2 negli ultimi anni, arrivando fino a 2,4 negli anni 2022-2023 per poi scendere a 1,8-1,9 nel 2024

Figura 12 Prezzo elettrico al cliente finale per fascia di consumo 2,5-5 kWh/anno, prezzo del gas al cliente finale per fascia di consumo < 20 GJ – Eurostat





L'evoluzione del divario tra i prezzi dei due vettori avrà un impatto fondamentale sulla convenienza economica delle singole tecnologie. L'evoluzione di tale divario dipende da molti fattori che possono avere effetti contrapposti quali ad esempio l'introduzione del meccanismo ETS2 dal 2027 (Emission Trading System 2), ovvero un pagamento per le emissioni di CO₂ applicato agli utilizzi diretti dei combustibili fossili per il riscaldamento che porterebbe a un aumento del prezzo del gas naturale. D'altro canto, la futura componente energia del prezzo elettrico sarà progressivamente sempre meno dipendente dal costo marginale di produzione e rifletterà maggiormente il costo medio di produzione. L'evoluzione delle altre componenti della bolletta elettrica, tra cui la componente infrastrutturale e gli oneri di sistema, dipenderà non solo dagli investimenti necessari per la transizione, ma anche dall'evoluzione crescente del fabbisogno elettrico.

Per tale motivo l'analisi di convenienza economica delle tecnologie è stata sviluppata considerando diversi scenari di evoluzione dei prezzi del vettore gas ed elettrico in modo da cogliere l'effetto della variazione reciproca dei prezzi sulla convenienza economica delle tecnologie analizzate:

- *scenario Medio*: utilizza i prezzi in cui il rapporto tra il prezzo elettrico e il prezzo gas è pari a 2,0;
- *scenario Alto*: utilizza i prezzi caratterizzati da un rapporto pari a 2,3;
- *scenario Basso*: utilizza prezzi caratterizzati da un rapporto di prezzo tra i due vettori pari a 1,7.



Le tabelle sotto riportate mostrano quale soluzione tecnologica sia da preferire al variare degli scenari di commodities ipotizzati, per ciascuna soluzione abitativa analizzata. La scala di intensità di colore indica il livello di convenienza economica di ciascuna soluzione (dal verde più intenso, la più conveniente, sino al bianco, la meno conveniente).

Figura 13 Soluzioni tecnologiche per un'abitazione monofamiliare in zona E costruita tra il 1960 e il 1980

Monofamiliare

	Scenario basso	Scenario medio	Scenario alto
Caldaia condensazione			
PdC ibrida			
PdC Alta T			
PdC bassa T			
PdC gas			

Figura 14 Soluzioni tecnologiche per un'abitazione in condominio in zona E costruito tra il 1960 e il 1980

Condomini

	Scenario basso	Scenario medio	Scenario alto
Caldaia condensazione			
PdC ibrida			
PdC Alta T			
PdC bassa T			
PdC gas			



Come si evince dal confronto delle tabelle, la pompa di calore elettrica a bassa temperatura risulta essere la soluzione da preferire nel caso dell'abitazione monofamiliare quando il rapporto tra il prezzo elettrico e il prezzo gas non è eccessivo; viceversa, il permanere di un differenziale di prezzo molto elevato, rende la pompa di calore a gas una soluzione economicamente valida. La pompa di calore elettrica trova applicazione in questo tipo di abitazione negli scenari Medio e Basso perché l'elevato fabbisogno termico e l'alto rendimento permettono un maggiore risparmio sui costi operativi, anche a fronte di un investimento maggiore.

Al contrario, nel caso di un'abitazione in condominio che a parità di zona termica ha un minore fabbisogno termico per le dimensioni più contenute rispetto all'abitazione monofamiliare, la pompa di calore a gas rappresenta un'alternativa attrattiva perché permette, a fronte di un investimento più contenuto rispetto a una PdC elettrica, un risparmio sui costi operativi dato da una maggior efficienza del sistema sia nello scenario Medio che nell'Alto. Quando il differenziale di prezzo tra il vettore elettrico e quello gas si riduce, come ipotizzato nello scenario Basso, la pompa di calore elettrica diventa economicamente attrattiva avendo costi operativi più contenuti che giustificano il maggior investimento iniziale.

