LIBRO BIANCO SULLE POMPE DI CALORE

Quarta Edizione - Luglio 2023

ANIMA CONFINDUSTRIA MECCANICA VARIA

ASSOCLIMA

mce®
mostra convegno
expocomfort

Built by RX
In the business of building businesses

BEYOND COMFORT

12-15.03.2024

43^ MOSTRA CONVEGNO EXPOCOMFORT

fieramilano

in collaborazione con
in cooperation with

AiCARR Cultura e Tecnica per Energia Uomo e Ambiente

ANGAISA

ANIMA CONFINDUSTRIA MECCANICA VARIA

ASSISTAL Associazione Nazionale Costruttori di Impianti e dei Servizi di Efficienza Energetica - ESCo e Facility Management

LIBRO BIANCO SULLE POMPE DI CALORE

Quarta Edizione - Luglio 2023

Autori:
Giacomo Di Stefano
Federico Musazzi
Fernando Pettorossi
Mara Portoso
Maria Elena Proietti

Con contributi di:
Amici della Terra, IEA, RSE ed ENEL.

Elaborazione grafica e impaginazione:
STATION06 Creative Studio

Illustrazioni all'interno:
Paolo Ferramosca

Aziende del Gruppo Pompe di calore Assoclima:
AERMEC S.P.A.
BAXI S.P.A.
CALEFFI S.P.A.
CARRIER DISTRIBUTION ITALY S.R.L.
CLIVET S.P.A.
COSMOGAS S.R.L.
DAIKIN AIR CONDITIONING ITALY S.P.A.
EBM-PAPST S.R.L.
EMERSON CLIMATE TECHNOLOGIES S.R.L.
FERROLI S.P.A.
FONDERIE SIME S.P.A.
GALLETTI S.P.A.
GROUPE ATLANTIC ITALIA S.P.A.
HAIER A/C (ITALY) TRADING S.P.A.
HIDROS S.R.L.
IMMERGAS S.P.A.
INNOVA S.R.L.
JOHNSON CONTROLS HITACHI A/C EUROPE SAS
MITSUBISHI ELECTRIC EUROPE B.V. ITALIAN BRANCH
OLIMPIA SPLENDID S.P.A.
PANASONIC HEATING & COOLING SOLUTIONS EUROPE
RHOSS S.P.A.
RINNAI ITALIA S.R.L.
SABIANA S.P.A.
SAC S.R.L. UNIPERSONALE
SAMSUNG ELECTRONICS AIR CONDITIONER EUROPE B.V.
SIC S.R.L.
SWEGON OPERATIONS S.R.L.
TERMAL S.R.L.
VAILLANT GROUP S.P.A.
VIESSMANN S.R.L.
VORTICE ELETTROSOCIALI S.P.A.

PREFAZIONE

Sono trascorsi quindici anni dalla pubblicazione della prima edizione del Libro Bianco sulle Pompe di Calore, tre lustri in cui le pompe di calore elettriche sono passate da oggetti pressoché sconosciuti ad apparecchiature alle quali oggi viene riconosciuto un ruolo centrale per raggiungere gli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas climalteranti e perseguire la neutralità climatica nel lungo periodo.
Negli ultimi due anni abbiamo assistito a una rapida crescita del loro mercato: le statistiche raccolte da EHPA – European Heat Pump Association – stimano in quasi 3 milioni le unità vendute in Europa nel 2022, in crescita del 38% rispetto al 2021 che, a sua volta, aveva registrato un +34% rispetto al 2020. A conferma della loro importanza, alcuni mesi fa la Commissione Europea ha lanciato l'Heat Pumps Action Plan, un'iniziativa volta ad accelerarne ulteriormente l'installazione in Europa.

Dopo anni di faticose salite la strada è quindi finalmente in discesa? Non ancora. Adesso è arrivato il momento di focalizzare l'attenzione sulle ultime sfide da affrontare: il completamento della revisione delle tariffe elettriche; la stabilizzazione nel tempo degli incentivi fiscali; la formazione di un maggior numero di installatori qualificati.
Sono temi che affrontiamo quasi quotidianamente insieme alle Associazioni di categoria appartenenti alla filiera della climatizzazione e agli Enti e alle Organizzazioni che condividono gli obiettivi del Gruppo Pompe di Calore di Assoclima. Temi che portiamo regolarmente all'attenzione delle Istituzioni e dei decisori politici.
La funzione di questa quarta edizione del Libro Bianco è raccogliere in un unico documento tutti gli elementi – tecnici, economici, energetici, normativi, ecc. – che ruotano intorno alla tecnologia delle pompe di calore.

Il primo capitolo fotografa la composizione dell'industria in Italia; il secondo descrive il funzionamento, le applicazioni e i vantaggi delle pompe di calore elettriche. Nel terzo viene presentata l'analisi comparativa temporale dei consumi di energia primaria, produzione di rinnovabile termica ed emissioni di CO_2, mentre il quarto è dedicato al contesto politico e legislativo e agli ultimi provvedimenti europei che interessano il settore.
Seguono due capitoli, molto importanti, dedicati rispettivamente agli incentivi fiscali e alle tariffe elettriche applicate alle pompe di calore. La parte curata direttamente da Assoclima si conclude con un breve capitolo sull'attuale situazione del mercato.

La principale novità di questo Libro Bianco sulle Pompe di Calore è rappresentata dai contributi editoriali di Amici della Terra Italia, International Energy Agency (IEA), Ricerca sul Sistema Energetico (RSE) ed Enel Spa, che ringrazio per aver accettato di partecipare a questa importante attività di divulgazione mettendo a disposizione le loro competenze.
Ciascun intervento contribuisce a promuovere la cultura del cambiamento e della transizione e ad arricchire i contenuti di questo documento che, ci auguriamo, abbia la massima diffusione soprattutto nelle sedi dove viene discusso il futuro energetico del nostro Paese.

Buona lettura

Luca Binaghi
Presidente Assoclima 2020-2023

PREMESSA

A tre anni di distanza dalla terza edizione del Libro Bianco sulle Pompe di Calore, a causa dei tumultuosi avvenimenti che hanno modificato molte abitudini e scoperto molti gangli vitali della vita economica e sociale anche del nostro Paese, abbiamo sentito il dovere di pubblicare una quarta edizione tesa a illustrare sinteticamente gli effetti e le ripercussioni di questo momento storico senza precedenti sul nostro sistema energetico ed economico.
Prima della pandemia da Covid 19 che, a partire da marzo 2020, ha colpito il nostro Paese, disponevamo di enormi quantità di energia, in gran parte importata dalla Russia, e i prezzi del kWh elettrico si aggiravano intorno ai 60 euro a MWh. Successivamente, con l'imposizione del lockdown, la produzione industriale si avviava ormai verso una graduale diminuzione dei consumi energetici a causa della scarsità di domanda; così, a breve, anche la materia prima necessaria alla nostra industria manifatturiera, per varie concause internazionali, iniziava a scarseggiare.

La situazione si è aggravata ulteriormente con la guerra provocata dall'invasione russa dello Stato sovrano ucraino e con la conseguente adozione di pesanti sanzioni verso la Russia che hanno comportato una drastica riduzione delle importazioni di gas naturale, petrolio e altri prodotti energetici.
In quel momento i costi del gas e dell'elettricità si sono impennati a dismisura: il MWh elettrico ha raggiunto livelli mai visti in precedenza mentre il PUN, in alcuni precisi momenti, ha toccato prezzi addirittura superiori ai 600 euro a MWh (dieci volte superiore al periodo pre-pandemia).
La situazione era di fatto insostenibile e i riflessi dell'impennata dei costi energetici stavano provocando condizioni estremamente critiche, sia per le aziende sia per i cittadini. Si è poi venuta a generare un'inflazione "importata" che ha contribuito a ridurre il potere d'acquisto anche del reddito e dei risparmi.

È chiaro che in un simile contesto la strategia energetica assume un'importanza fondamentale per il Paese, non solo dal punto di vista economico ma anche sul piano ambientale, della sicurezza degli approvvigionamenti e del sistema elettrico nazionale.

Di fronte a questo scenario, il risparmio di energia primaria tramite l'installazione di impianti a energia rinnovabile, sia elettrica, sia termica, appare non solo una scelta necessaria e consapevole ma un dovere civile; se inoltre, in tale contesto, ci si orientasse sempre di più verso impianti in grado di emettere segnali di prelievo, dialogando con altre tecnologie e con la stessa rete elettrica, o, addirittura, in grado di ridurre o interrompere il carico elettrico in caso di necessità su segnale dell'aggregatore, il contributo diventerebbe davvero rilevante per le singole utenze e l'intero Sistema Paese. In prospettiva l'Italia può dunque risparmiare miliardi d'investimenti e rendere più stabile e sicura la rete elettrica. Per garantire la diffusione delle pompe di calore e delle smart heat pump è necessario stimolarne la domanda, non solo attraverso una ridefinizione degli incentivi nazionali destinati alle tecnologie efficienti e rinnovabili ma anche tramite l'introduzione di una tariffa elettrica dedicata che non risenta delle impennate marginali e sia svincolata anche dai costi del gas.

Fernando Pettorossi
Capo Gruppo italiano Pompe di calore Assoclima

ING. ILARIA BERTINI

Direttrice del Dipartimento Unità Efficienza Energetica ENEA

L'efficienza energetica è una priorità in Italia, storicamente caratterizzata da un livello dei prezzi dell'energia elettrica superiore alla media europea, e quindi con un elevato potenziale di risparmio con la realizzazione di progetti di efficienza energetica. Inoltre l'efficienza energetica è importante sia per la decarbonizzazione che per la sicurezza energetica, poiché la riduzione della domanda di energia riduce la dipendenza dalle importazioni di combustibili fossili al momento troppo accentuata da altri Paesi.

In questo contesto, la riqualificazione del settore edilizio è un tema di assoluta centralità nella prospettiva della transizione ecologica del nostro Paese, oltre a essere una forza trainante per l'economia, l'occupazione, l'innovazione tecnologica, la trasformazione delle città, la risposta ai temi sociali del disagio abitativo e della povertà e al miglioramento dello stato di salute della popolazione.

Il nostro Paese, che detiene una lunga tradizione nella cura dei propri immobili, ha scelto di promuovere e incentivare gli interventi di riqualificazione energetica del proprio patrimonio residenziale come strategia per superare le barriere economiche, comportamentali e organizzative che, nella maggior parte dei casi, inibiscono cittadini, imprese e istituzioni alle diverse scale territoriali a investite sul retrofit energy based del proprio patrimonio.

Tali interventi hanno prodotto sollecitazioni del mercato che hanno spinto tecnici, sviluppatori, installatori e riveditori a rivedere competenze, know-how e prodotti ampliando il proprio bacino d'utenza e le forniture di materiali e processi per rispondere alla nuova domanda.

Tuttavia i risultati da conseguire sono molto ambiziosi e per accompagnare il completamento di questo complesso percorso ENEA mette a disposizione l'esperienza maturata come Agenzia nazionale per l'efficienza energetica e la competenza acquisita nel settore R&S.

PROF. MAURIZIO DELFANTI

Amministratore Delegato RSE SpA

La transizione energetica è un obiettivo non negoziabile per il pianeta e le generazioni future; dobbiamo cambiare in modo radicale le modalità con le quali produciamo e consumiamo l'energia e, quindi, rivedere in modo significativo i nostri modelli produttivi e gli stili di vita.
È una sfida che induce preoccupazione per gli impegni economici e per gli impatti che determinerà; ma l'esperienza del lockdown, e gli effetti complessivamente indotti dalla crisi del gas, hanno dimostrato che si può cambiare e che, spesso, il cambiamento stesso favorisce l'instaurarsi di condizioni più favorevoli rispetto alla situazione da cui si è partiti.
Si può dunque fare, ma occorre, per questo, dispiegare una strategia energetica che non sia disgiunta da una opportuna e coerente politica industriale. Dobbiamo infatti coniugare sostenibilità, sviluppo economico e inclusione sociale. È necessaria una visione di lungo termine, che dia indirizzi di politica energetica stabili e in grado di creare un ecosistema favorevole per il processo di innovazione tecnologica, ottimizzando l'impiego delle risorse pubbliche e degli investimenti privati.

È anche una sfida di tecnologia, di competenze, di innovazione, di capacità di fare impresa per un paese manifatturiero come l'Italia, che vanta molte aree di leadership tecnologica nei settori della Green Economy, di cui le imprese di Assoclima sono un bell'esempio.

Credo quindi che la testimonianza del Libro Bianco, attraverso la rassegna delle soluzioni tecnologiche, e delle opportunità che il settore è in grado di esprimere, ora e nel prossimo futuro, vada proprio nella giusta direzione, che è quella di promuovere la cultura del cambiamento e della transizione.

Concludo questa breve premessa con la speranza che l'apporto dato da RSE possa fornire un prezioso contributo all'attivazione di un circolo virtuoso fra il mondo della ricerca e delle imprese, di cui tutti potranno beneficiare.

INDICE

INTRODUZIONE 3

PREFAZIONE 4

PREMESSA 5

Capitolo 1
L'INDUSTRIA DELLE POMPE DI CALORE IN ITALIA 10

Capitolo 2
LA TECNOLOGIA DELLA POMPA DI CALORE ELETTRICA 12

Capitolo 3
ANALISI COMPARATIVA TEMPORALE DEI CONSUMI DI ENERGIA PRIMARIA, PRODUZIONE DI RINNOVABILE TERMICA ED EMISSIONI DI CO_2 DELLA POMPA DI CALORE 20

Capitolo 4
IL CONTESTO POLITICO E LEGISLATIVO EUROPEO 28

Capitolo 5
GLI INCENTIVI PER LE POMPE DI CALORE 34

Capitolo 6
TARIFFE ELETTRICHE E SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE 42

Capitolo 7

IL MERCATO DELLE POMPE DI CALORE

48

Capitolo 8

CONTRIBUTO AMICI DELLA TERRA ITALIA

52

Capitolo 9

CONTRIBUTO INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA)

66

Capitolo 10

CONTRIBUTO RICERCA SUL SISTEMA ENERGETICO (RSE SpA)

82

Capitolo 11

CONTRIBUTO ENEL SpA

110

Capitolo 1

L'INDUSTRIA DELLE POMPE DI CALORE IN ITALIA

L'industria italiana dei sistemi di climatizzazione è sempre più riconosciuta per la posizione di leadership a livello mondiale con un fatturato che nel 2022 ha superato i tre miliardi di euro e una produzione nazionale in costante crescita e oggi superiore al miliardo di euro. Nell'ambito della climatizzazione d'ambiente, la tecnologia più diffusa è la pompa di calore; anche in questo caso stiamo considerando un comparto di eccellenza, testimoniato da un valore dell'export abbondantemente superiore al 50% e un trend che vede sempre più aziende rafforzare la loro produzione entro i confini nazionali.

È opportuno considerare che il settore in esame è complesso perché è caratterizzato da diverse tipologie di attori che compongono la filiera. Questi sono generalmente rappresentati:

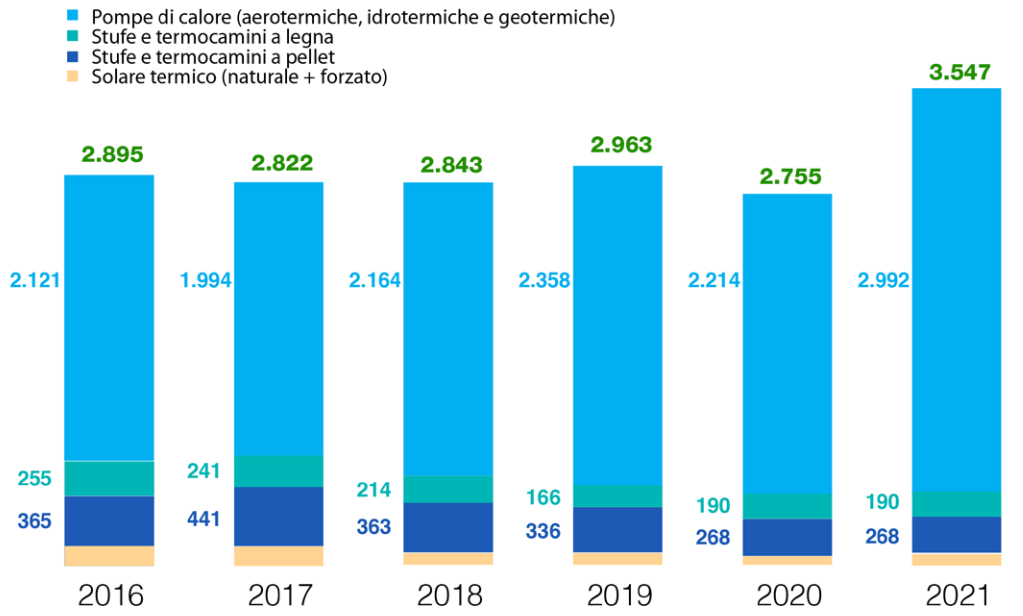
1. dalle imprese di produzione degli apparecchi;
2. dalle imprese di distribuzione commerciale degli apparecchi;
3. dalle imprese di installazione e manutenzione;
4. dagli studi di progettazione e professionisti della rete vendita delle aziende produttrici;
5. dalle imprese che operano nel settore della produzione, distribuzione e vendita di energia;
6. dagli utenti finali.

Se andiamo a vedere l'evoluzione degli ultimi anni scopriamo che oltre un terzo del numero di addetti del mondo delle costruzioni, da sempre uno dei comparti più rilevanti per il nostro PIL, afferiscono a imprese impiantistiche e soggetti delle categorie precedentemente descritte. Secondo dati CRESME, inoltre, in Italia la quota di mercato degli impianti nel 2022 sul valore della produzione delle costruzioni ha raggiunto il 34,7%, la percentuale più elevata in Europa, più ancora della Germania, noto Paese manifatturiero.

In termini di ricadute economiche legate allo sviluppo delle rinnovabili termiche da pompe di calore, nel 2021 il GSE aveva stimato investimenti pari a quasi tre miliardi di euro, oltre a un valore aggiunto prodotto dal settore delle rinnovabili termiche da pompe di calore pari a 3,2 miliardi di euro. Sempre per il 2021, il GSE aveva stimato le ricadute occupazionali dello sviluppo delle rinnovabili termiche da pompe di calore: le ULA (unità lavorative annuali) temporanee correlate agli investimenti negli impianti a pompe di calore sarebbero state circa 23.000 mentre le ULA permanenti correlate all'esercizio degli impianti a pompa di calore sarebbero state circa 9.100.