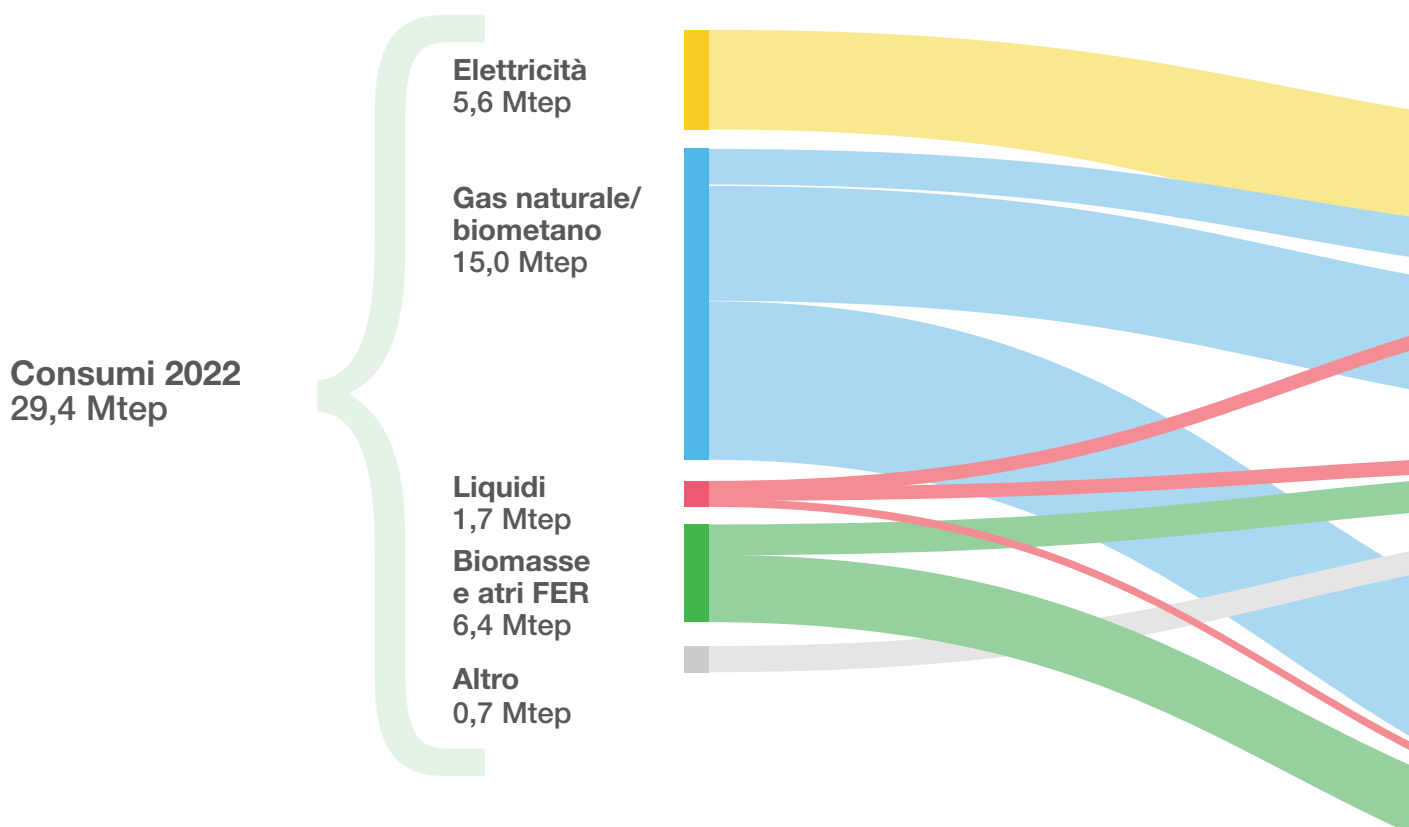




8.1.2 Evoluzione dei consumi finali al 2050

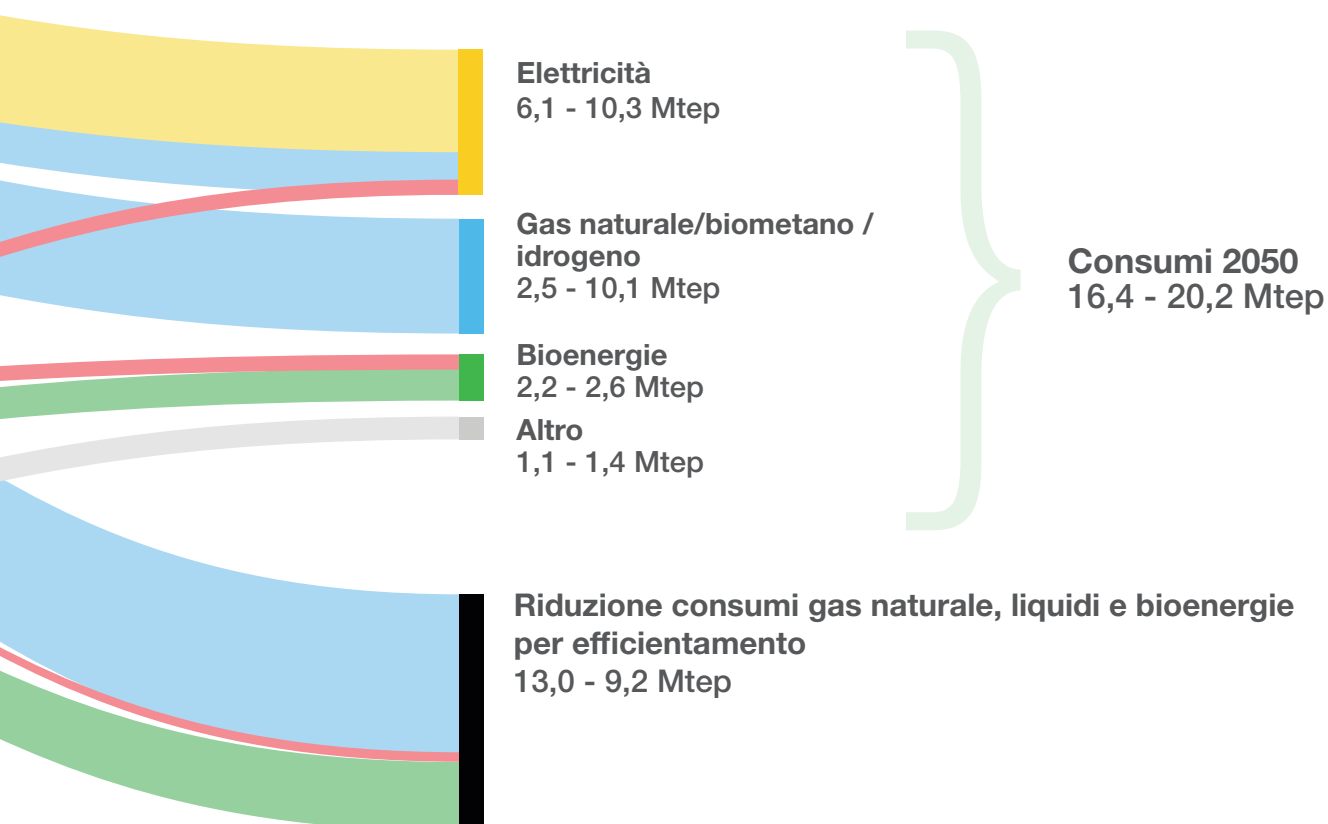
L'evoluzione dei consumi finali dipende da molti fattori, di cui la componente tecnologica è solo una di queste. Cambiare il sistema di riscaldamento di un'abitazione è una decisione influenzata da un numero non trascurabile di variabili quali ad esempio i costi, i tempi di ristrutturazione, l'andamento dei prezzi energetici, l'introduzione di una tassazione sulle emissioni ("European Emission Trading System 2"ETS2) nel settore civile, le condizioni socioeconomiche delle famiglie, la propensione al cambiamento dei singoli cittadini, l'interesse ad intervenire su immobili di proprietà affittati.

Figura 15 Evoluzione consumi finali sottosettore residenziale





L'analisi illustrata in 8.1.1 si concentra su una di queste variabili: il costo delle commodity. Estendendo questa analisi a tutto il parco edilizio considerato si ottiene (Figura 15) una fotografia della possibile evoluzione dei consumi energetici del settore residenziale.





L'analisi del sankey diagram (Figura 15) mette in evidenza il rilevante cambiamento che coinvolge la domanda di energia del settore residenziale tra il 2022 e il 2050.

Significativa è la riduzione dei consumi in coerenza con il principio dell'*Energy efficiency first* che costituisce un pilastro della strategia energetica verso il 2050. Si osserva nel grafico che i consumi si riducono di circa un terzo con un minimo di 9 Mtep e un massimo di 13 Mtep in relazione allo scenario considerato.