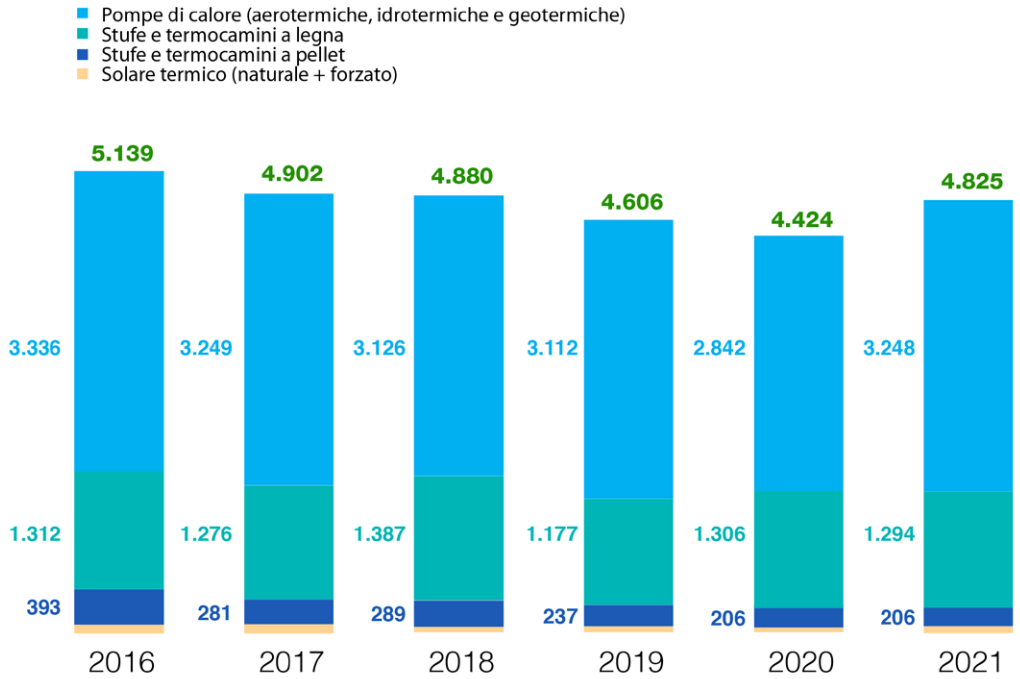
Come vedremo in seguito, alla luce dei nuovi scenari energetici e dell'accelerazione nella definizione degli ambiziosi obiettivi europei, questi numeri sono stati ampiamente superati e sono destinati a continuare a crescere nel corso di quella che unanimemente viene definita come la "decade decisiva" per la decarbonizzazione.

Stima degli investimenti in rinnovabili nel settore termico nel periodo 2016 - 2021* (milioni di euro)



*stime preliminari

Stima del nuovo Valore Aggiunto generato dalle FER nel settore settore termico nel periodo 2016 - 2021* (milioni di euro)



*stime preliminari

Fonte GSE – Monitoraggio degli impatti economici e occupazionali delle fonti rinnovabili e dell'efficienza energetica (novembre 2022)

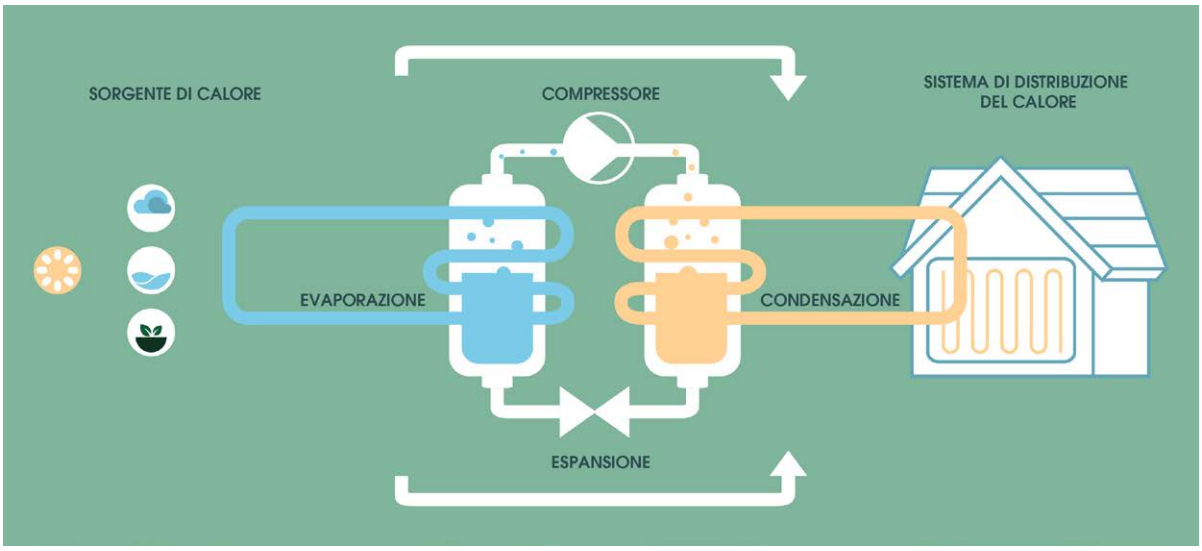
Capitolo 2

LA TECNOLOGIA DELLA POMPA DI CALORE ELETTRICA

La pompa di calore è una macchina che trasferisce calore da una sorgente a bassa temperatura (aria ambiente, acqua, terreno) a un ambiente a temperatura più elevata (da qui il nome "pompa" di calore) grazie all'apporto di una minima frazione di energia che può essere fornita sotto forma di energia elettrica, combustibile o calore ad alta temperatura. Le tecnologie quasi universalmente diffuse sono le pompe di calore a compressione e ad assorbimento, di cui la prima, in particolare, rappresenta la maggior parte delle attuali installazioni.
La presente trattazione si focalizzerà per questo sulle pompe di calore elettriche.

COMPRESSIONE

Una pompa di calore a compressione può essere rappresentata come un insieme di quattro elementi principali: il compressore, due scambiatori di calore e una valvola di espansione. I quattro elementi sono collegati da un circuito chiuso nel quale scorre il fluido frigorigeno o refrigerante.



Pompa di calore: schema di funzionamento

In una prima fase il fluido allo stato di vapore viene compresso dal compressore, incrementando la propria pressione e temperatura. Il vapore così compresso, nella seconda fase, condensa nel primo scambiatore di calore fino a diventare completamente liquido, cedendo calore all'esterno (quindi o riscaldando l'ambiente per una funzione di riscaldamento o smaltendo il calore nell'ambiente esterno per una funzione di raffrescamento).

Nella terza fase la valvola di laminazione consente al liquido di diminuire la propria pressione, iniziando a evaporare nuovamente. La quarta e ultima fase si verifica nel secondo scambiatore di calore, nel quale il fluido evapora del tutto prelevando calore dall'esterno (ambiente esterno in caso di riscaldamento, ambiente interno in caso di raffrescamento).
Questo ciclo è invertibile con dei semplici accorgimenti tecnici, di conseguenza la pompa di calore è una macchina che naturalmente si presta a un utilizzo continuo durante tutto l'anno essendo capace sia di riscaldare che di raffrescare un ambiente.

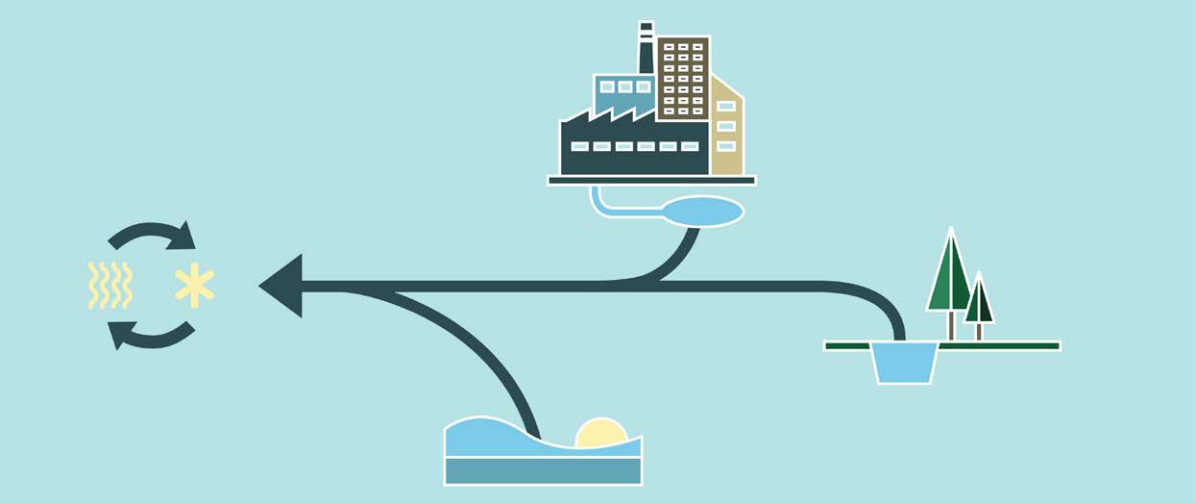
COMPRESSIONE E TEMPERATURA

Nella vita di tutti i giorni possiamo sperimentare la relazione tra compressione e temperatura: nel gonfiare le gomme di una bicicletta l'estremità della pompa diventa tiepida o molto calda.
Questo perché la pompa comprime le molecole di aria nello spazio confinato del tubo generando attriti che scaldano sia l'aria compressa che la pompa stessa. Lo stesso fenomeno accade nel compressore di una pompa di calore con le molecole di gas refrigerante.

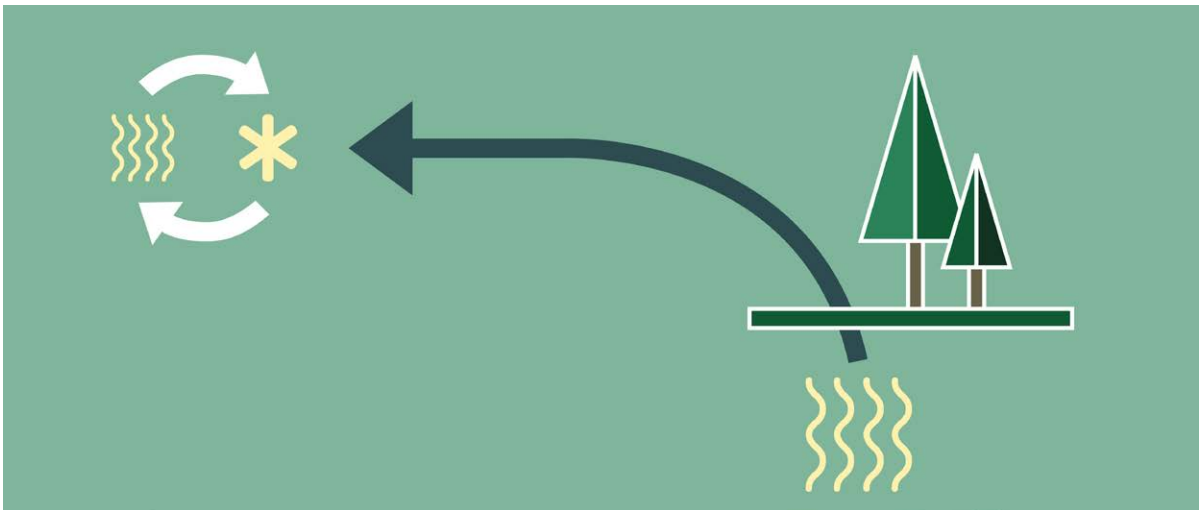
APPLICAZIONI

Le pompe di calore possono essere adattate a numerosi campi di applicazione in virtù dell'ampio spettro di potenze e temperature ottenibili, delle tipologie di fluidi al loro interno e della possibilità di alimentazione anche con fonti energetiche rinnovabili o di scarto.
Dalle applicazioni domestiche a quelle industriali, dalle finalità di climatizzazione di ambienti ai processi produttivi, le pompe di calore si possono raggruppare per tipologia di sorgente esterna e interna con le quali il fluido refrigerante scambia calore. In funzione del tipo di sorgente fredda e del fluido di distribuzione del calore all'interno dei locali si distinguono diverse tipologie di pompe di calore: aria-aria, aria-acqua, acqua-aria, acqua-acqua e geotermiche.

Pompa di calore con sorgente ad aria: può utilizzare come fonte di energia aria esterna, aria interna o aria esausta (Fonte: EHPA White Paper)



Pompa di calore con sorgente ad acqua: molto simile alla pompa di calore geotermica, utilizza direttamente l'acqua come fluido di scambio calore col refrigerante invece di un circuito chiuso intermedio (Fonte: EHPA White Paper)



Pompa di calore geotermica: lo scambio di calore tra refrigerante e sottosuolo avviene con un fluido intermedio che circola in un circuito chiuso sotterraneo (Fonte EHPA White Paper)

La pompa di calore deve essere abbinata a un opportuno sistema di distribuzione in grado di trasportare (o asportare) il calore all'interno dei locali. Il fluido di distribuzione all'interno dei locali può essere l'aria (quella dell'ambiente per i sistemi a espansione diretta, oppure quella dei canali d'immissione per i sistemi cosiddetti "a tutt'aria") o l'acqua (se l'impianto è dotato di un sistema idronico che distribuisce il calore in terminali situati negli ambienti da climatizzare).

Le pompe di calore ad aria possono essere a espansione diretta o a tutt'aria (rooftop e altri canalizzati).
In questo caso gli impianti di piccola o media potenza possono essere di entrambe le categorie; nello specifico sono costituiti da un'unità esterna collegata a una o più unità interne (mono o multisplit) raccordate tra loro tramite tubazioni nelle quali scorre il refrigerante oppure da canalizzazioni per il trasporto dell'aria.

Nei settori terziario e residenziale si può ricorrere anche a sistemi con flusso di refrigerante variabile (VRF/VRV a seconda della casa produttrice) soprattutto nei casi in cui si verificano carichi estremamente variabili.

Negli impianti di dimensioni più importanti si possono usare i sistemi a tutt'aria costituiti da una o più unità di climatizzazione dalle quali si dirama un circuito di canali che trasporta l'aria trattata nei vari locali con opportuni diffusori di mandata. Questo tipo di impianto comprende un sistema di ventilazione meccanica grazie al quale l'aria ambiente viene estratta dai singoli locali e in parte espulsa all'esterno dopo, eventualmente, un recupero del calore attraverso batterie di scambio termico.

Tra gli impianti che ricadono in questa tipologia si annoverano in particolare i rooftop, utilizzati prevalentemente nel settore commerciale caratterizzato da ambienti di grandi dimensioni (sale spettacolo, grande distribuzione), dove l'unità di climatizzazione è posta sul tetto e i canali di mandata e ripresa distribuiscono l'aria nei locali da climatizzare.

Le pompe di calore idroniche utilizzano l'acqua come mezzo di trasporto del calore, introducendo quindi un passaggio intermedio in più tra l'ambiente esterno e l'ambiente interno da climatizzare.
Il componente principale è costituito dal gruppo di refrigerazione/riscaldamento dell'acqua (water chiller a pompa di calore) che è concentrato in un'unica centrale esterna dalla quale si diramano le tubazioni contenenti l'acqua che verrà poi distribuita nei locali da climatizzare.

Per gli impianti idronici, i terminali all'interno degli ambienti da climatizzare sono tipicamente i radiatori, i ventilconvettori (fan coil) o i pannelli radianti.
I radiatori sono i più comuni sistemi di diffusione del calore in ambito domestico e prevedono una temperatura di ingresso dell'acqua a 70°C e di uscita a 50°C.
In questo caso specifico, le pompe di calore ad alta temperatura, che consentono di raggiungere temperature dell'acqua calda fino a 70-80°C, possono costituire la soluzione più adatta, soprattutto in edifici di grandi dimensioni, come case unifamiliari o edifici residenziali con più appartamenti, non coibentate.

Esse possono infatti essere installate in sostituzione di caldaie tradizionali o ad integrazione di sistemi di riscaldamento esistenti, con importanti riduzioni dei costi energetici. La pompa di calore ad alta temperatura non prevede infatti una sorgente integrativa di calore a minore efficienza come la resistenza elettrica di backup poiché è in grado di mantenere una potenza termica elevata anche per temperature di mandata tipiche dei radiatori in tutto il range di temperature esterne.

È sempre più diffuso l'impiego di radiatori a bassa temperatura che scambiano efficacemente calore anche con temperature di ingresso dell'acqua di 55°C.
Va tuttavia precisato che, dal momento che i radiatori non permettono di raffrescare gli ambienti durante la stagione estiva, le pompe di calore ad alta temperatura sono progettate per garantire solo i servizi di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria.

Il fan coil è uno scambiatore di calore acqua/aria che con l'ausilio di un ventilatore preleva aria dall'ambiente interno, la filtra e la reimmette nell'ambiente dopo lo scambio termico con l'acqua circolante nell'impianto.
Questi terminali permettono una regolazione individuale della temperatura dell'ambiente e possono essere realizzati a due o quattro tubi: in quest'ultimo caso la circolazione simultanea di acqua calda e fredda consente di riscaldare e raffrescare contemporaneamente ambienti diversi.
I fan coil richiedono tipicamente una temperatura dell'acqua pari a circa 45/40°C in inverno e 7/12°C in estate.

I pannelli radianti sono costituiti da tubazioni in materiale plastico o in rame solitamente poste sotto il pavimento, ma che possono anche essere collocate sopra al soffitto o dietro le pareti.
La prima opzione è quella più ampiamente diffusa nel settore residenziale e terziario, mentre la seconda è più adatta a locali di grandi dimensioni o capannoni industriali. Grazie alla loro estesa superficie, i pannelli radianti permettono di utilizzare acqua a temperature molto inferiori rispetto ai radiatori (circa 35°C).
A differenza di questi ultimi possono inoltre essere utilizzati per il raffrescamento estivo, purché sia integrato un sistema di deumidificazione che smaltisca la condensa che si viene a creare.
Le temperature di mandata dell'acqua raggiungono circa 35°C in inverno e 18/20°C in estate.

Esistono anche impianti misti aria-acqua che si caratterizzano per la presenza di un'unità per il trattamento dell'aria primaria (UTA) e di terminali ad acqua ubicati negli ambienti da climatizzare. Oltre alla rete di tubazioni per l'alimentazione dei terminali, questi sistemi richiedono l'installazione di canalizzazioni aerauliche necessarie sia per la distribuzione dell'aria di ricambio, opportunamente trattata, che per la ripresa dell'aria da espellere. Si tratta di sistemi destinati principalmente a edifici di grandi dimensioni a elevata occupazione (centri commerciali, ospedali, alberghi).

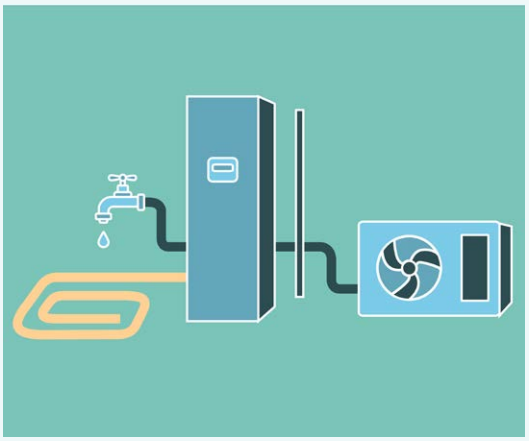
Un'ultima applicazione degna di nota riguarda infine le pompe di calore geotermiche. Il vantaggio di questa tecnologia consiste nell'utilizzo di una sorgente esterna, il calore naturale del terreno, che durante la stagione invernale è mediamente a temperatura più alta dell'aria ambiente e viceversa in estate.
Questo si traduce in una efficienza media dell'impianto superiore in quanto l'efficienza di una pompa di calore è tanto più alta quanto più si riduce la differenza di temperatura tra condensazione ed evaporazione.
Occorre però un'attenta progettazione dell'impianto perché non si può considerare il terreno come un "serbatoio di calore infinito": infatti durante la stagione invernale si preleva più calore di quanto il terreno riesca a richiamare dal terreno circostante, per cui si assiste a una progressiva diminuzione della temperatura.
Durante la stagione estiva quindi un corretto dimensionamento consente di completare il processo di ricarica del terreno e ritornare alla temperatura originaria grazie al calore che viene immesso nel terreno dall'impianto.
Nel caso invece di uno squilibrio di queste fasi si può assistere a un progressivo abbassarsi della temperatura del terreno nell'intorno delle sonde geotermiche, con alcune conseguenze:

- minore performance della pompa di calore che non lavora più in condizioni ottimali;
- rischio di congelamento dell'acqua nella sonda geotermica con necessità di antigelo e, di conseguenza, maggiore spesa per il pompaggio del fluido divenuto più viscoso.

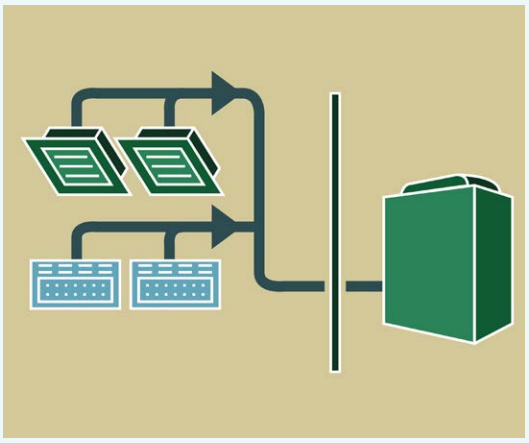
ESEMPI DI APPLICAZIONE DELLE POMPE DI CALORE

La tecnologia della pompa di calore è molto versatile: viene impiegata in prodotti con funzionalità e forme costruttive adatte alle diverse destinazioni d'uso dell'edificio in cui vengono inserite.
Si riportano di seguito alcuni esempi, a titolo indicativo e non esaustivo.

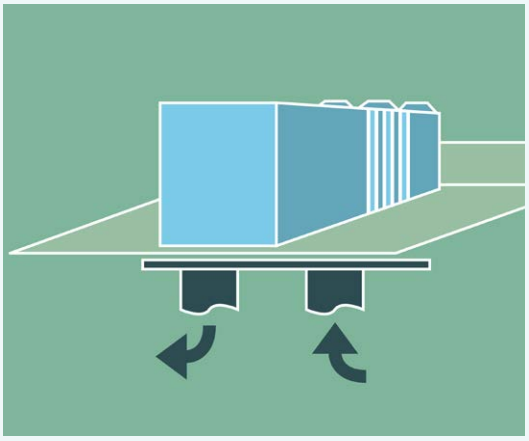
Residenziale:
sistema di tipo idronico, basato su pompa di calore aria-acqua di tipo splittato.
Funzioni:
riscaldamento, raffrescamento, produzione di acqua calda sanitaria con accumulo.
Caratteristiche:
impiega acqua come fluido vettore; diversi livelli di temperatura in base ai terminali impiegati (radiante oppure ventilconvettori); silenziosità.



Direzionale:
sistema a espansione diretta, basato su pompa di calore aria-aria, di tipo VRF a recupero di calore.
Funzioni:
riscaldamento, raffrescamento.
Caratteristiche:
serve utenti diversi; consente riscaldamento e raffrescamento contemporanei in zone differenti dell'edificio con trasferimento di energia che permette di raggiungere le efficienze più elevate.



Commerciale:
sistema ad aria, basato su pompa di calore aria-aria, di tipo monoblocco rooftop.
Funzioni:
riscaldamento, raffrescamento, rinnovo dell'aria con recupero energetico, raffrescamento gratuito (free cooling).
Caratteristiche:
sezioni ventilanti idonee per le lunghe canalizzazioni impiegate nelle grandi superfici per distribuire l'aria climatizzata; costruzione monoblocco rapida da installare.



COME OTTIMIZZARE I VANTAGGI DELLE POMPE DI CALORE

I vantaggi legati all'impiego delle pompe di calore sono molteplici e riguardano sia il singolo utilizzatore sia la comunità.

- Il singolo utilizzatore con una pompa di calore può climatizzare la propria abitazione o ufficio e produrre acqua calda sanitaria tutto l'anno con un unico impianto.
- La tecnologia della pompa di calore si interfaccia perfettamente con una gestione domotica della propria abitazione e l'internet of things: in futuro sarà sempre più facile climatizzare la propria abitazione solo quando necessario, minimizzando così i consumi e i costi, ma senza rinunciare al comfort.
- La pompa di calore, abbinata a opportuni sistemi di distribuzione aeraulica, permette una corretta ventilazione dei locali e una migliore qualità dell'aria: questo ha degli impatti significativi e difficilmente quantificabili sulla salute del singolo, che si traducono in un deciso miglioramento di qualità della vita.
- La comunità beneficia della diffusione delle pompe di calore con una minore emissione di gas a effetto serra e altri inquinanti all'interno delle città.
- Si impiegano in maniera diffusa le energie rinnovabili per applicazioni che ancora oggi richiedono grandi quantità di combustibili fossili.
- A livello di Sistema Paese, un maggiore benessere dei singoli cittadini si traduce in una minore spesa per la salute pubblica, con il conseguente avvio di un meccanismo virtuoso di investimenti.
- Le pompe di calore si prestano a dialogare con le reti elettriche intelligenti. Queste ultime possono comunicare fra loro e con il sistema centrale al fine di minimizzare i disservizi, eliminare gli sprechi e ridurre i costi senza nuocere al comfort percepito dalle persone. Si tratta di sistemi sempre più smart: da una gestione "esterna" affidata all'utilizzo di segnali elettrici e contatti puliti in ingresso/uscita, all'integrazione vera e propria di protocolli che permettono di inserire la pompa di calore all'interno di una "Smart Home" e di una "Smart Grid".

Per massimizzare tutti i benefici derivanti dall'utilizzo di una pompa di calore occorre fare una scelta oculata, affidandosi alla competenza di professionisti specializzati, soprattutto per un corretto dimensionamento dell'impianto che non può prescindere dalla zona climatica, dal fabbisogno termico e dalle caratteristiche dell'edificio o dell'abitazione.

Le pompe di calore che vengono installate con maggiore frequenza in Italia sono del tipo aria-aria o aria-acqua: il calore viene estratto dall'aria esterna e fornito all'aria interna o all'acqua che è presente nei circuiti di riscaldamento.

In questo caso, per ottenere prestazioni e consumi ottimali durante le varie modalità di funzionamento (riscaldamento, raffrescamento, produzione di acqua calda sanitaria), occorre prestare maggiore attenzione in quanto l'efficienza della pompa di calore nella stagione invernale dipende sostanzialmente dalla combinazione dei fattori seguenti:

- temperatura esterna dell'aria;
- temperatura di mandata nell'acqua verso il sistema di distribuzione del calore;
- regime di carico, ovvero la potenza termica erogata effettivamente rispetto a quella massima possibile.

Per quanto le pompe di calore a inverter, ormai la totalità, assicurino di gestire condizioni di carico molto ampie, garantendo il massimo comfort durante tutto l'inverno, la performance non è uniforme in tutte le condizioni.
La pompa di calore di ultima generazione è comunque in grado di funzionare a temperature ben al di sotto dello zero grazie all'unità esterna con compressore e alla resistenza elettrica integrativa interna.
In linea generale l'unità esterna della pompa di calore lavora sino a quando si raggiunge una temperatura esterna di -20/-25 °C per la funzione riscaldamento e una temperatura di mandata dell'acqua di 50/55 °C per la funzione di produzione d'acqua calda sanitaria.

Oltre queste temperature, il funzionamento è integrato o garantito dalla resistenza interna alla macchina, seppur con un rendimento minore. La temperatura esterna alla quale il compressore viene spento e resta attivo il solo generatore integrativo è chiamata temperatura di cut-off della pompa di calore.

Per valorizzare le prestazioni e superare alcuni dei principali limiti operativi delle tecnologie del passato, i produttori di pompe di calore hanno fatto, negli anni, enormi sforzi e investimenti, sviluppando soluzioni a elevato contenuto tecnologico, altamente efficienti e performanti. In particolare, l'ottimizzazione del ciclo di sbrinamento invernale attraverso accorgimenti tecnici e di regolazione del funzionamento della pompa di calore ha consentito di ridurne i tempi e limitare i momenti in cui la macchina non è in grado di trasferire calore all'interno dell'edificio. Inoltre, lo sviluppo di pompe di calore bivalenti capaci di dialogare con un generatore secondario di integrazione o di back-up, in sostituzione della resistenza elettrica, ha permesso di migliorare la prestazione della pompa di calore e di massimizzarne la produzione di energia rinnovabile.

Vanno infine considerate caratteristiche tecniche e progettuali delle nuove macchine sempre più aderenti alle esigenze degli edifici esistenti, con efficienze competitive, sia alle temperature più alte di mandata dell'acqua, sia alle temperature più basse della sorgente esterna. Si tratta di pompe di calore facilmente installabili e già predisposte per il retrofit, che non richiedono di fatto interventi strutturali importanti.

Si veda a tal proposito il contributo di Ricerca sul Sistema Energetico (RSE SpA).

Capitolo 3

ANALISI COMPARATIVA TEMPORALE DEI CONSUMI DI ENERGIA PRIMARIA, PRODUZIONE DI RINNOVABILE TERMICA ED EMISSIONI DI CO_2 DELLA POMPA DI CALORE

L'analisi comparativa temporale dei consumi di energia primaria, produzione di rinnovabile termica ed emissioni di CO_2 della pompa di calore trattata nel presente capitolo tiene conto della variazione del sistema di produzione di energia elettrica, in conformità alle traiettorie previste nel PNIEC (Piano Nazionale Integrato Energia Clima) e alla revisione in corso che tende ad ampliarne gli obiettivi, di vitale importanza per il rilancio dell'economia, l'incremento dell'efficienza energetica, la lotta al mutamento climatico e il miglioramento della qualità dell'aria.

In particolare, vengono presi in considerazione i valori di alcuni obiettivi predeterminati delle attività evolutive collegate allo sviluppo intrinseco delle tecnologie in esame (fattore esogeno), evidenziando come i mutamenti produttivi di energia elettrica influenzano e interagiscono con gli apparecchi utilizzatori della rete, tra cui proprio le pompe di calore.

Si tratta in sostanza di una dimostrazione su come un fattore esterno possa influire sulle dinamiche energetiche della pompa di calore. Occorre precisare che tale analisi non tiene conto della produzione di acqua calda sanitaria che può essere prodotta sia dalle pompe di calore che da altre tecnologie. Anche le diverse direttive in discussione sull'efficienza energetica degli edifici e sui requisiti minimi, al momento, non vengono tenute in considerazione: questo perché l'influenza dei fattori esogeni non cambierebbe i parametri specifici. Si è mantenuto inalterato anche il fabbisogno termico di riferimento dell'immobile, sia a causa del pessimo stato qualitativo degli edifici esistenti, sia perché, se si diminuisse il singolo fabbisogno, per raggiungere l'obiettivo PNIEC (da 2.609 a circa 5.700 ktep/a entro il 2030) si dovrebbe aumentare sensibilmente il numero delle pompe di calore da installare.
Non si considera infine la possibile immissione di idrogeno o di altre miscele rinnovabili nelle reti di distribuzione gas perché, al momento, non sembra imminente una rapida diffusione di questo vettore energetico in rete.
Qualora la rete dovesse svilupparsi in tal senso, si avrebbero in ogni caso riflessi positivi esogeni molto importanti anche sulle pompe di calore a causa di ulteriore rinnovabile immessa nella produzione di energia elettrica.

Entrando nel dettaglio dell'analisi comparativa, le valutazioni di seguito, improntate agli obiettivi connessi alle modalità di produzione dell'energia elettrica in Italia nel 2023, 2030 e 2050, riguardano:

1. i consumi di energia primaria fossile;
2. la produzione di rinnovabile termica;
3. le emissioni di CO_2.

Come valore medio stabile per tutte le tecnologie a pompa di calore (acqua/acqua, geotermiche, aria/acqua, VRF, rooftop, aria/aria in genere) si considera uno SCOP (Seasonal Coefficient of Performance) di 4,1, risultato dalla media ponderale delle statistiche Assoclima/ANIMA.

I calcoli effettuati tengono inoltre conto dei seguenti parametri:

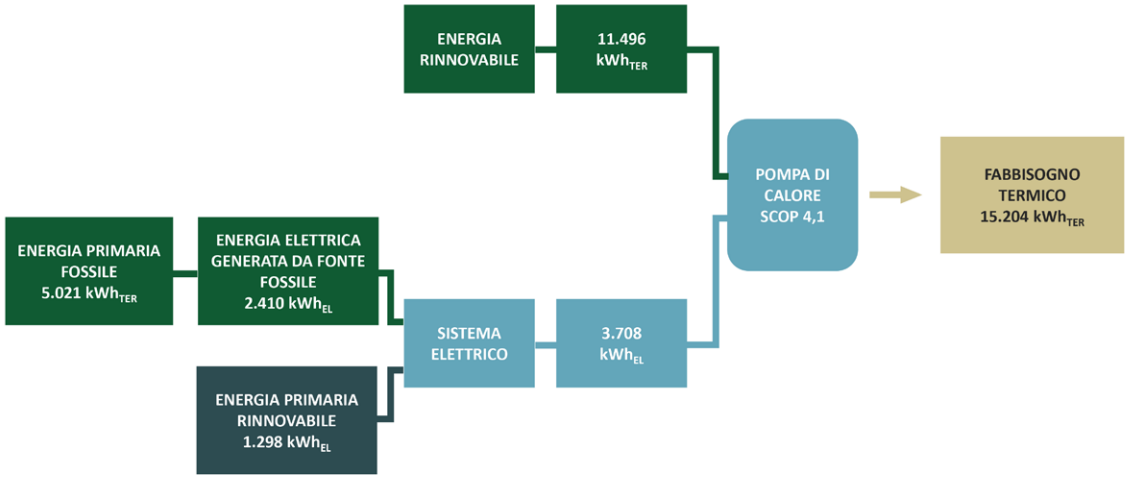
- frazione di fossile nella produzione di energia elettrica in Italia nel 2021: 65% (fonte Terna);
- frazione di rinnovabile elettrica nel 2021: 35% (fonte Terna);
- rendimento della trasformazione da fossile in elettrico al 2023: 48%;
- i consumi in kWht sono stati calcolati in base al carico termico della sola climatizzazione invernale e sono relativi a un appartamento da ristrutturare, di 100 m^2, classe G, ubicato a Milano (zona E) con 2.404 gradi giorno, 181 giorni di funzionamento, 14 ore di accensione e potenza termica media di utilizzo a tempo pieno pari a 6 kWt. A oggi, si rileva che nella città di Milano il 50% degli edifici sono in classe G, mentre il 18% sono in classe F; solo lo 0,7% è in classe A.
- le emissioni di CO_2, secondo i seguenti fattori di conversione:

Gas naturale metano = 56 grammi per MJ
1 kWh = 3,6 MJ
Energia elettrica da fonte fossile = 440 grammi per kWhe
Rapporto di trasformazione energia elettrica rinnovabile: 1

COMPARAZIONE PRELIEVI DI ENERGIA PRIMARIA TRA POMPA DI CALORE ELETTRICA E IMPIANTO TERMICO PRE-ESISTENTE (PER CONVENZIONE CONSIDERIAMO UNA RESA DEL 100%) - ANNO 2023

Con riferimento allo schema di seguito, la lettura deve seguire il percorso da destra a sinistra, partendo dal carico termico dell'abitazione pari a 15.204 kWht/a.
Nel caso della pompa di calore occorre dividere il valore del carico termico per lo SCOP di 4,1 ottenendo così consumi elettrici, necessari a soddisfare la domanda termica, pari a 3.708 kWhe. La produzione di rinnovabile termica prelevata dall'ambiente esterno è pari a 11.496 kWht. In questo caso, l'energia primaria necessaria sarà pari a 6.319 kWh di cui il 35%, 1.298 kWhe, rinnovabile e il 65%, 5.021 kWht, provenienti da fonte fossile.
In sostanza, per riscaldare 100 m^2 di abitazione a Milano con una richiesta termica pari a 15.204 kWht per la sola climatizzazione invernale, la pompa di calore consuma 3.708 kWhe di energia elettrica e 6.319 kWh di energia primaria, con un risparmio energetico pari al 58,5%.

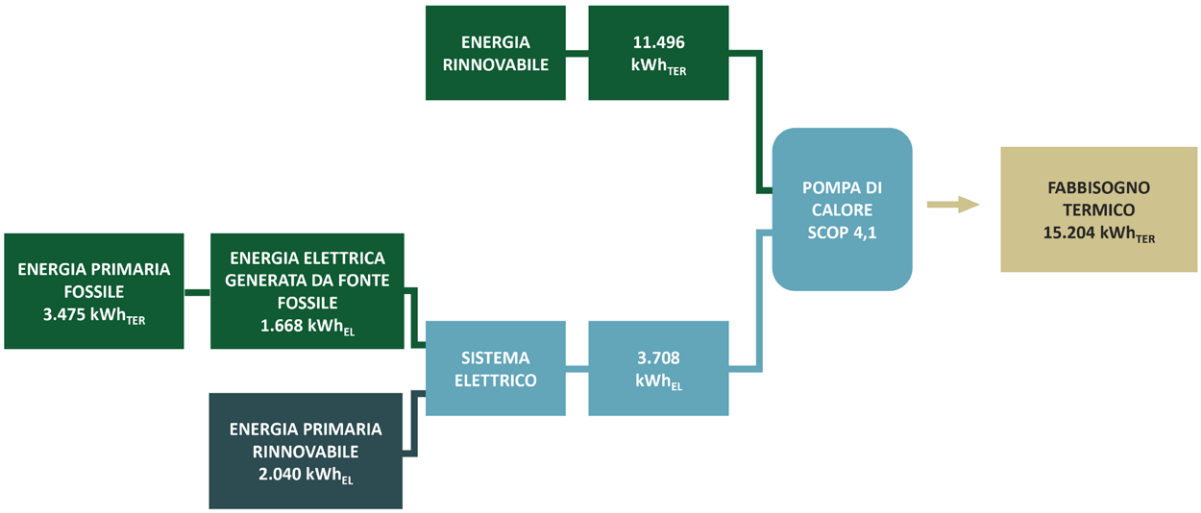
GENERAZIONE TERMICA DA POMPA DI CALORE – SCENARIO 2023/2024



COMPARAZIONE PRELIEVI DI ENERGIA PRIMARIA TRA POMPA DI CALORE ELETTRICA E IMPIANTO TERMICO PRE-ESISTENTE (RESA 100%) - ANNO 2030

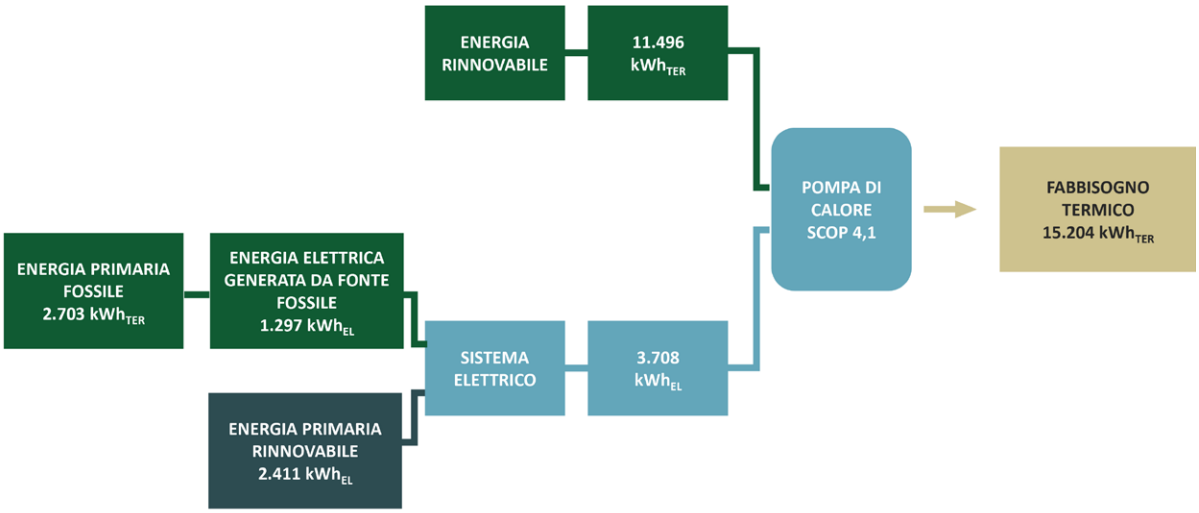
Il criterio di analisi dello schema di seguito resta lo stesso visto in precedenza relativo al 2023-2024. Come si può osservare, a causa dell'incremento della produzione elettrica di rinnovabile, pari al 55%, l'energia primaria fossile necessaria alla pompa di calore diminuisce, mentre il mix di primaria si attesta su 5.515 kWh, di cui 2.040 kWhe rinnovabili e 3.475 kWh fossili. In questo caso il risparmio energetico aumenta fino ad una quota pari al 64%.