La riduzione dei consumi è guidata principalmente:

1. dal continuo e progressivo efficientamento del parco edilizio (attraverso opere di ristrutturazione o rifacimento degli edifici esistenti con nuovi di classe energetica superiore);
2. dalla sostituzione dei sistemi di riscaldamento all'interno delle singole abitazioni con tecnologie più performanti ed efficienti, che comporta, come illustrato nei paragrafi precedenti, una riduzione dei consumi finali e delle emissioni associate al sottosectore residenziale.

In particolare (2) attraverso l'installazione di:

- pompe di calore elettriche, che comportano un aumento dei consumi elettrici, seppur in misura minore rispetto alla riduzione delle altre fonti fossili per via di una maggior efficienza della tecnologia a pompa di calore;
- pompe di calore a gas che comportano una diminuzione del consumo finale di gas naturale per via dell'efficienza superiore della pompa di calore rispetto alla tradizionale caldaia a condensazione. Tale soluzione considera un'alimentazione a gas naturale, compatibilmente con la normativa, prevedendo l'utilizzo di combustibili alternativi di origine rinnovabile nel lungo periodo.

Rispetto al 2022, la struttura dei consumi al 2050 evidenzia complessivamente un mix di consumi più bilanciato dove il consumo di elettricità e il consumo di gas sono i principali vettori energetici, con una quota minoritaria di bioenergie. Osservando i risultati si nota come la soluzione rappresentata che costituisce un punto mediano di soluzione sia tuttavia caratterizzata da una notevole variabilità nei range rappresentati.

Per i consumi elettrici, infatti, si ha una variabilità tra circa 6 Mtep e 10 Mtep rispetto a un consumo elettrico del 2022 pari a 5,6 Mtep. Mentre per i consumi di gas che includono oltre al gas naturale anche biometano e idrogeno si ha una variabilità tra circa 2,5 Mtep e 10 Mtep rispetto a un consumo gas del 2022 pari 15 Mtep.

La quota di liquidi ancora presente al 2022 è destinata a scomparire per lasciare spazio a sistemi di riscaldamento più efficienti e compatibili con le nuove normative quali pompe di calore e sistemi di riscaldamento a biomassa da filiera garantita, comportando, anche in questo caso, una riduzione dei consumi di bioenergie per via di un'efficienza superiore delle tecnologie utilizzate.



8.2 Prospettive di evoluzione del sottosettore terziario

Il sottosettore terziario include una notevole varietà di edifici sia ad uso privato che pubblico. Tra gli edifici ad uso privato si collocano: uffici privati, edifici destinati ad uso commerciale quali supermercati, ipermercati o grandi magazzini e gli alberghi, per un totale di circa 344 mila edifici; a questi si aggiungono le abitazioni di proprietà pubblica (alloggi di servizio, foresterie e alloggi per studenti) e le abitazioni dell'edilizia residenziale pubblica per circa 640 mila abitazioni²².

Ci sono poi gli edifici di servizio pubblico quali: uffici pubblici, strutture sanitarie (pubbliche e private), scuole (pubbliche e private), università, caserme, penitenziari, biblioteche, musei, castelli e palazzi storici.

L'evoluzione del settore terziario dipenderà quindi dalla transizione di entrambe le sue componenti, quella privata e quella pubblica, che per la loro diversa natura seguiranno cammini diversi. La quota pubblica è infatti direttamente regolata e influenzata dalle recenti direttive Europee recepite a livello Nazionale, che la individuano come asset strategico per raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione e per fungere da volano per un percorso di efficientamento energetico generalizzato e diffuso sul territorio.

La Pubblica Amministrazione, secondo quanto definito nelle direttive EED ed EPBD, dovrebbe svolgere un ruolo di guida in materia di efficienza energetica ed ogni stato membro dovrebbe garantire che almeno il 3% della superficie coperta utile totale degli edifici riscaldati e raffrescati di proprietà dei suoi enti pubblici sia ristrutturata ogni anno, per trasformarli in edifici a emissioni zero o, quanto meno, in edifici a energia quasi zero²³. La Direttiva include alcuni gradi di libertà che permettono di escludere edifici sottoposti a vincoli paesaggistici e storici, di adottare approcci alternativi alla riqualificazione profonda garantendo comunque risparmi energetici equivalenti negli edifici della PA.

Il patrimonio edilizio della Pubblica Amministrazione in Italia è particolarmente esteso, eterogeneo e diffuso capillarmente sul territorio nazionale, le strutture di proprietà della Pubblica Amministrazione contano circa 770 mila unità immobiliari spesso soggette a vincoli culturali e paesaggistici: circa il 13% delle unità immobiliari (22% della superficie immobiliare) risulta essere sottoposta a vincoli, riducendo quindi la superficie lorda che può essere oggetto di efficientamento energetico. Inoltre, qualsiasi intervento di efficientamento deve tenere conto della tipologia di struttura: per alcune di esse risulta particolarmente sfidante eseguire interventi di riqualificazione profonda dovendo garantire un servizio di continuità, come ad esempio nelle strutture sanitarie.

Per tale motivo l'approccio di riqualificazione degli immobili della Pubblica Amministrazione dovrà necessariamente seguire più percorsi che includono sia la riqualificazione degli edifici con la realizzazione di cappotti termici o la sostituzione degli infissi, che la sostituzione impiantistica con l'installazione di pompe di calore o la realizzazione di impianti fotovoltaici e il rafforzamento delle reti di teleriscaldamento.

²²"La consistenza del parco nazionale immobiliare" – ENEA, luglio 2024

²³In questo caso, ogni anno e ove applicabile, per gli edifici che rappresentano almeno il 3% della superficie coperta totale degli edifici riscaldati e/o raffrescati di proprietà di enti pubblici deve essere introdotto un passaporto di ristrutturazione che tracci la strada per trasformarli in edifici a energia quasi zero entro il 2040. Si rimanda al capitolo 2 per ulteriori approfondimenti sulla normativa.



Per quanto riguarda la quota privata del settore terziario, si tratta principalmente di uffici privati e di edifici destinati all'uso commerciale che possono anche raggiungere dimensioni elevate. La penetrazione del vettore elettrico in questa quota del settore è già piuttosto alta, legata ai consumi per illuminazione e riscaldamento. Ulteriori margini di efficientamento possono sia riguardare interventi sugli edifici sia la sostituzione dei sistemi di riscaldamento con sistemi più efficienti a pompa di calore, l'integrazione di impianti a fonti rinnovabili o l'allacciamento a reti di teleriscaldamento.

8.3 Conclusioni

Le analisi e gli approfondimenti condotti e illustrati nei capitoli precedenti hanno fatto emergere chiara la consapevolezza di come la decarbonizzazione del settore civile rappresenti una sfida molto complessa.

Un importante contributo al riguardo è stato portato dalle interazioni con esperti provenienti da associazioni e istituzioni di riferimento nel settore civile²⁴ che hanno aiutato a focalizzare le analisi sulle tecnologie più promettenti e a comprendere la complessità di un quadro normativo in continua evoluzione.

Dal lavoro svolto congiuntamente da Snam e Terna e dagli incontri è quindi emerso che l'evoluzione e le prospettive di sviluppo del settore civile dipendono fortemente dalle scelte che gli utenti finali decideranno di intraprendere. Cambiare il sistema di riscaldamento di un'abitazione è, infatti, una decisione che, nonostante la presenza di incentivi di vario genere, dipende, in ultima istanza, dal singolo cittadino. Di conseguenza, le variabili che influenzano tali scelte e quindi la possibile evoluzione del settore civile sono molteplici. In questo contesto, infatti, l'aspetto inerente alla disponibilità di tecnologie a zero o ridotte emissioni è soltanto uno dei fattori abilitanti, mentre assumono uguale rilevanza anche altri aspetti tra cui quelli infrastrutturali legati alla struttura degli edifici e degli ingombri degli apparecchi, quelli economici relativi alla disponibilità di capitali, di reddito e alla proprietà dell'immobile, quelli sociali relativi alla zona di residenza, all'età e alla propensione all'investimento.

Gli elementi che influenzano le decisioni di investimento in tema di efficienza energetica, infatti, sono numerosi e raramente sono frutto di un'analisi economica approfondita. I costi e i tempi di ristrutturazione, l'andamento dei prezzi energetici, l'introduzione di una tassazione sulle emissioni del settore civile (European Emission Trading System 2 – "ETS2"), le condizioni socioeconomiche delle famiglie, la propensione al cambiamento dei singoli cittadini, l'interesse a intervenire su immobili di proprietà affittati, sono solo alcuni degli elementi che influenzano tali scelte.