GENERAZIONE TERMICA DA POMPA DI CALORE – SCENARIO 2030 (ipotesi PNIEC)



Il beneficio è ancora più evidente nel caso in cui al 2030 si riuscisse a raggiungere il 65% di produzione elettrica tramite fonti rinnovabili come stimato da Terna.

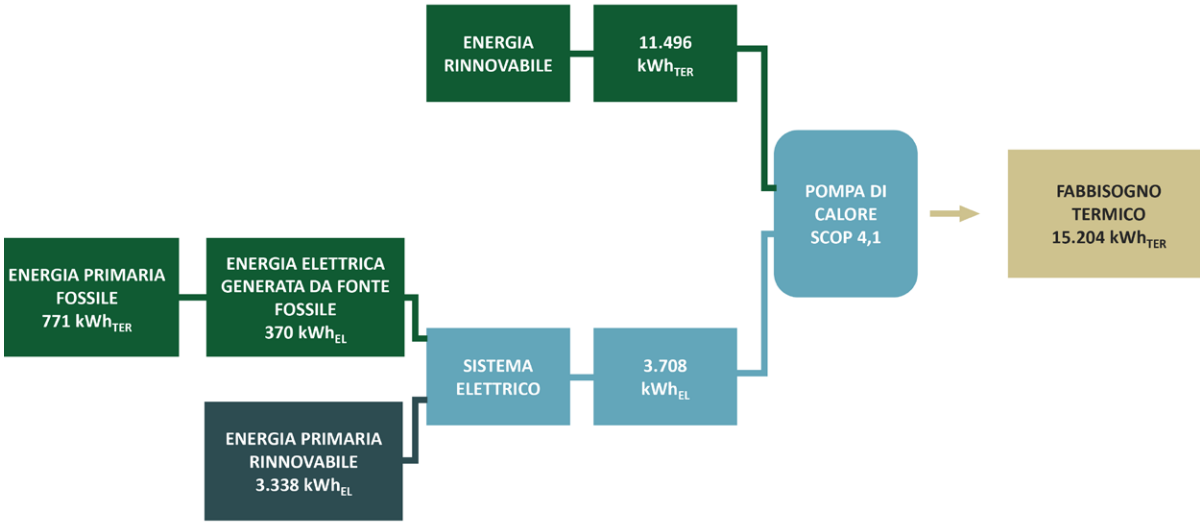
GENERAZIONE TERMICA DA POMPA DI CALORE – SCENARIO 2030 (ipotesi TERNA)



COMPARAZIONE PRELIEVI DI ENERGIA PRIMARIA TRA POMPA DI CALORE ELETTRICA E IMPIANTO TERMICO PRE-ESISTENTE (RESA 100%) - ANNO 2050

Con lo stesso criterio di analisi dei precedenti schemi, si valuta il diagramma 2050. Le rinnovabili elettriche si diffondono largamente in tutta Europa con una produzione pari al 90% di energia rinnovabile e con la smart grid completamente realizzata. L'energia primaria necessaria per il funzionamento della pompa di calore diminuisce ulteriormente e si attesta su 4.109 kWh, di cui 771 kWh da fonte fossile e 3.338 kWhe da fonte rinnovabile.
Il risparmio di energia primaria in questo caso sarà pari al 73%.

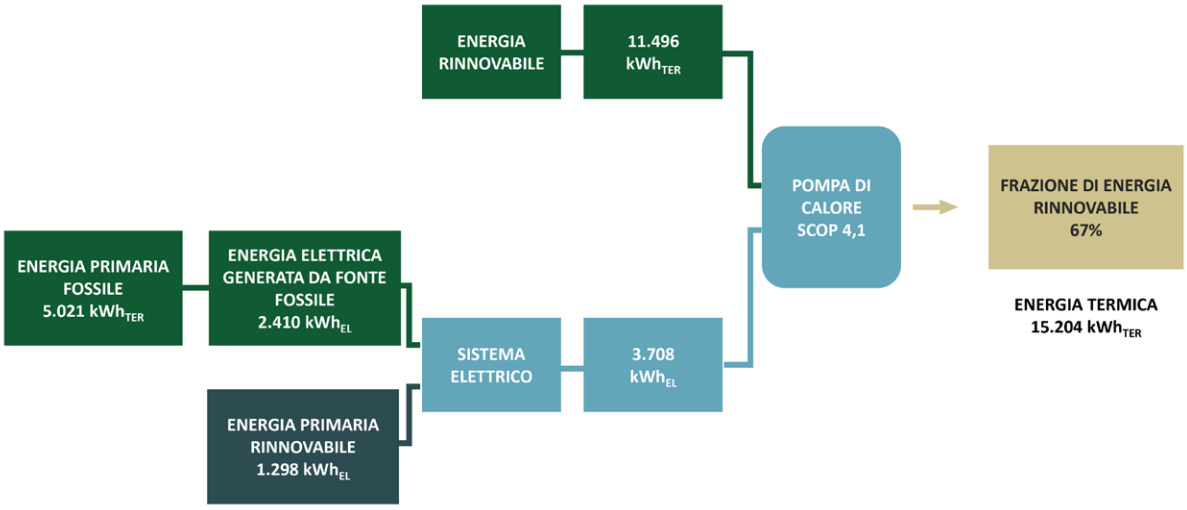
GENERAZIONE TERMICA DA POMPA DI CALORE – SCENARIO 2050 (Neutralità Climatica)



COMPARAZIONE DECARBONIZZAZIONE E RINNOVABILI

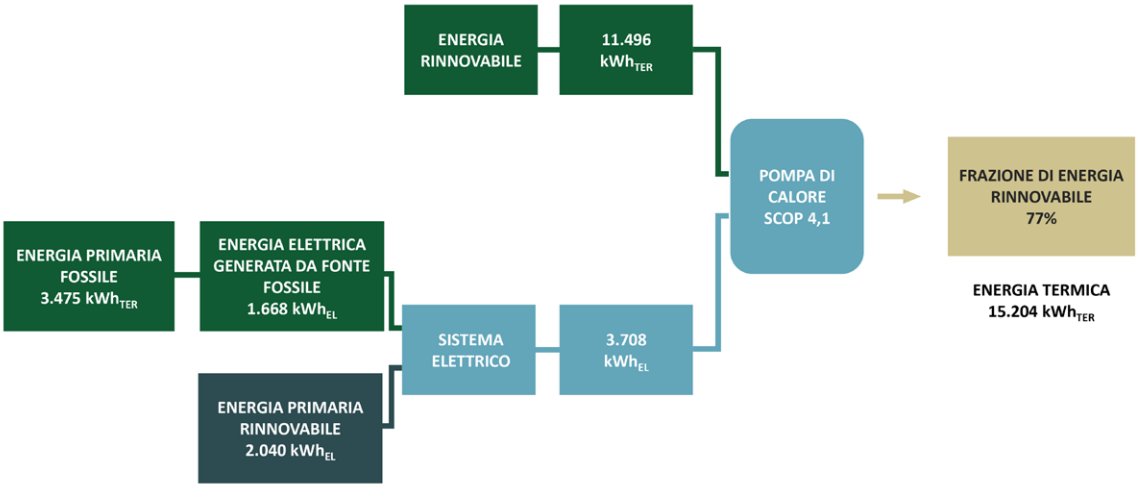
Sempre sulla scorta dei parametri indicati dal PNIEC, l'analisi che segue illustra gli effetti del mutamento delle caratteristiche produttive dell'energia elettrica sulla tecnologia a pompa di calore e le oggettive ripercussioni e collegamenti con le rinnovabili termiche. Nel 2023-2024 l'energia rinnovabile "prodotta" dalle pompe di calore è pari al 67%, mentre l'energia da fonte fossile è pari al 33%.

BENEFICI DELLE POMPE DI CALORE: DECARBONIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA SCENARIO 2023/2024



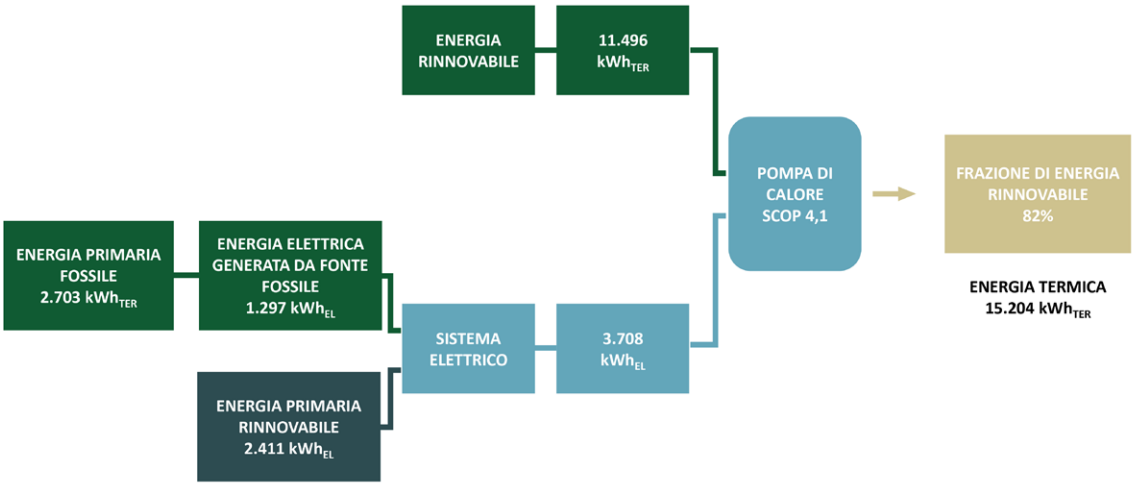
La situazione al 2030 prevede che la produzione di rinnovabile elettrica assuma un valore pari al 55% permettendo così all'energia rinnovabile termica "prodotta" dalle pompe di calore di salire al 77%.

BENEFICI DELLE POMPE DI CALORE: DECARBONIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA
SCENARIO 2030 (ipotesi PNIEC)

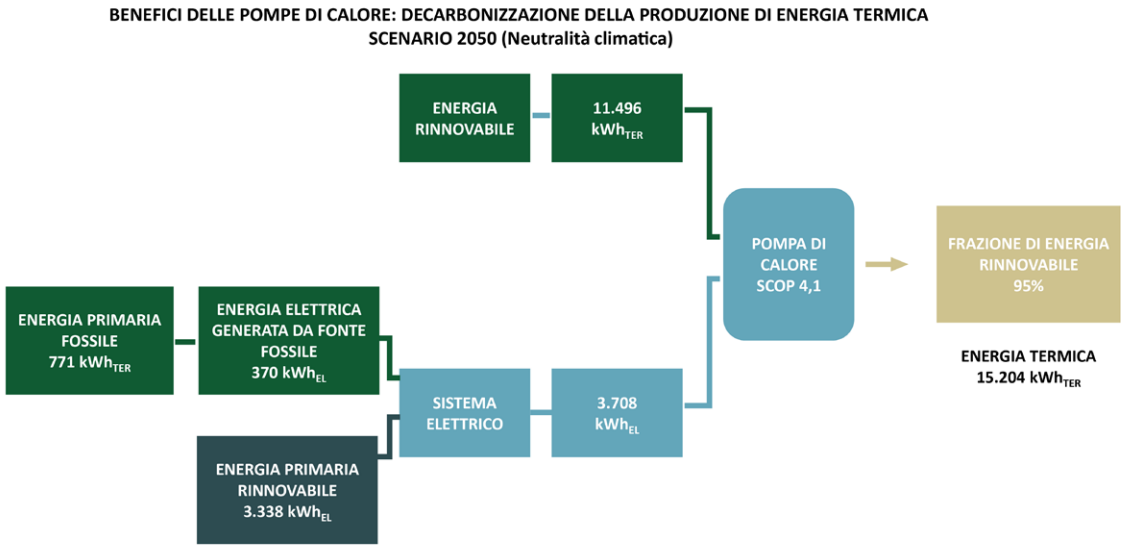


Come risulta evidente, lo scenario diventa sempre più favorevole quanto più si incrementa la diffusione delle rinnovabili nel sistema di produzione di energia elettrica. Di seguito l'analisi al 2030 nell'ipotesi di una quota rinnovabile in grado di raggiungere il 65%.

BENEFICI DELLE POMPE DI CALORE: DECARBONIZZAZIONE DELLA PRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA
SCENARIO 2030 (ipotesi TERNA)

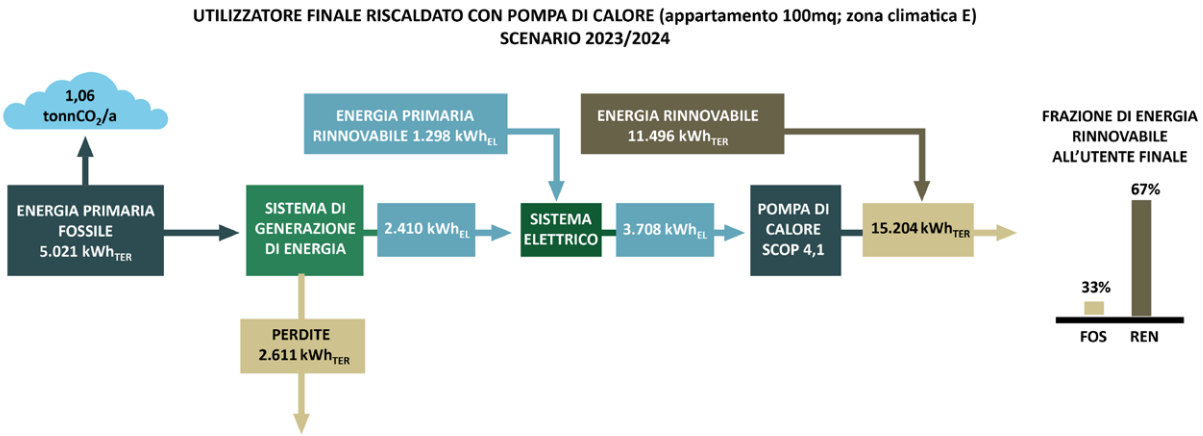


Nel 2050, il piano di decarbonizzazione circa la produzione di energia rinnovabile elettrica stima valori attorno al 90%. Considerando questo dato, la pompa di calore produrrà il 95% di rinnovabile termica a fronte del 5% di energia fossile utilizzata.

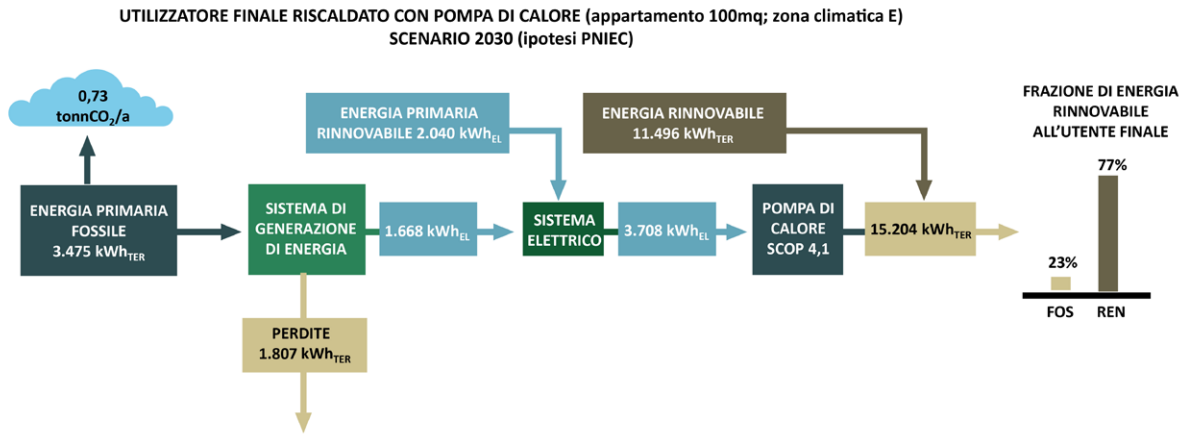


EMISSIONI DI CO_2

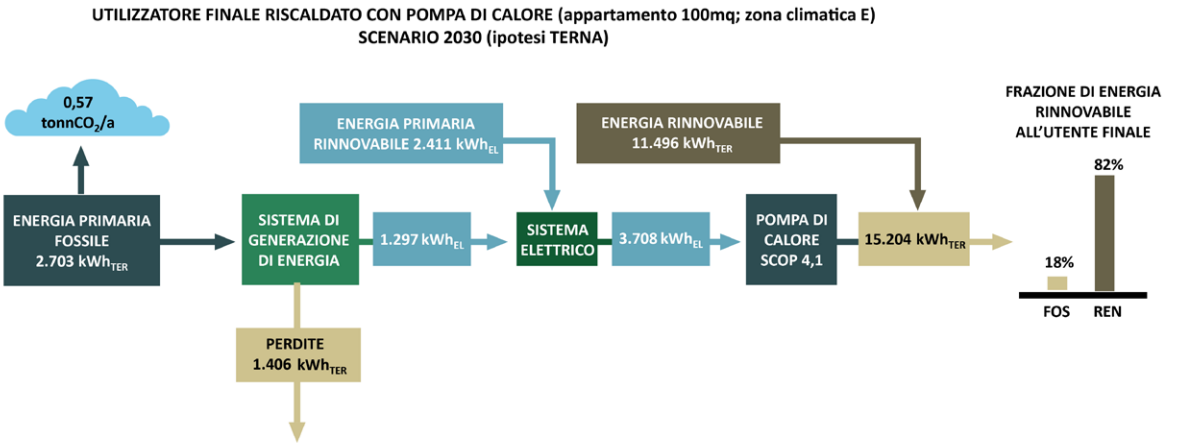
Lo schema del 2023-2024 evidenzia come la pompa di calore contribuisce alla riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra come la CO_2. Infatti, a fronte della produzione dei 15.204 kWht in questione, le emissioni totali provocate dalla pompa di calore presso le centrali termoelettriche ammontano a 1,06 ton/a e a 70 grammi di emissioni specifiche per kWht (molto basse). In sostanza, con la pompa di calore le emissioni di CO_2 risultano ridotte del 65% rispetto all'utilizzo dell'impianto precedentemente in essere (responsabile di circa 3,06 ton/a di emissioni).



Nell'anno 2030, sempre attenendosi al PNIEC, per effetto dell'incremento della percentuale di energia elettrica rinnovabile al 55%, le emissioni di CO_2 della pompa di calore si riducono ulteriormente, passando a 0,73 ton/a di emissioni totali e a 48 grammi di CO_2 le emissioni specifiche per kWht.