Dal punto di vista della disponibilità tecnologica, sono presenti una molteplicità di soluzioni che portano con sé un incremento di efficienza e quindi una riduzione dei consumi finali; tra le tecnologie che a livello tecnico e di performance hanno maggiore potenziale di impatto nel processo di transizione ci sono sicuramente

²⁴Agli incontri organizzati hanno partecipato i rappresentanti di: AIEL, AIRU, ANIMA, ASSOCLIMA, ASSOTERMICA, ENEA, PROXIGAS e RSE.



le pompe di calore elettriche e le pompe di calore a gas, la cui diffusione è sostenuta da progressi tecnologici e da una crescente capacità produttiva nazionale. Tali sistemi assicurano prestazioni energetiche adeguate alla fornitura dei servizi di riscaldamento e di raffrescamento con efficienze molto superiori ai sistemi di riscaldamento tradizionali.

Ci sono, inoltre, i sistemi ibridi, costituiti dall'associazione ottimizzata e "factory-made" di una pompa di calore elettrica con una caldaia a condensazione, che possono rappresentare un'alternativa maggiormente compatibile nel caso di edifici esistenti e di difficile ristrutturazione. Questi sistemi alimentati da energia elettrica di origine rinnovabile e da gas verdi come il biometano per la parte di combustione possono contribuire al raggiungimento dei target "Nearly-Zero / Zero-Emission building" previsti per gli edifici al 2050.

L'evoluzione dei consumi finali del sottosettore residenziale mostra come, al 2050, sia indispensabile andare verso tecnologie a maggiore efficienza che consentano una riduzione dei consumi finali. Tale riduzione prevede il contributo del vettore elettrico, della molecola (ivi inclusi gas naturale, biometano ed idrogeno verde) e delle bioenergie. Il passaggio verso tecnologie maggiormente efficienti dovrà, per essere sfruttato pienamente, essere accompagnato da un processo di efficientamento del parco edilizio.

L'effettivo azzeramento delle emissioni dipende, a sua volta, da fattori che esulano dalle scelte di investimento dei cittadini, ma che dipenderanno per la quota elettrica del generation mix nazionale e per le molecole dall'effettiva disponibilità di combustibili verdi.

Le emissioni finali relative all'utilizzo del vettore elettrico dipenderanno dalla composizione del generation mix nazionale: un mix energetico composto in prevalenza da rinnovabili e fonti a zero emissioni nette quali nucleare e gas accoppiato alla CCUS²⁵ garantirebbe la fornitura di energia elettrica compatibile con l'obiettivo "net zero", viceversa laddove questo non dovesse verificarsi ci sarebbero emissioni residue legate anche al vettore elettrico.

Analogamente, le emissioni legate alla quota di combustibili a molecola nel 2050 dipenderanno dalla tipologia di molecole vettorate: un blend che include solo molecole verdi (biometano, idrogeno verde e metano sintetico) garantirebbe zero emissioni; viceversa, la presenza di gas naturale porterebbe con sé emissioni residue legate all'utilizzo di tale combustibile.

Anche considerando l'attuale composizione del generation mix e delle molecole vettorate, il solo modificarsi del parco tecnologico, con il conseguente efficientamento dei consumi, comporterebbe già una riduzione di circa il 30% rispetto al 2023. Risultato a cui andrà sommato l'effetto della maggiore penetrazione delle energie rinnovabili nella produzione elettrica e l'aumento di molecole verdi nel mix gas.

L'elemento abilitante e fondamentale per un'evoluzione del settore civile in linea con gli obiettivi di lungo termine è rappresentato, in qualunque caso, dalla scelta di soluzioni tecnologiche più efficienti che comporteranno un risparmio

²⁵ Carbon Capture Utilization and Storage.



dal punto di vista dei consumi finali e una conseguente riduzione delle emissioni del settore, a prescindere dall'effettivo contenuto di emissioni residue dei vettori utilizzati (oggetto di un'analisi e una trattazione separata nelle note dedicate), indicando chiaramente la direzione da seguire per raggiungere gli obiettivi di lungo termine Europei ed Italiani.