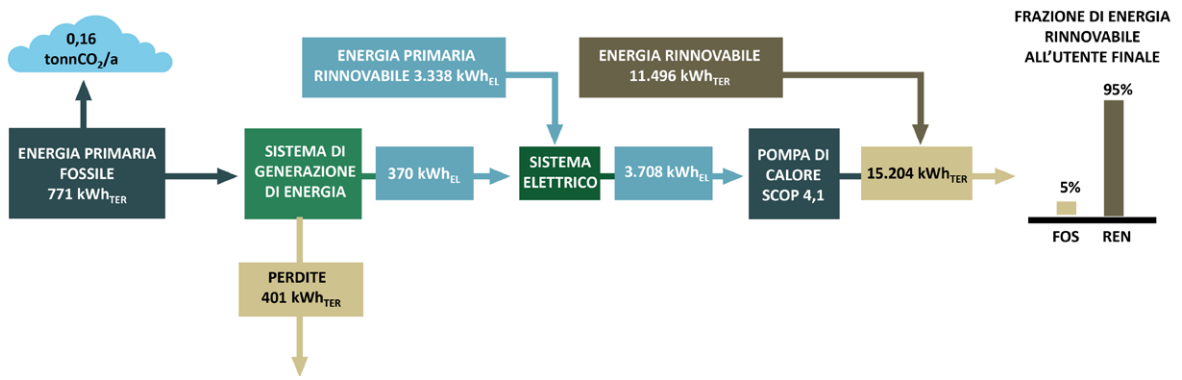


Qualora la produzione di energia tramite fonti rinnovabili dovesse rispettare le previsioni stimate da Terna, già al 2030 si potrebbe ottenere un risparmio di emissioni rispetto a un generatore tradizionale dell'81%.



Nell'immagine riferita all'anno 2050, con l'incremento al 90% della produzione dell'energia rinnovabile elettrica, la riduzione della CO_2 emessa dalla pompa di calore (nel luogo di produzione di energia elettrica da fonte fossile) è sorprendente perché, sempre nell'unità immobiliare di riferimento, passa a sole 0,16 ton/a.
Le emissioni specifiche passano a 10,5 grammi/a di CO_2 per kWht; pertanto, la riduzione di CO_2 rispetto all'energia termica prodotta da un'apparecchiatura alimentata a gas metano è pari al 96,8%.

UTILIZZATORE FINALE RISCALDATO CON POMPA DI CALORE (appartamento 100mq; zona climatica E)
SCENARIO 2050 (Neutralità climatica)



In conclusione, nel documento PNIEC e in tutti i relativi approfondimenti appare con grande chiarezza la filosofia e lo spirito dell'Europa che, nel chiedere a tutti gli Stati Membri di progettare il proprio Piano Energia e Clima, spinge per una decisa riduzione della dipendenza dalle importazioni di energia fossile attraverso il risparmio energetico, la produzione di energia rinnovabile elettrica e termica, la qualità dell'aria, la salvaguardia dell'ambiente e la gestione della trasformazione tecnologica secondo le nuove esigenze del mercato dell'energia sempre più decentralizzato e orientato a valorizzare le innovazioni Smart.

Appare chiaro, inoltre, che i circa tre milioni di Tep di rinnovabile assegnati alle pompe di calore entro il 2030 saranno sottratti all'energia fossile generata nel settore civile da caldaie a gas, a gasolio o a carbone, poiché le biomasse da legna, pellet e derivati sono considerate rinnovabili. Non si tratta ovviamente di un obiettivo banale da raggiungere. È necessario esaminare con diligenza le forme d'incentivazione necessarie e le eventuali correzioni da porre in essere in modo da favorire e stimolare le anticipazioni degli investimenti dalla Pubblica Amministrazione e, soprattutto, dai singoli privati. È infine importante precisare che la climatizzazione a ciclo annuale a pompa di calore, eliminando tutti i particolati locali quali il PM10 e le nanoparticelle, può influire positivamente sulla salute umana apportando benefici all'apparato cardiocircolatorio e respiratorio, rendendoci probabilmente più resistenti alle malattie virali.

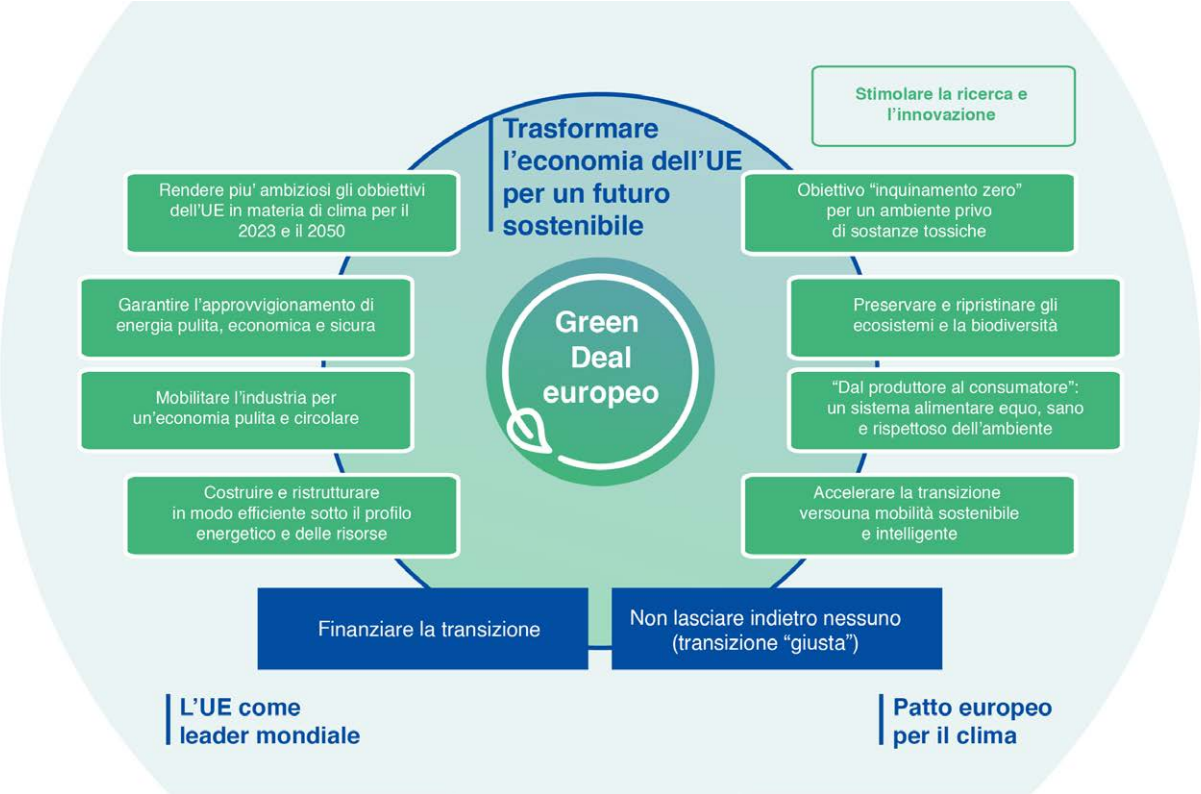
Capitolo 4

IL CONTESTO POLITICO E LEGISLATIVO EUROPEO

La diffusione delle pompe di calore è fondamentale per la transizione verso l'energia pulita e per raggiungere la neutralità in carbonio in linea con gli obiettivi fissati nel **Green Deal europeo** (https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en).

Tutti gli scenari politici su cui si fondano le proposte legislative del pacchetto **Fit for 55** (https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/) prevedono una grande crescita delle pompe di calore in tutti i settori, in particolare negli edifici.

Per centrare gli obiettivi per il 2030 e conseguire la necessaria rapida decarbonizzazione della produzione di energia termica, bisognerebbe smettere quanto prima di installare generatori tradizionali a bassa efficienza nei nuovi edifici e sostituire quelli alimentati da combustibili fossili con nuovi modelli.



In particolare, la revisione della direttiva sull'efficienza energetica degli edifici **EPBD - Energy Performance of Buildings Directive** (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0802&qid=1641802763889) rientra, a pieno titolo, tra le azioni necessarie per raggiungere gli obiettivi del Fit for 55 Package e dell'European Green Deal.
Proprio lo scorso marzo il Parlamento Europeo ha dato il via libera alla direttiva "Case Green".

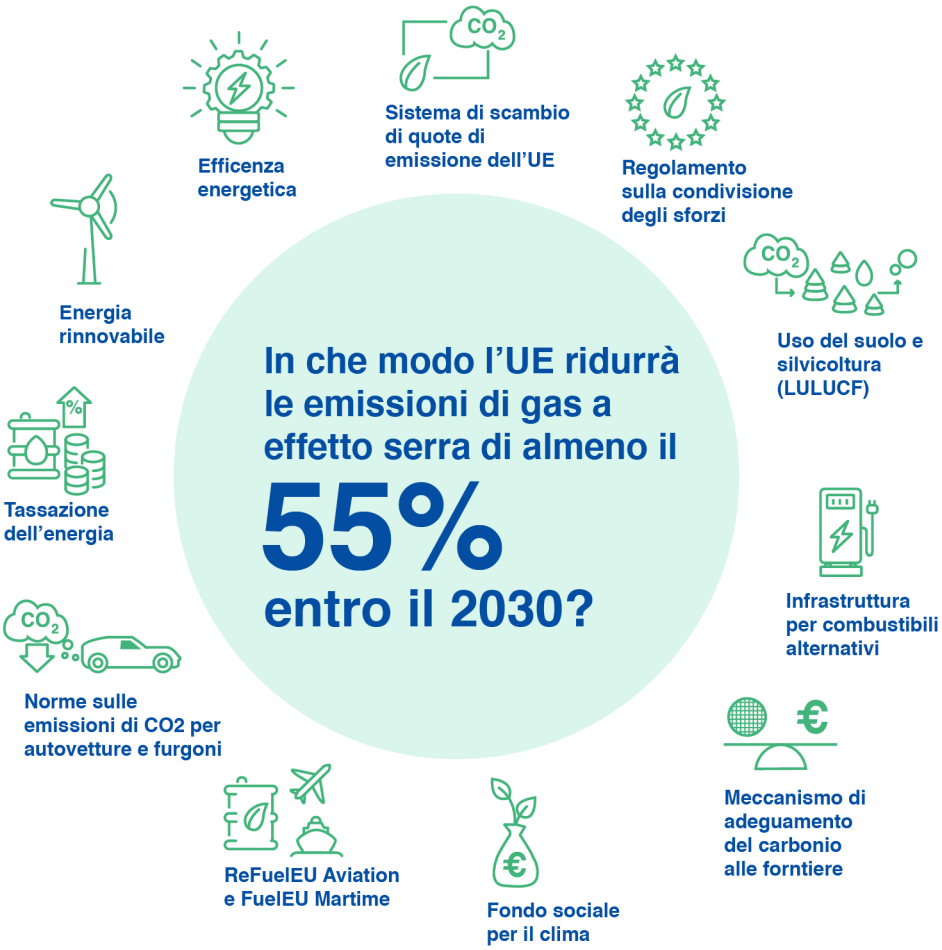
Il testo approvato, prevede:

- Classe E per gli edifici residenziali entro il 2030 e classe D entro il 2033. Partendo dal 15% di edifici più energivori nei vari paesi (classe G). Per gli edifici pubblici, le scadenze sono al 2027 per la classe E e al 2030 per la classe D.
- I nuovi edifici di proprietà pubblica dovranno essere a emissioni 0 (Zeb) a partire dal 2026. Per tutti gli altri edifici, la scadenza è al 2028.
- Gli impianti solari diventano obbligatori per tutti gli edifici: dal recepimento della direttiva, per i nuovi edifici pubblici e non residenziali, fino alla scadenza del 2032 per gli edifici residenziali sottoposti a ristrutturazioni importanti.
- I sistemi di riscaldamento a combustibili fossili saranno vietati dal 2035. Questo provvedimento avrà effetto anche sui bonus edilizi, in quanto gli Stati membri dell'Unione Europea non potranno più concedere incentivi a tali sistemi.

Tra gli edifici esclusi dagli obblighi della direttiva ci sono i monumenti e gli edifici dal significativo valore storico o architettonico, i luoghi di culto, le seconde case utilizzate per meno di quattro mesi l'anno e gli immobili di edilizia sociale.

Sono ora in corso i negoziati con i Governi UE che porteranno al testo definitivo; tale direttiva darà inevitabilmente un impulso forte alle rinnovabili e alle pompe di calore elettriche in tutta Europa. Ogni Stato dovrà infatti definire, nel proprio piano nazionale, misure e strumenti in grado di garantire il rispetto di questi obiettivi.

Lo stesso piano **REPowerEU** (https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_it) esorta a dare la priorità agli investimenti nelle energie rinnovabili e nell'efficienza energetica per ridurre le importazioni di combustibili fossili e raddoppiare l'attuale tasso di diffusione delle pompe di calore negli edifici.
Prevede inoltre una diffusione più rapida delle pompe di calore di grande potenza nelle reti di teleriscaldamento e teleraffrescamento.



È necessario passare urgentemente a tecnologie di riscaldamento e raffrescamento rinnovabili ed efficienti negli edifici, nell'industria e nelle reti. Anche **la relazione della Commissione europea sulla competitività delle tecnologie per l'energia pulita** (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=CELEX%3A52021DC0952) prevede di dare maggiore impulso allo sviluppo della tecnologia a pompa di calore.
Il piano industriale del Green Deal europeo (https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan_it) individua nelle pompe di calore una delle tecnologie chiave per centrare gli obiettivi di neutralità climatica dell'UE enunciati nella **legge sull'industria a zero emissioni nette** (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52023PC0161) per sostenere la produzione industriale.

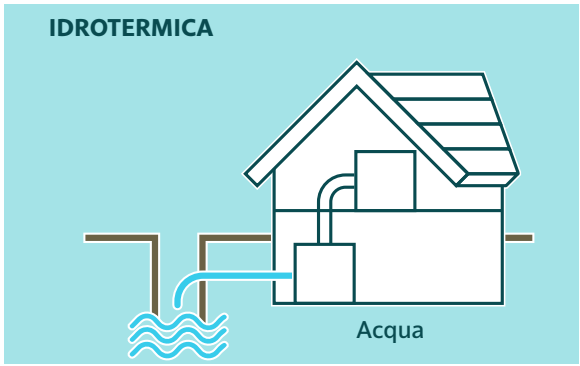
Il conseguimento degli obiettivi si basa sul quadro definito principalmente dalle seguenti misure:

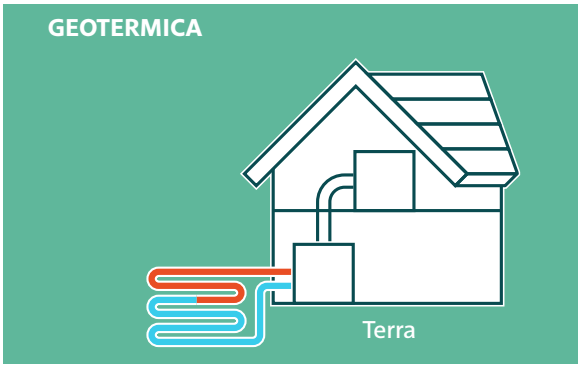
- l'ondata di ristrutturazioni;
- l'attuale riesame dei regolamenti specifici sui prodotti per il riscaldamento e il raffrescamento nel quadro della normativa sulla progettazione ecocompatibile e sull'etichettatura energetica;
- la revisione in corso della direttiva sulla prestazione energetica nell'edilizia, della direttiva sulle energie rinnovabili e della direttiva sull'efficienza energetica, che rientra nel pacchetto legislativo **Fit for 55**.

Vista l'importanza strategica delle pompe di calore per il conseguimento degli obiettivi comunitari di decarbonizzazione e transizione energetica, ad aprile 2023 la Commissione Europea ha lanciato un'altra importante iniziativa a favore del settore: l'**Heat Pumps Action Plan** (https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13771-Heat-pumps-action-plan-to-accelerate-roll-out-across-the-EU_en).
Lo scopo principale è proprio quello di accelerare l'installazione delle pompe di calore all'interno del mercato europeo, superando gli ostacoli e le criticità che ne limitano ancora oggi lo sviluppo in tutta Europa.
L'iniziativa punta in particolare a:

1. accelerare i progressi nella decarbonizzazione del sistema energetico;
2. creare le condizioni per il passaggio a sistemi di riscaldamento e raffrescamento rinnovabili negli edifici, nell'industria e nelle reti;
3. sostenere la competitività dell'industria dell'energia pulita dell'UE.

Secondo i dati Eurostat, circa il 50% di tutta l'energia consumata oggi nell'UE è usata per il riscaldamento e il raffrescamento. Oltre il 70% del riscaldamento e del raffrescamento si basa ancora sui combustibili fossili, soprattutto sul gas naturale. Nel settore residenziale circa l'80% del consumo finale di energia è usato per riscaldare gli ambienti e l'acqua. Per ridurre tale energia sarà pertanto necessario ricorrere alle pompe di calore, tecnologie mature, rinnovabili e più efficienti dei sistemi tradizionali a fonti fossili.





In assenza di azioni mirate dell'UE, c'è il rischio che 22 milioni di vecchi apparecchi di riscaldamento individuali e diverse migliaia di vecchie unità di riscaldamento a combustibili fossili di grandi dimensioni siano sostituiti ancora da caldaie a combustibili fossili.
Per contribuire a ridurre l'uso di gas e petrolio, il piano REPowerEU stabilisce in particolare l'obiettivo di installare almeno 10 milioni di nuove pompe di calore in tutta Europa entro il 2027.

Inoltre, con l'ipotesi di eliminazione graduale delle caldaie individuali entro il 2029 nell'ambito della progettazione ecocompatibile, si prevede che entro il 2030 saranno installate in UE almeno 30 milioni di pompe di calore in più rispetto al 2020, la maggior parte delle quali idroniche (comprese quelle ibride).
Naturalmente c'è la consapevolezza che anche l'industria delle caldaie si sta preparando ad affrontare questa transizione, spingendo per un approccio multi-tecnologico, e che lo sviluppo di nuove soluzioni gas adaptive o green gas ready non potrà che favorire un processo di decarbonizzazione sostenibile.

La Commissione ritiene pertanto urgente intervenire rapidamente per abbattere tutte le barriere e creare le condizioni necessarie per dare una spinta decisiva alla crescita delle pompe di calore in tutti gli stati membri.
Il piano d'azione per accelerare la diffusione delle pompe di calore, che dovrebbe essere adottato nell'ultimo trimestre del 2023, si focalizzerà, in particolare, su quattro linee di intervento:

- Partnership
- Comunicazione e competenze
- Legislazione
- Finanziamenti

Per quanto riguarda la prima linea di intervento, è prevista la creazione di piattaforme e Partnership tra la Commissione, gli Stati membri, l'industria, gli istituti finanziari e gli enti di formazione e ricerca lungo tutta la catena del valore delle pompe di calore, che punteranno ad aumentare la produzione, creare migliori condizioni nazionali (compreso un rapporto favorevole tra i prezzi dell'elettricità e del gas) e garantire un'ampia diffusione di questi impianti senza compromettere la stabilità della rete elettrica.
La seconda linea di intervento punta invece a fornire ai cittadini, alle imprese e alle piccole industrie informazioni facilmente accessibili sulle soluzioni esistenti a pompa di calore e una risposta operativa alla carenza di competenze nell'UE, promuovendo l'incremento di una forza lavoro esperta nel settore.
Lato finanziamenti, il piano d'azione individuerà sistemi di sostegno (soprattutto per i cittadini meno abbienti) e promuoverà il coinvolgimento dell'intero sistema energetico allo scopo di dare priorità agli investimenti in progetti integrati di riqualificazione energetica.

Infine, sul fronte della legislazione, l'obiettivo è quello di dare un segnale politico sufficientemente forte per il mercato delle pompe di calore, anche sostituendo gradualmente le caldaie autonome entro il 2029.

Si agirà perciò, come già accennato in precedenza, su numerosi fronti, i cui approfondimenti puntuali possono essere consultati ai seguenti link:

- **The Renovation Wave**
  (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1603122220757&uri=CELEX:52020DC0662);

- The ongoing reviews of heating and cooling product-specific regulations under the **Ecodesign and Energy Labelling** framework
  (https://commission.europa.eu/energy-climate-change-environment/standards-tools-and-labels/products-labelling-rules-and-requirements/energy-label-and-ecodesign_en);

- The ongoing revision of the **Energy Performance of Buildings Directive** (EPBD)
  (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0802&qid=1641802763889),
  the **Renewable Energy Directive** (RED)
  (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0557&qid=1677673539865)
  and the **Energy Efficiency Directive** (EED)
  (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52021PC0558);

- **Emergency measure on permitting for renewables**
  (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52022PC0591&qid=1669020920010);

- **The revision of the Electricity Market Design**
  (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52023PC0148&qid=1679410882233);

- Commission's proposal for a **Net-Zero Industry Act**
  (https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/net-zero-industry-act_en)
  and for a **Critical Raw Materials Act**
  (https://single-market-economy.ec.europa.eu/publications/european-critical-raw-materials-act_en);

- Commission's proposal for the recast of the **Energy Taxation Directive**
  (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021PC0563)
  and for a **Regulation on fluorinated greenhouse gases**
  (https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52022PC0150).

Entro la fine del 2024 si dovrebbe completare il nuovo quadro legislativo e normativo europeo per le pompe di calore. L'industria nazionale ed europea delle pompe di calore auspica che alcune delle revisioni in corso, tra cui in particolare quella sul regolamento F-gas, non introducano misure e restrizioni tali da limitare la potenziale espansione del settore, indispensabile per raggiungere i traguardi così ambiziosi che l'Europa si è posta.

Il settore della produzione delle pompe di calore si trova oggi nella posizione ideale per soddisfare la domanda e pertanto deve rimanere competitivo.

Una strategia per accelerare la diffusione delle pompe di calore in un quadro legislativo coerente e sostenibile dal punto di vista industriale potrà sostenere la competitività, fornire valore aggiunto a livello locale e far crescere l'occupazione nell'UE.

Capitolo 5

GLI INCENTIVI PER LE POMPE DI CALORE

Le pompe di calore beneficiano ormai da alcuni anni dei principali incentivi fiscali riservati dal legislatore agli impianti ad alta efficienza per il conseguimento del risparmio energetico. Ciò significa che le pompe di calore sono state riconosciute come tecnologia strategica nell'ambito della riqualificazione energetica degli edifici e per questo motivo vengono incentivate, alternativamente, attraverso i seguenti strumenti:

- **Ecobonus**, ovvero la detrazione fiscale (dall'Irpef e dall'Ires) pari al 65% delle spese sostenute per interventi di sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti dotati di pompe di calore;
- **Superbonus**, ovvero la detrazione fiscale (dell'Irpef e dell'Ires) pari a valori compresi tra il 110% e il 65% in funzione della data di effettuazione dell'intervento e della tipologia di edificio ove viene effettuato l'intervento di sostituzione dell'impianto di climatizzazione invernale esistente con un impianto dotato di pompe di calore;
- **Conto termico 2.0**, introdotto dal D.M. 16 febbraio 2016, per interventi di piccole dimensioni per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili e per l'incremento dell'efficienza energetica; l'incentivo è calcolato in base all'energia termica prodotta.

LE DETRAZIONI FISCALI

L'Ecobonus è un incentivo fiscale per la riqualificazione energetica applicabile su edifici di qualunque categoria catastale purché già esistenti e dotati di impianto di climatizzazione invernale.
È applicabile in caso di sostituzione dell'impianto di climatizzazione invernale esistente con pompe di calore ad alta efficienza, dove l'alta efficienza dipende dalle prestazioni (la pompa di calore deve rispettare i requisiti minimi prestazionali di efficienza definiti dal DM 6 agosto 2020 "DM requisiti minimi") e dalla tipologia di pompa di calore.
Non godono di agevolazioni le installazioni su edifici che non siano già provvisti di impianto di riscaldamento, né (per il momento benché vi sia un interesse di una certa parte dell'industria a prevederlo) l'aggiunta di split a pompa di calore a integrazione di un impianto di riscaldamento esistente.

L'Ecobonus consiste in una detrazione dall'Irpef o Ires per contribuenti residenti e non, che possiedono a qualsiasi titolo l'immobile oggetto di intervento. La detrazione viene ripartita in 10 rate annuali di pari importo e l'importo massimo detraibile è di 30.000€. La richiesta di detrazione deve essere inviata tramite i portali messi a disposizione ogni anno da ENEA entro 90 giorni dalla fine dei lavori: **https://detrazionifiscali.enea.it/**.

Dal 2017 sono previste detrazioni più elevate (fino al 75%) per gli interventi di riqualificazione energetica di parti comuni degli edifici condominiali attraverso i quali si raggiungono determinati indici di prestazione energetica.
Inoltre, a partire dal 1° luglio 2020 alcune tipologie di interventi mirati alla riqualificazione energetica degli edifici, tra cui l'installazione di una pompa di calore, possono beneficiare del Superbonus con aliquote variabili a seconda della data dell'intervento e della tipologia di edificio.

Il Superbonus si applica a interventi effettuati dai condomìni e dalle persone fisiche, al di fuori dell'esercizio di attività di impresa, arti e professioni, su unità immobiliari.

Le tipologie di interventi incentivabili dal Superbonus sono:

a. Interventi su parti comuni che permettono un salto di almeno 2 classi energetiche dell'edificio o, laddove non possibile, il conseguimento della classe energetica più alta (isolamento termico, sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti a pompa di calore, caldaia centralizzata a condensazione in classe A, sistema ibrido o geotermia);

b. Interventi su edifici unifamiliari che permettono un salto di almeno 2 classi energetiche dell'edificio o, laddove non possibile, il conseguimento della classe energetica più alta (isolamento termico, sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con impianti a pompa di calore, sistema ibrido o geotermia);

c. Altri interventi di efficientamento energetico fatti contestualmente ai due casi precedenti (ad esempio tutti gli interventi già previsti dall'Ecobonus, l'installazione di impianti solari fotovoltaici connessi alla rete elettrica, di sistemi di accumulo integrati negli impianti solari fotovoltaici e di infrastrutture per la ricarica di veicoli elettrici negli edifici).

La detrazione per gli interventi di sostituzione d'impianto di climatizzazione invernale con impianti per il riscaldamento, il raffrescamento o la fornitura di acqua calda sanitaria in condominio o case singole è calcolata su un tetto di spesa di 30.000 euro ed è riconosciuta anche per le spese relative allo smaltimento e alla bonifica dell'impianto sostituito.

Per un'analisi più dettagliata e aggiornata si rimanda al poster ENEA delle detrazioni fiscali al sito:
https://www.efficienzaenergetica.enea.it/component/jdownloads/?task=download.send&id=562&catid=40&Itemid=101

Se l'intervento di installazione di pompa di calore effettuato non rientra nelle condizioni richieste per accedere all'Ecobonus o al Superbonus è possibile optare, in alternativa, per il **Bonus Casa** per ristrutturazione edilizia, nella misura del 50% delle spese sostenute, su abitazioni o parti comuni di condomini.
Il Bonus Casa è applicabile solamente su abitazioni o parti comuni di edifici residenziali per interventi di sostituzione di pompe di calore (definite in questo caso "condizionatori"), riparazione o installazione di singoli elementi, detraibile nelle singole unità immobiliari se si tratta di opere finalizzate al risparmio energetico.
La detrazione è ripartita in 10 rate annuali di pari importo, l'importo massimo detraibile è di 96.000€ e, al contrario dell'Ecobonus, non esistono requisiti minimi di efficienza.

Dal 2018 anche per il Bonus Casa è necessario seguire la procedura tramite portale ENEA per la trasmissione dei dati necessari a ottenere la detrazione fiscale del 50% per gli interventi di ristrutturazione edilizia che comportano risparmio energetico e/o utilizzo di fonti rinnovabili di energia. Entrambe le detrazioni fiscali (Ecobonus e Bonus Casa) vengono prorogate annualmente attraverso la Legge di stabilità.

In ogni caso le detrazioni fiscali sono soggette a variazioni e nel testo è riportata la situazione alla data di pubblicazione della quarta edizione del Libro Bianco (luglio 2023).

IL CONTO TERMICO

Il Conto termico è un incentivo che può essere richiesto sia da privati che da Pubbliche Amministrazioni per interventi di piccole dimensioni per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili e per l'incremento dell'efficienza energetica.

Condizione necessaria è la sostituzione dell'impianto di climatizzazione invernale esistente con un impianto a pompa di calore. L'incentivo è calcolato non in base alle spese sostenute ma attraverso una formula basata sull'energia termica prodotta.

Viene erogato in un periodo compreso tra 2 a 5 anni, a meno che il totale dell'incentivo non risulti inferiore a 5.000€: in questo caso è corrisposto in un'unica rata, accelerando molto i tempi di rientro rispetto alle detrazioni fiscali.
Il Conto termico attualmente in vigore è una versione semplificata e migliorata del precedente, datato 2012.

A chi è rivolto il Conto termico

- Alle Amministrazioni pubbliche, che possono richiedere l'incentivo sia per interventi di piccole dimensioni per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili e sistemi ad alta efficienza che per interventi di incremento dell'efficienza energetica (articoli 4.1 e 4.2 del DM 16/02/2016, modalità spiegate negli Allegati I e II);
- Ai soggetti privati (persone fisiche, condomini e soggetti titolari di reddito di impresa o di reddito agrario), che possono accedere al Conto termico solo per interventi di piccole dimensioni per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili e sistemi ad alta efficienza (art. 4.2 del DM 16/02/2016, modalità nell'Allegato II).

Il beneficiario dell'incentivo è il "soggetto responsabile", ovvero chi ha sostenuto la spesa per gli interventi.
Le Amministrazioni pubbliche possono avvalersi di un soggetto delegato che presenti per loro conto la richiesta (attraverso l'intervento di una ESCo – Energy Service Company – e la stipula di un contratto di prestazione energetica o di un contratto di servizio energia) e, attraverso la modalità della prenotazione, la scheda-domanda viene presentata a preventivo, ovvero prima della realizzazione dell'intervento (ma dopo la stipula del contratto di rendimento energetico con la ESCo).

I soggetti privati possono invece ricorrere solo all'accesso diretto, con il soggetto responsabile che deve presentare la scheda-domanda entro 60 giorni dal termine dei lavori secondo le istruzioni specificate nelle regole applicative. La scheda-domanda fornisce informazioni sull'intervento e sull'immobile oggetto di intervento.
L'incentivo viene poi erogato dal GSE (Gestore dei Servizi Energetici) previo controllo della documentazione pervenuta e del rispetto dei requisiti minimi prestazionali. Il GSE ha creato un portale ad hoc, il Portaltermico, per la presentazione della richiesta di incentivo del Conto termico: **https://areaclienti.gse.it**.

L'incentivo può essere assegnato solamente per interventi che non accedono ad altri incentivi statali, a eccezione dei fondi di garanzia, dei fondi di rotazione e dei contributi in conto interesse e non può in ogni caso eccedere il 65% delle spese sostenute.

Il Catalogo degli apparecchi domestici prequalificati
Il secondo Conto termico (DM 16 febbraio 2016) ha previsto l'istituzione del Catalogo degli apparecchi domestici prequalificati di potenza termica utile nominale inferiore o uguale a 35 kW.

Il Catalogo semplifica e velocizza la procedura di compilazione della scheda-domanda per chi decide di installare un prodotto già presente a Catalogo. L'aggiornamento dei prodotti avviene periodicamente e l'elenco aggiornato è consultabile e scaricabile dal sito GSE: **www.gse.it/servizi-per-te/efficienza-energetica/conto-termico/documenti**.

Le pompe di calore sono presenti come tipologia 2.A.

È in ogni caso possibile compilare la scheda-domanda di richiesta di incentivi per tutte le pompe di calore che hanno i requisiti a prescindere dalla presenza o meno nel Catalogo degli apparecchi domestici.

REQUISITI MINIMI PRESTAZIONALI DELLE POMPE DI CALORE

ASSOCLIMA CHIEDE ALL'ITALIA DI ALLINEARE I VECCHI COEFFICIENTI NOMINALI AI PARAMETRI EUROPEI DI ECOPROGETTAZIONE E DI ETICHETTATURA ENERGETICA, A TUTELA DEI CONSUMATORI!

Assoclima è impegnata ormai da anni in una forte azione di sensibilizzazione verso il legislatore italiano affinché adegui al più presto le disposizioni nazionali in materia di limiti prestazionali minimi delle pompe di calore ai parametri introdotti dalla regolamentazione comunitaria Ecodesign ed Energy Labelling, anche ai fini dell'accesso alle incentivazioni.

L'obbligo di armonizzazione delle normative nazionali alle specifiche tecniche di prodotti regolamentati a livello europeo è uno dei principi cardine della libera circolazione delle merci nel mercato comunitario.

In previsione della enorme diffusione delle pompe di calore attesa entro i prossimi anni, finalizzata al conseguimento degli obiettivi 2030, è pertanto di fondamentale importanza che la legislazione nazionale applichi i parametri previsti in materia dalla legislazione dell'UE in tempi rapidi e certi, evitando il rischio di disorientare il consumatore finale nella scelta dei prodotti più efficienti e sostenibili.

Con l'introduzione della Direttiva Ecodesign e dei relativi regolamenti europei, da almeno un decennio tutte le pompe di calore sono progettate e dimensionate per ottimizzare le prestazioni energetiche in riscaldamento e raffrescamento secondo un approccio di calcolo non più puntuale a pieno carico ma stagionale e a carico parziale, fatta eccezione per le sole tecnologie a doppio condotto senza unità esterna.

Rispetto ai valori nominali, i nuovi indici di prestazione stagionale riflettono il vero consumo energetico di una pompa di calore, fornendo un'indicazione più realistica e attendibile dell'efficienza energetica, tipica di un'intera stagione di funzionamento (estate e inverno). In termini generali, la prestazione nominale a pieno carico è al momento rappresentativa delle sole pompe di calore a doppio condotto (Fixed Double Duct). Per tutte le altre pompe di calore, l'Ecodesign prevede una prestazione stagionale calcolata in 3 diverse aree climatiche di riferimento sulla base di 4 condizioni di funzionamento a diverso carico parziale, nel rispetto di una reale curva carico/temperatura esterna.

POMPE DI CALORE BIVALENTI

ASSOCLIMA CHIEDE ALL'ITALIA DI INCENTIVARE QUALUNQUE INTERVENTO CHE PREVEDA L'INSTALLAZIONE DI UNA POMPA DI CALORE ELETTRICA, INDISPENSABILE PER DECARBONIZZARE L'IMPIANTO TERMICO ESISTENTE DELLE NOSTRE CASE!

Il decennio che si concluderà nel 2030 dovrà conseguire miglioramenti ben definiti ed estremamente sfidanti in termini di riduzione di emissioni di CO_2, incremento dell'utilizzo di fonti rinnovabili, riduzione dei consumi di energia primaria (efficienza) del parco immobiliare esistente, in particolare di quello residenziale abitativo, che richiedono una discontinuità con le misure del passato.

In tale contesto le pompe di calore elettriche sono tecnologie mature unanimemente riconosciute tra le più importanti per la transizione energetica. Assoclima ritiene pertanto che qualunque configurazione impiantistica che preveda una pompa di calore elettrica come generatore primario, in sostituzione totale (pompa di calore bivalente anche proposta dal distributore o dall'installatore) o ad integrazione di una idonea caldaia esistente, debba essere incentivata.

Secondo le attuali regolamentazioni europee, una pompa di calore può essere progettata e/o installata in modo che, a temperature più rigide, possa intervenire un generatore secondario in grado di coprire il fabbisogno termico soltanto nei giorni più freddi. Ciò permette di ridurre la capacità della pompa di calore e ottimizzare il suo funzionamento in condizioni di carico parziale, garantendo una migliore efficienza energetica.

In termini generali, le pompe di calore che integrano la produzione di energia termica avvalendosi di un generatore secondario a combustibile fossile invece che di una resistenza elettrica sono pompe di calore in grado di massimizzare la produzione di energia rinnovabile, riducendo sensibilmente la taglia dell'impianto, facilitando le condizioni di allaccio ed evitando, contestualmente, rischi di sovraccarico della rete elettrica nazionale.
Allo stesso modo, un sistema composto da una pompa di calore e da una caldaia esistente ad alta efficienza rappresenta un forte strumento per ridurre drasticamente le emissioni di CO_2 del parco caldaie esistente. Riducendo il tempo di funzionamento della caldaia già installata, si otterrà un significativo miglioramento dell'efficienza e una drastica riduzione di CO_2.

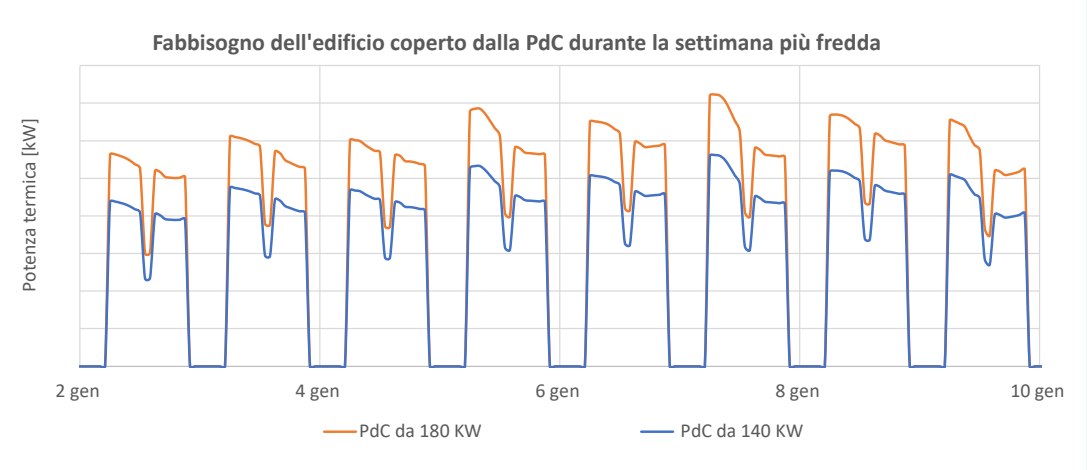
Queste soluzioni sono adatte a qualsiasi tipo di applicazione residenziale (appartamenti, case unifamiliari, edifici multifamiliari con o senza sistema di riscaldamento centralizzato) o di servizio (hotel, ospedali, negozi) e industriale. Nel caso del residenziale, potrebbe essere uno strumento efficace per distaccare gradualmente le famiglie a basso reddito dalla rete del gas e affrontare il problema della povertà energetica. Con la stessa somma di denaro più famiglie potrebbero godere dei benefici del "Green Deal".