Annex I. Prospettive di evoluzione dei data center



Annex I. Prospettive di evoluzione dei data center

La crescita dei consumi elettrici dei data center sta diventando sempre più concreta ed importante. Fenomeni come la crescita della domanda di servizi cloud, dello streaming, del gaming, della diffusione di algoritmi di intelligenza artificiale sempre più complessi e dell'Internet of Things sono solo alcuni dei fattori che hanno portato ad un rapido aumento dei consumi dei data center. Nell'ultimo anno, la crescita dei loro consumi elettrici nel mondo è ulteriormente accelerata per via del successo che sta riscuotendo l'intelligenza artificiale generativa e per via della sua intensità energetica.

I data center sono delle strutture che al loro interno hanno reti di computer, sistemi di archiviazione, server ed infrastrutture informatiche utilizzati di altre aziende per elaborare ed archiviare dati.

Ad oggi queste tipologie di utenze, benché abbiano dei consumi paragonabili a un carico industriale, sono classificate all'interno dei consumi civile, in particolare nel sottosettore terziario.

In Italia, il fenomeno associato alle richieste di connessione per la realizzazione dei data center ha visto un forte sviluppo negli ultimi anni. Il nuovo scenario dell'industria digitale si affianca ai carichi che tipicamente richiedono la connessione alla rete, più spesso impianti di trasformazione di materie prime (acciaio, vetro, legnami), trasporto ferroviario o impianti dell'industria chimica.

Gli utenti data center presentano però sostanziali differenze con i carichi tradizionali, dato che prelevano energia in maniera quasi costante, ventiquattro ore al giorno, tutti i giorni dell'anno. Il funzionamento di tali impianti non è correlato a cicli produttivi, ed è poco influenzato dalla stagionalità. Inoltre, tali utenze richiedono dei parametri di qualità superiori quali sicurezza, ridondanza, qualità delle infrastrutture elettriche, dell'elettronica e della misura, con particolare attenzione ad avere più connessioni attive contemporaneamente per ridurre al minimo i rischi di disservizio, sia per manutenzioni che per potenziali guasti.

La prima richiesta di connessione per data center di grande taglia in Italia è stata effettuata nel 2013, per un impianto nella provincia di Milano, con una potenza installata, attualmente in esercizio, di 50 MW. Ad oggi, gli impianti in esercizio sulla rete elettrica nazionale hanno raggiunto una potenza complessiva di 513



MW, principalmente concentrati in Lombardia.

I consumi elettrici dei data center sono legati alle seguenti voci:

- infrastruttura IT: server, sistemi di archiviazione, apparati di rete e tutta la componentistica IT;
- i sistemi di raffreddamento che devono garantire temperature sufficienti in grado di evacuare il calore prodotto dal funzionamento dei server, per il corretto funzionamento dei vari componenti;
- i sistemi di alimentazione e distribuzione elettrica all'interno dei data center;
- sistemi accessori quali illuminazione e apparati di sicurezza.

I consumi relativi all'infrastruttura IT rappresentano la quota più significativa, circa due terzi del totale, mentre i sistemi di raffreddamento rappresentano la quota più rilevante all'interno dei consumi ausiliari.

I consumi e l'efficienza dei data center vengono spesso misurati tramite l'indicatore di Power Usage Effectiveness (PUE). Tale indicatore viene calcolato come il rapporto tra i consumi totali e i consumi per l'infrastruttura IT. Più questo valore si avvicina ad 1 più il data center è considerato efficiente (ad oggi il valore medio in Italia è pari a 1,5).

L'evoluzione del PUE e, quindi, dell'efficienza energetica intrinseca di un data center dipende da due variabili spesso in capo a soggetti differenti:

- il consumo dei sistemi ausiliari (sistemi di raffreddamento, consumi per la distribuzione...) che dipendono dagli operatori che realizzano il data center stesso;
- consumo IT del data center che dipende da software, hardware e firmware scelti dall'utilizzatore finale del data center.

Qualunque obiettivo di efficienza energetica che miri alla riduzione dei consumi deve quindi coinvolgere l'intera filiera digitale: dagli operatori ai clienti finali.

Prospettive di sviluppo

Nel 2021 i principali operatori del settore dei data center, in linea con il Green Deal Europeo, hanno firmato il Climate Neutral Data center Pact, un'iniziativa di autoregolazione che ha come obiettivo quello di traguardare la neutralità climatica al 2030 attraverso una gestione sostenibile del settore. L'impegno sottoscritto tocca diversi temi, tra cui:

- Efficienza energetica – L'obiettivo è quello di raggiungere livelli di efficienza molto elevati, mirando ad abbassare il PUE, attraverso un attento monitoraggio, il valore target del PUE dovrebbe essere 1.3 per i data center nei climi freddi e 1.4 in quelli più caldi.
- Sourcing di energia pulita – Riguarda l'impegno a soddisfare la richiesta di energia elettrica tramite rinnovabili o fonti di energia pulita, anche attraverso la sottoscrizione di PPA o l'installazione diretta di impianti rinnovabili.
- Conservazione dell'acqua – I data center si impegnano a monitorare l'utilizzo di acqua evitando sprechi attraverso il calcolo del WUE (Water Usage Effectiveness).