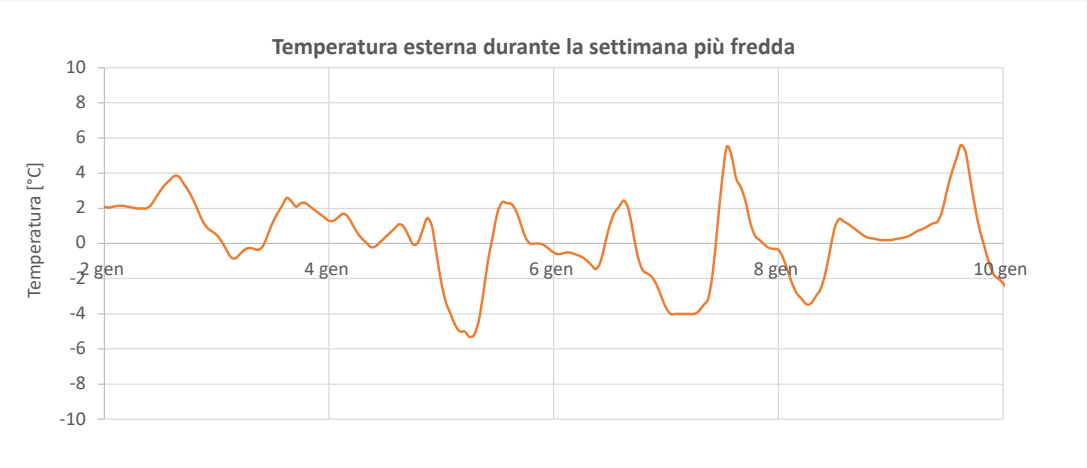
APPROFONDIMENTO SULLA POMPA DI CALORE BIVALENTE | FONTE RSE (RICERCA SUL SISTEMA ENERGETICO)

Una pompa di calore bivalente è un sistema package (rif. regolamento 811/2013/UE) nel quale la pompa di calore gestisce una caldaia a gas a condensazione con l'obiettivo di:

a. limitare l'utilizzo del generatore a combustibile fossile a favore della pompa di calore elettrica (di seguito PdC);

b. contribuire al bilanciamento della rete elettrica quando necessario.

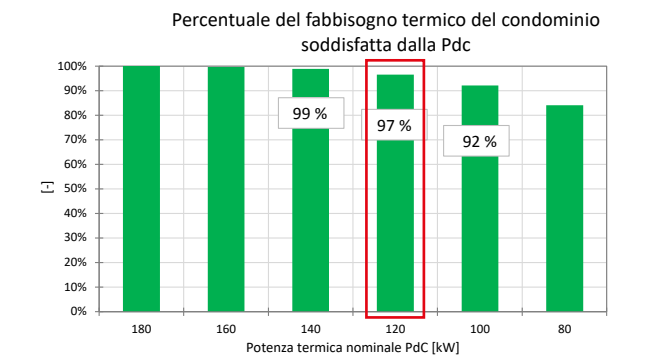


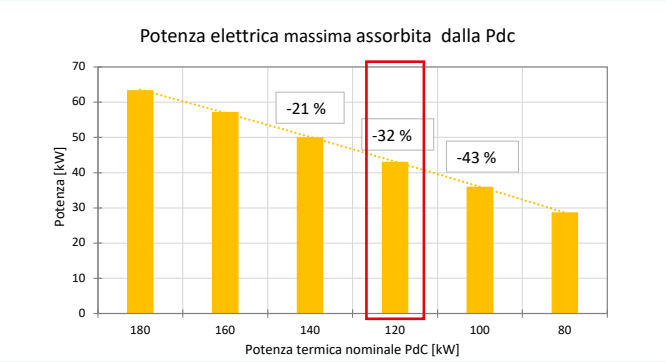


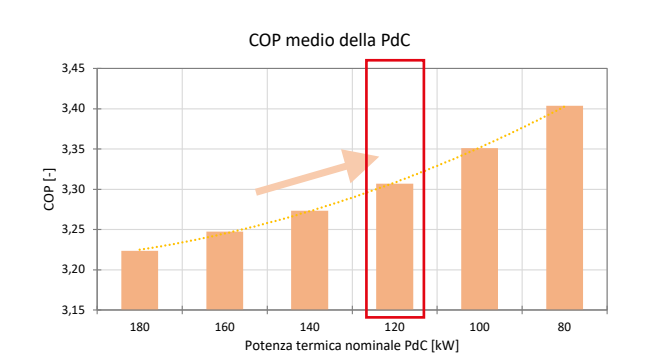
Nel caso specifico le aree climatiche più favorevoli sono quella fredda e quella media.
RSE ha elaborato alcune simulazioni con il software proprietario Carapace volte a identificare il miglior rapporto di potenza (R) tra PdC/Caldaia.
È stato, in particolare, preso in esame il caso di un condominio degli anni '70 di 8 piani e 40 appartamenti in zona climatica E.

Dalle elaborazioni software emerge come il miglior rapporto R tra potenza della PdC e potenza della caldaia sia quello 2:1 con i seguenti vantaggi:

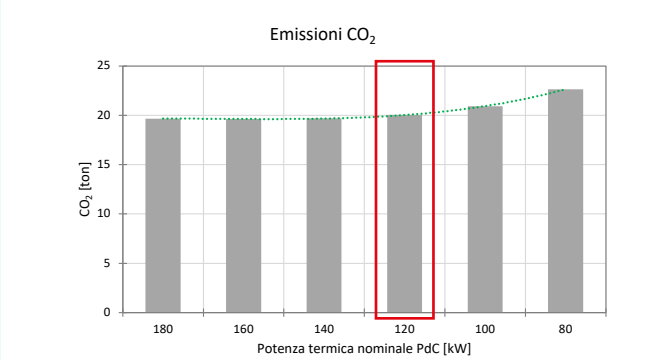
1. oltre il 90 % dell'energia richiesta fornita dalla PdC;
2. ottimizzazione dell'energia elettrica utilizzata dalla PdC;
3. aumento della prestazione COP della PdC;
4. modesto incremento della CO_2 emessa rispetto ad una soluzione con sola pompa di calore elettrica.



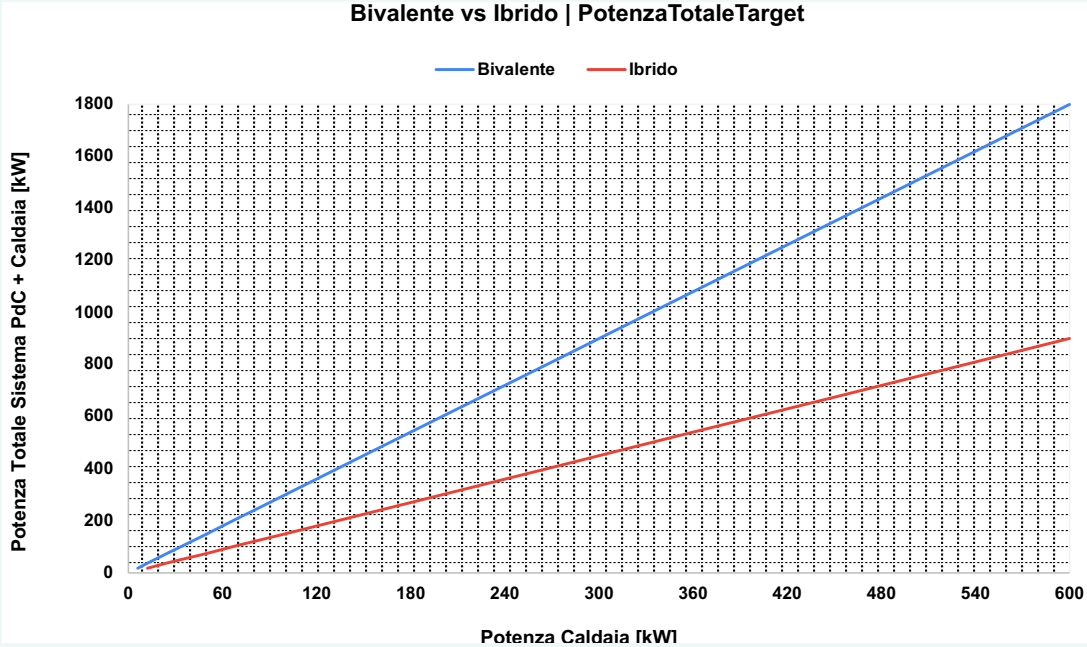




Grafici e immagini Fonte RSE (Ricerca Sistema Energetico)



Grafici e immagini Fonte RSE (Ricerca Sistema Energetico)



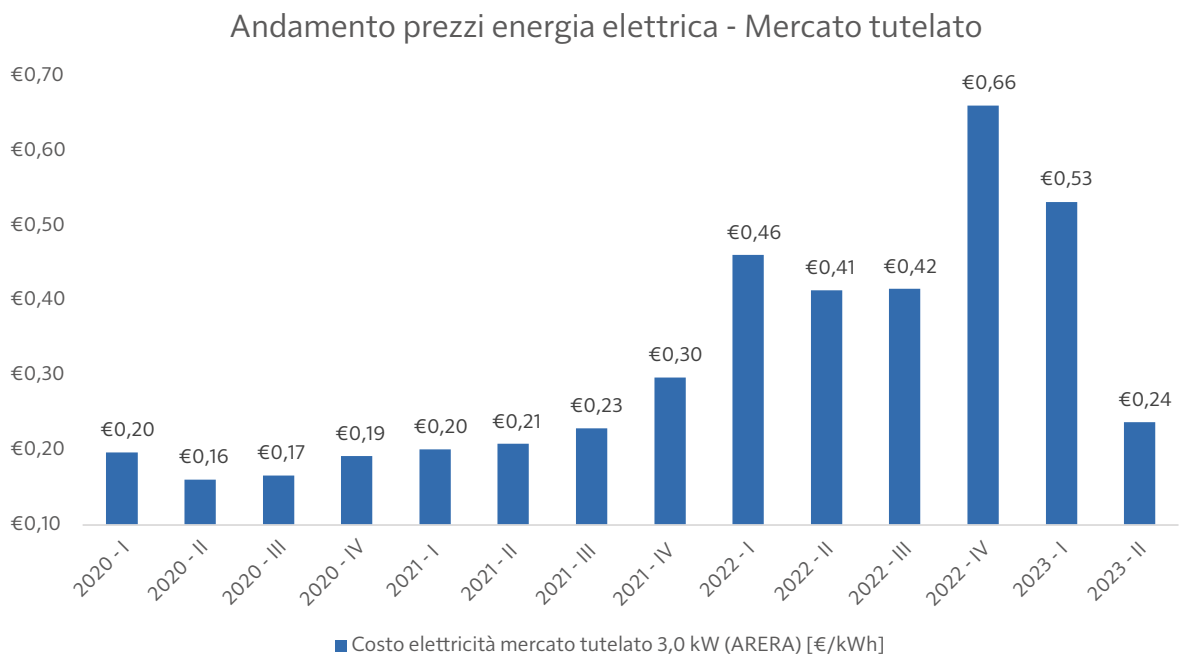
Bivalent | PdC bivalente (PdC + caldaia) R>0.5

Hybrid | Sistema ibrido (PdC + caldaia) R≤0.5

Capitolo 6

TARIFFE ELETTRICHE E SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE

Rispetto al passato, gli utilizzatori di pompe di calore elettriche possono beneficiare di una tariffa elettrica molto più vantaggiosa che consente di ottenere importanti risparmi energetici, affidandosi a una rete elettrica nazionale sempre più sicura e smart.
Dopo mesi di forti tensioni internazionali che, sulla scia della ripresa dei consumi, hanno spinto i prezzi dell'elettricità a livelli oltre 3 volte superiori rispetto alla media degli anni precedenti, l'andamento del prezzo medio del kWh elettrico nel mercato tutelato sembra essere rientrato in una dinamica più ordinaria, sebbene ancora onerosa se comparata al passato.



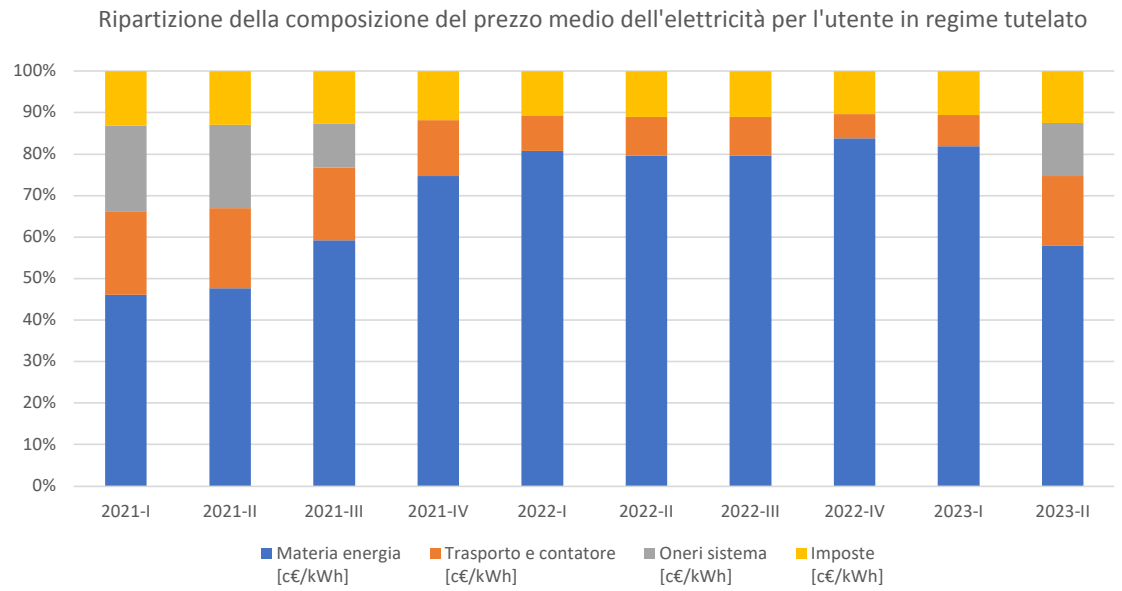
Fonte: Rielaborazione dati ARERA

TARIFFE ELETTRICHE

La tariffa elettrica del settore domestico si articola su quattro componenti principali:

- Spesa per il trasporto e la gestione del contatore (comprende i costi delle attività che consentono ai venditori di consegnare ai clienti finali l'energia elettrica; il prezzo complessivo comprende le componenti della tariffa di trasporto, distribuzione e misura, nonché le componenti tariffarie UC3 e UC6, rispettivamente destinate a coprire gli squilibri dei sistemi di perequazione dei costi di trasporto/distribuzione e una parte dei costi del sistema di incentivi alle imprese che gestiscono queste reti);
- Spesa per oneri di sistema (si tratta di oneri parafiscali che sostengono attività di interesse generale per il sistema elettrico quali i sostegni alle energie da fonti rinnovabili e alla cogenerazione, le agevolazioni tariffarie riconosciute per il settore ferroviario, il bonus elettrico e la promozione dell'efficienza energetica);
- Spesa per la materia energia (comprende gli importi fatturati relativamente alle diverse attività svolte dal venditore per fornire l'energia elettrica al cliente finale; il prezzo complessivo applicato in bolletta è dato dalla somma dei prezzi per le componenti energia, dispacciamento, perequazione, commercializzazione e componente di dispacciamento);
- Imposte (comprende le voci relative all'imposta di consumo, accisa, e all'imposta sul valore aggiunto, IVA; l'accisa si applica alla quantità di energia consumata con un'aliquota agevolata per i clienti domestici con potenza fino a 3 kW; l'IVA si applica invece sull'importo totale della bolletta e attualmente per le utenze domestiche è pari al 10% mentre per le utenze non domestiche, salvo alcune eccezioni, è pari al 22%).

Il peso delle diverse componenti sul costo finale medio del kWh elettrico è riportato nel grafico in seguito. Già a partire dall'ultimo trimestre del 2021 si era provveduto ad azzerare gli oneri generali per alleviare il costo finale a carico degli utenti e i rialzi dei mesi successivi sono stati interamente ascrivibili alla componente energia che ha raggiunto infatti percentuali prossime all'80%. L'unico aspetto positivo in tale situazione è rappresentato dal basso peso relativo delle spese di trasporto e contatore, con differenze quindi molto contenute tra i clienti in possesso di un contatore standard da 3 kW e gli utenti con potenze impegnate superiori: un punto favorevole, dunque, a chi sta perseguendo il cammino della progressiva elettrificazione dei consumi finali.
A partire dal secondo trimestre del 2023 gli oneri generali sono stati riattivati a testimonianza di una situazione parzialmente rientrata entro i connotati di un mercato più controllato e meno soggetto alla volatilità del prezzo dei combustibili fossili.



Fonte: Rielaborazione dati ARERA

Poiché fino al 2015 le tariffe elettriche erano articolate su quattro scaglioni crescenti, fortemente penalizzanti per i clienti che superavano i 2.700 kWh/a e per i clienti che impegnavano una potenza superiore ai 3 kW, lo sviluppo di tecnologie efficienti come le pompe di calore elettriche era fortemente ostacolato.
Dal 2016, per porre fine a questa anomalia, ARERA ha deciso con la Delibera 582/2015/r/eel di introdurre la riforma delle tariffe elettriche per i clienti domestici, conclusasi il 1° gennaio 2020 con l'eliminazione dello scaglione che ancora era presente nella struttura degli oneri generali di sistema. La tariffa in vigore è quindi a tutti gli effetti una tariffa flat, che non cambia in base al livello di consumo ed è indistinta per i clienti domestici. Variano soltanto gli oneri fissi per kW impegnato legati allo scaglione di potenza prescelto.

Per le famiglie a basso reddito, che avrebbero potuto subire gli eventuali effetti negativi della nuova tariffa, è stato introdotto il Bonus elettrico, un'agevolazione sulla bolletta annuale resa operativa da ARERA con la collaborazione dei Comuni per assicurare un risparmio in bolletta alle famiglie numerose o in condizioni di disagio economico o fisico.

Dal 2021 il Bonus elettrico è stato esteso in automatico a tutti coloro che ne hanno diritto tramite l'utilizzo delle banche dati di istituti come l'INPS, per evitare casi in cui gli aventi diritto non ne facciano richiesta in quanto non a conoscenza dell'agevolazione.
In concomitanza con l'incremento dei prezzi delle materie prime registrato, soprattutto, a seguito dello scoppio del conflitto russo-ucraino, il bonus sociale elettrico è stato momentaneamente esteso anche alla componente gas ed è stato potenziato e confermato anche per il secondo trimestre del 2023 per le famiglie con livello ISEE fino a 15.000 € (e con ISEE fino a 30.000 € nel caso di famiglie numerose con almeno quattro figli a carico).

FOCUS CONDOMÌNI

Gli ultimi anni sono stati caratterizzati da un forte mutamento orientato verso un impiego sempre maggiore del vettore elettrico e l'uso di elettrotecnologie efficienti quali pompe di calore, piastre a induzione e auto elettriche. Per questo motivo ARERA già nel 2019, con la delibera 467/2019/R/eel, aveva deciso di incentivare il potenziamento degli impianti dei condomìni con importi fino a 1.200 € per unità immobiliare per coloro che potenziano le colonne montanti e le rendono idonee a tollerare un carico di almeno 6 kW.
Sappiamo che nei condomìni che hanno i contatori accentrati in un unico vano le colonne montanti che adducono l'energia all'interno degli appartamenti sono singole e di proprietà delle unità immobiliari.
Vi sono vecchi condomini invece che hanno i contatori all'interno delle abitazioni dove la colonna montante è singola ma di grande sezione e da questa vengono derivate le prese che alimentano il contatore: in questi casi, se si accentrano i contatori in un unico spazio, i contributi saranno maggiori.
I costi necessari per finanziare tale operazione sono posti a carico degli oneri di rete.
Questa delibera appare indubbiamente previdente e fortemente orientata a limitare i problemi che potrebbero derivare da una consistente richiesta d'incremento di potenza nei condomìni.
Il potenziale di questa delibera non è stato pienamente sfruttato nel corso di questi anni e si raccomanda di riproporre una proposta dal tenore simile con modalità comunicative più accattivanti, soprattutto alla luce delle discussioni che si stanno ultimando in merito alle revisioni delle direttive di efficienza energetica, di energie rinnovabili e di performance energetica degli edifici. Entro il 2030 le energie rinnovabili dovranno raggiungere il 49% all'interno del mix energetico del settore edilizio; pertanto, occorre agevolare l'installazione di un numero sempre più crescente di pompe di calore, utili anche per scalare le gerarchie all'interno delle etichette energetiche degli edifici e rispettare così le prescrizioni che verranno stabilite dalla prossima versione dell'EPBD.