- Economia circolare – riguarda il monitoraggio dell’impegno al riciclo, al riutilizzo o alla riparazione di tutti i componenti elettronici.
- Energia circolare – Impegno a valutare e implementare sistemi di riutilizzo del calore anche attraverso il collegamento alle reti di teleriscaldamento.

A oggi, c’è quindi una crescente attenzione verso gli obiettivi di decarbonizzazione e i temi di efficienza energetica che ha un impatto diretto su:

- strategie energetiche adottate a livello di singolo data center che includano la fornitura di energia da fonti rinnovabili certificata attraverso PPA, l’installazione on site di impianti rinnovabili o l’acquisto di garanzie d’origine;
- uso di tecnologie a basso impatto quali microreti con sistemi di accumulo;
- utilizzo di soluzioni come il nucleare e l’idrogeno per la generazione elettrica che possono essere adatte al settore grazie alla loro programmabilità e stabilità di produzione;
- utilizzo di sistemi di raffreddamento a ciclo chiuso, come avviene in Italia, che riducono al minimo gli sprechi di acqua;
- ottimizzazione dei consumi con l’utilizzo dell’intelligenza artificiale per la gestione dei carichi;
- efficienza energetica in fase costruttiva che si basi su standard edilizi internazionali, l’utilizzo di materiali a basso impatto e pratiche di economia circolare;
- recupero e riutilizzo del calore residuo che tuttavia necessita della presenza di infrastrutture in prossimità (reti di teleriscaldamento o edifici pubblici).

Fare previsioni sull’evoluzione dei data center al 2050 risulta estremamente complicato e soggetto a moltissime variabili, tenuto conto che si tratta di un settore il cui sviluppo, in Italia, è estremamente recente. La saturazione dei mercati nord Europei che hanno visto lo sviluppo dei data center prima degli altri (Francoforte, Londra, Amsterdam, Parigi e Dublino), ha spostato l’interesse verso altri mercati nel sud Europa come l’Italia, con epicentro Milano e la Spagna con Madrid e Barcellona. L’Italia, in particolare, gode di una posizione centrale nel sud Europa e ha visto, negli ultimi anni, aumentare notevolmente investimenti e interesse sui temi della digitalizzazione.

Insieme all’utilizzo massiccio dell’intelligenza artificiale, anche la diffusione di normative sempre più stringenti in termini di cybersecurity potrebbe rappresentare un driver di crescita dei data center, aumentando il numero di utenti che si rivolgono ad attori consolidati per la costruzione di campus di data center.

L’effettivo sviluppo è, però, influenzato da una serie di fattori tecnici, tra cui la necessità della prossimità alla sede dell’utilizzatore e le tempistiche per l’ottenimento delle autorizzazioni.

Le indicazioni fornite dalle interviste con gli esperti del settore indicano, a oggi, un valore di capacità attesa al 2050 tra 9 e 12,5 GW. L’ulteriore sviluppo dell’intelligenza artificiale, del cloud computing e l’adozione di tecnologie di machine learning su larga scala sono le variabili che più potrebbero influenzare lo sviluppo dei data center sia nel breve che nel lungo termine.



Un elemento particolarmente rilevante per l'evoluzione della capacità installata dei data center riguarda i tempi di realizzazione e raggiungimento della capacità richiesta in fase autorizzativa; tali tempi sono di norma piuttosto lunghi, ovvero la richiesta di allacciamento alla rete avviene con largo anticipo rispetto alla messa in servizio del data center (almeno tre anni) a causa dei tempi per autorizzazioni, progettazione, costruzione e connessione; sono poi necessari altri 3-5 anni per raggiungere il regime di utilizzo previsto in fase di richiesta di allacciamento alla rete.

Quello dei data center rimane un mercato soggetto a continuo monitoraggio, proprio per poterne cogliere i cambiamenti e le prospettive future.