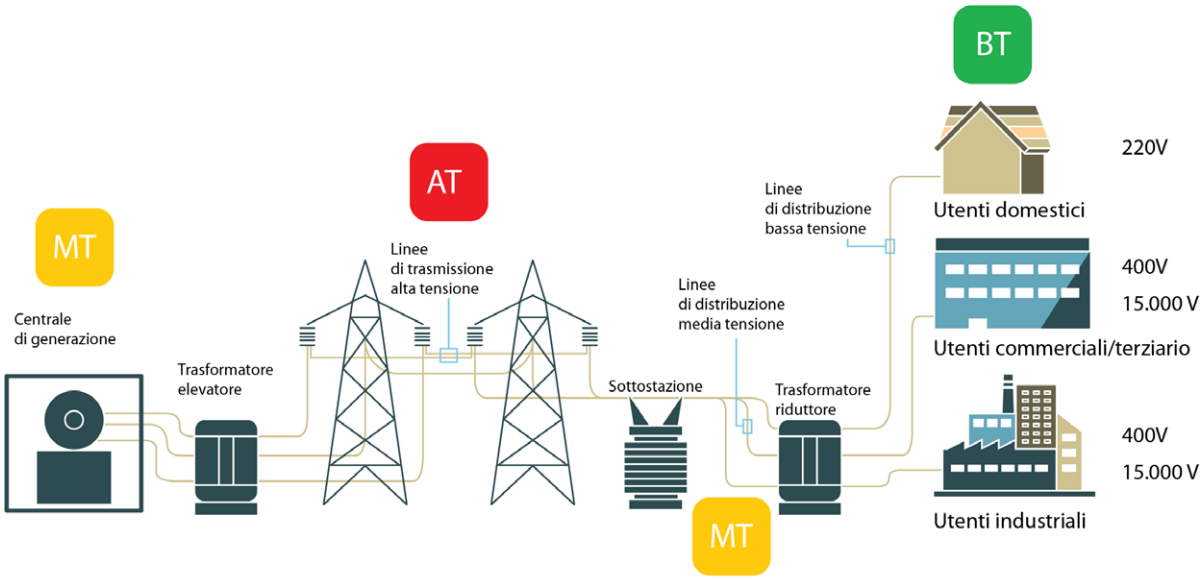
SISTEMA ELETTRICO NAZIONALE

Il nostro Paese è povero di energia primaria, pertanto, per sopperire alle proprie carenze, è necessario importare rilevanti quantità di petrolio, gas, energia elettrica, ecc. Parte di questi prodotti vengono lavorati nelle centrali di produzione e trasformati in energia elettrica che in tempo reale viene via via immessa in un sistema di trasporto e distribuzione nazionale che capillarmente arriva nei luoghi di utilizzazione.

Considerando sia i combustibili che l'energia elettrica importata, l'Italia dipende dall'estero per circa l'80% del proprio fabbisogno di energia: è quindi certamente prioritario razionalizzarla ed efficientarla poiché tale situazione di penuria di energia primaria rende fragile il nostro sistema energetico e facilmente esposto a crisi energetiche e/o geopolitiche.

L'energia elettrica al momento, nonostante un notevole sviluppo del settore, non può ancora essere accumulata in grandi quantità; pertanto, l'offerta deve prevalentemente coincidere con la domanda, condizionando pesantemente gli investimenti del settore elettrico e il mercato.

Il nostro sistema produttivo è ancora composto prevalentemente da grandi centrali termoelettriche tradizionali e a ciclo combinato, geotermoelettriche, idroelettriche e oggi anche da sistemi impiantistici che producono energia rinnovabile di ultima generazione (solare, eolico, mini idrico, biogas), la quale dovrà assumere valori sempre più significativi fino a raggiungere nel 2030 una quota superiore al 55% della domanda aggregata di energia elettrica.



Appare chiaro che questo forte incremento di energia rinnovabile, prevalentemente prodotta in modo diffuso, implica una trasformazione della rete elettrica italiana e richiede un sistema di controllo molto più articolato e complesso.

Basti pensare che in passato la struttura elettrica era basata su un sistema produttivo composto da poche centrali elettriche di grande taglia che immettevano in rete la loro produzione. Oggi l'energia elettrica è prodotta da oltre un milione di impianti di produzione con circa 5.000 operatori che immettono esclusivamente in rete, mentre altri utilizzano totalmente o parzialmente l'energia rinnovabile prodotta.

Pertanto, nel sistema elettrico è prevista un'evoluzione verso un nuovo paradigma di griglia: la smart-grid, un miglioramento della rete elettrica del XXI secolo. Le reti elettriche tradizionali sono generalmente utilizzate per trasportare energia da pochi generatori centrali a un gran numero di utenti. Al contrario, la smart-grid emergente utilizza in maniera bidirezionale flussi di energia elettrica e informazioni per creare una rete di distribuzione di energia automatizzata e distribuita.

Sono stati condotti molti progetti di ricerca per esplorare il concetto di smart-grid, focalizzati principalmente su tre sistemi: il sistema infrastrutturale, il sistema di gestione e il sistema di protezione.
Il sistema infrastrutturale comprende l'energia, le informazioni, la consegna, il consumo e la comunicazione alla base della rete intelligente che supporta lo sviluppo della generazione di energia elettrica, le informazioni di misurazione, il monitoraggio, la gestione e le moderne tecnologie di comunicazione.

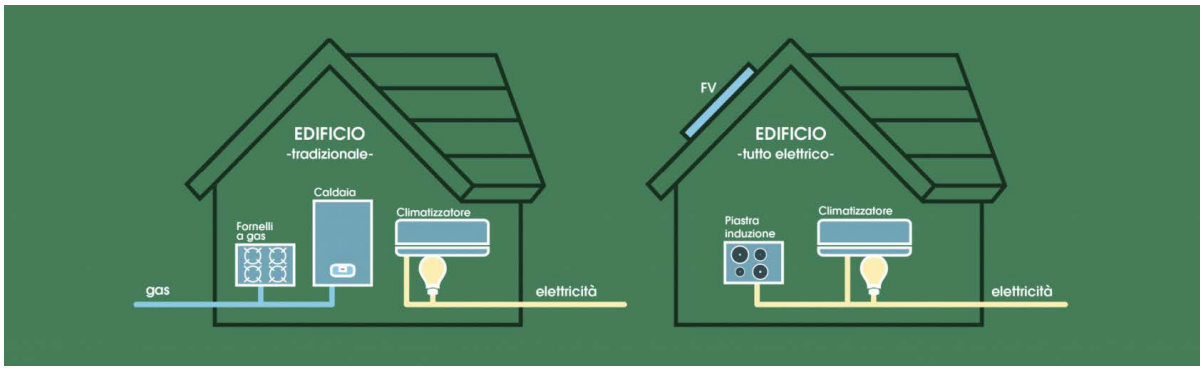
Nel passaggio dalla rete elettrica convenzionale alla smart-grid, sarà inevitabile sostituire progressivamente l'infrastruttura fisica con una digitale. Le nuove esigenze legate alla smart-grid e le modifiche che si renderanno necessarie rappresentano per il settore dell'energia una delle più grandi sfide mai affrontate.
Una rete intelligente permette all'utenza di poter osservare le parti di controllo del sistema: i clienti potrebbero così ottenere un maggiore risparmio economico, una produzione più green, meno invadenza e più affidabilità dalla rete.

Riteniamo che proprio in quest'ottica sia possibile far dialogare in modo automatico le pompe di calore (smart heat pump) con i contatori di ultima generazione (smart meter) per rendere partecipi i clienti che installano pompe di calore alla domanda di energia elettrica prelevata dalla rete (demand-response). Si potrebbero così ottenere vari vantaggi, sia di economia aggregata, sia di risparmi economici diretti, creando contestualmente una maggiore flessibilità diffusa nel trasporto e nella distribuzione per incrementare la sicurezza e la stabilità della rete elettrica.

Adeguate tecnologie con una comunicazione bidirezionale e chirurgica potrebbero inviare varie tipologie di impulsi alle smart heat pump per avviare una riduzione o interruzione del carico al solo compressore, lasciando la scheda elettronica attiva per non far interpretare alla macchina un possibile guasto. L'inerzia termica dello stabile e/o del serbatoio inerziale della stessa macchina (adeguatamente dimensionato e installato sull'impianto) continuerebbe a erogare servizio e far sì che l'utente non subisca inconvenienti e discomfort eccessivi.

A nostro parere, questa tecnologia diffusa su tutto il territorio nazionale sia per la produzione del caldo sia per la produzione del freddo potrebbe contribuire a ridurre il rischio di guasti al sistema elettrico del Paese.
Oggi è dimostrato che, con elevati picchi di temperatura, la potenza assorbita dalle pompe di calore può superare i 10 GW in estate e i 2 GW in inverno, con tendenze a un rapido incremento dei prelievi per effetto del processo di elettrificazione dei consumi termici previsto dal PNIEC.

Oggi la capacità produttiva di energia elettrica è ampiamente superiore alla domanda elettrica e la potenza di trasformazione è di oltre 151.000.000 di kVA a fronte di una richiesta massima di 59.000.000 di kW: non vi è pertanto alcun problema circa uno spostamento di energia dal vettore fossile al vettore elettrico.
La produzione, il trasporto e la distribuzione dell'energia elettrica possono tranquillamente far fronte alla nuova richiesta. Eccezioni potrebbero verificarsi solo in limitate zone a "macchia di leopardo", ad alta vocazione turistica o in centri storici con cavi saturi dove potrebbe risultare difficile reperire locali per installare una nuova cabina di trasformazione MT/BT.



Fonte: RSE

In ogni caso, allo stato attuale molte linee e cabine di trasformazione del territorio nazionale risultano ampiamente sottoutilizzate. Sarà importante valutare correttamente nel futuro il bilanciamento tra la riduzione della richiesta di potenza elettrica, dovuta all'effetto positivo di una crescente efficienza energetica degli elettrodomestici, e l'incremento di essa dovuto alla diffusione delle pompe di calore, delle auto elettriche e delle piastre a induzione.

La rete di distribuzione elettrica in BT, partendo da una cabina di trasformazione MT/BT, è articolata su dorsali, derivazioni e prese. Queste ultime arrivano al punto di consegna dove è ubicato il contatore elettronico.
In alcuni casi dove il cliente vuol trasformare l'abitazione in full-electric (pompa di calore come unico sistema di riscaldamento/raffrescamento/ACS; piastre a induzione per la cottura dei cibi; presa per la ricarica della vettura elettrica), può essere necessario aumentare sensibilmente la potenza elettrica impegnata al contatore: è importante che all'incremento di potenza si mantenga invariata la tariffa del kWh.
Potrebbe essere necessario sostituire semplicemente la presa, senza che questo rappresenti un costo aggiuntivo addebitato al cliente al di là del contributo forfettizzato d'allacciamento.

A oggi le tematiche "smart" vengono sviluppate da varie istituzioni e in particolare da Terna con le analisi sul progetto UVAM che approfondisce in modo particolare il demand-response e la partecipazione attiva dei clienti al progetto. RSE, invece, sta monitorando e mettendo a punto la ricerca "smart" dei singoli utilizzatori e le possibili aggregazioni, nonché le grandi potenzialità della smart heat pump.

Capitolo 7

IL MERCATO DELLE POMPE DI CALORE

Il 2022 è stato un anno positivo per il settore della climatizzazione: per il comparto dell'espansione diretta l'indagine Assoclima ha rilevato un trend positivo del fatturato Italia per tutte le tipologie di prodotti: +17% a valore e +11% a volume per i climatizzatori monosplit, +13% a valore e +8% a volume per i multisplit, +16% a valore e +12% a volume per sistemi VRF, +23% sia a valore che a volume per i climatizzatori monoblocco.

I dati più significativi sono stati registrati nel comparto idronico, dove le pompe di calore elettriche aria-acqua hanno riportato incrementi complessivi del 55% a valore e del 69% a volume.
Dal 2018 le vendite sono passate da 42.000 unità alle attuali 294.000 unità.

I risultati migliori sono stati ottenuti ancora una volta dalle pompe di calore con potenze fino a 17 kW che, rispetto al 2021, hanno registrato una crescita del 83% a valore e 82% a volume.

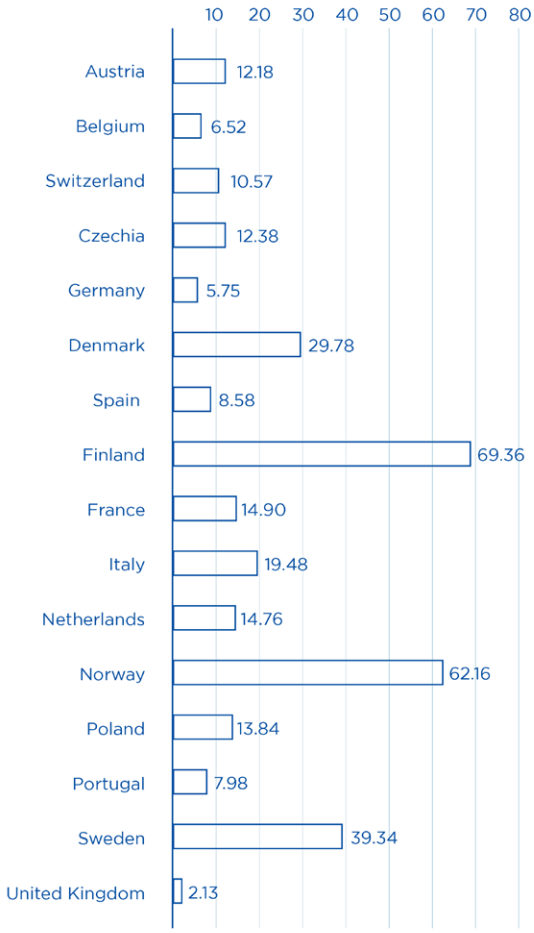
A questi numeri hanno contribuito anche gli apparecchi ibridi, la cui rilevazione statistica viene svolta in collaborazione con Assotermica: costituiti da una pompa di calore elettrica e una caldaia a gas a condensazione, questi apparecchi sono cresciuti del 190% a valore e del 110% a volume.

Con questi numeri l'Italia esprime la crescita più elevata del prodotto A/W in Europa anche in confronto agli altri due mercati più rilevanti, che sono Germania (+53%) e Francia (+30%), quest'ultima al primo posto per numero di pezzi venduti (circa 350.000).

Naturalmente il Superbonus ha contribuito in maniera importante a questi risultati, ma il trend di crescita è destinato a non arrestarsi in virtù del fatto che la strada dell'elettrificazione, come via preferenziale alla decarbonizzazione, è ormai tracciata.

Questo positivo andamento sta certamente contribuendo al rinnovo dello stock, anche se c'è ancora molto da fare se confrontiamo il dato nazionale con quello di altri Paesi in cui il rapporto tra pompe di calore installate e numero di abitazioni è sensibilmente più alto (come mostrato in figura).

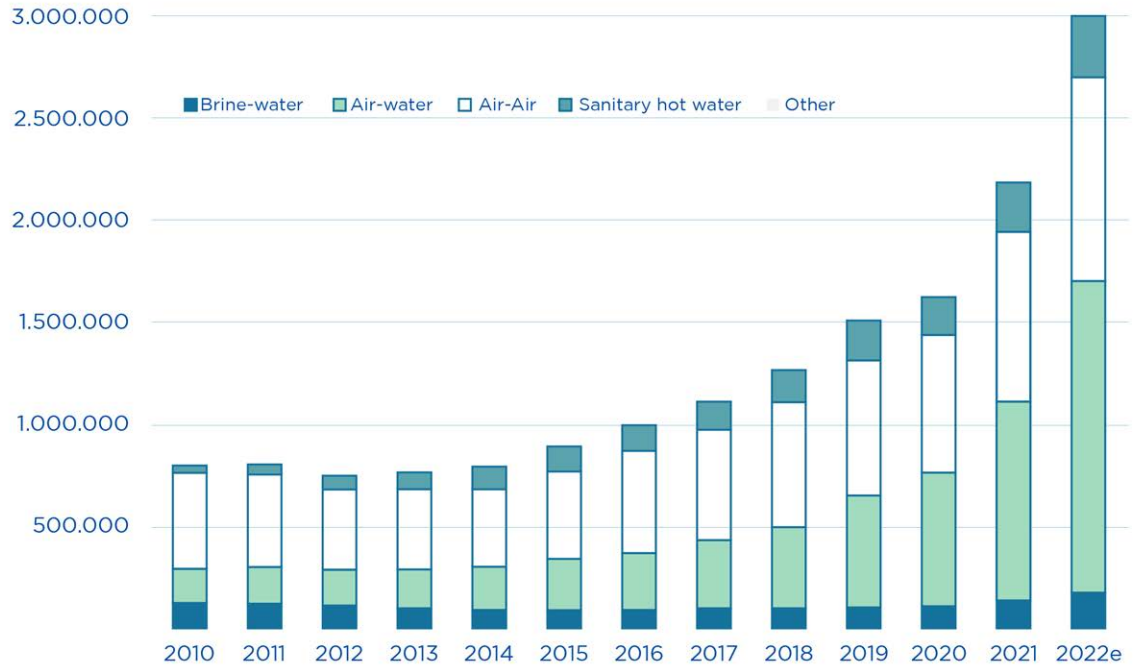
HP per 1000 households 2022 (household data for 2021)



Fonte EHPA - European Heat Pump Association

Guardando fuori dai nostri confini con una visione europea apprezziamo come la crescita negli anni delle pompe di calore sia stata inarrestabile in tutti i segmenti e in tutti i principali Paesi con un conseguente incremento del parco installato dai 4,5 milioni del 2010 ai quasi 20 milioni del 2022.

Non tutte sono ovviamente state vendute in sostituzione di apparecchi a combustibili fossili o a uso prevalente per il riscaldamento, ma testimoniano l'ampio riconoscimento degli utilizzatori verso una tecnologia che sta diventando sempre più comunemente adottata.



Fonte EHPA - European Heat Pump Association

BIBLIOGRAFIA

- Amici della Terra, Assoclima, **La pompa di calore una tecnologia chiave per gli obiettivi 2030**, 2019
- European Copper Institute, **Heat Pumps - Integrating technologies to decarbonise heating and cooling**, 2018
- Gruppo Italiano Pompe di Calore Co.Aer, **Libro bianco sulle pompe di calore**, 2008
- Gruppo Italiano Pompe di Calore Co.Aer, **Libro bianco sulle pompe di calore**, 2010
- Gruppo Italiano Pompe di Calore Assoclima, **Libro bianco sulle pompe di calore**, 2020
- Italian Society of Environmental Medicine (SIMA), **Position Paper on Particulate Matter and COVID-19**, 2020
- Ricerca sul Sistema Energetico - RSE S.p.A., **La pompa di calore Una soluzione efficiente e sostenibile**, 2018
- Setti, L.; Passarini, F.; De Gennaro, G.; Barbieri, P.; Pallavicini, A.; Ruscio, M.; Piscitelli, P.; Colao, A.; Miani, A. **Searching for SARS-COV-2 on Particulate Matter: A Possible Early Indicator of COVID-19 Epidemic Recurrence.** Int. J. Environ. Res. Public Health 2020, 17, 2986.
- VHK for European Commission, **Space and Combination Heaters – Ecodesign and Energy Labelling Review Study: Task 1 – Scope Policies & Standards Final Report**, 2019
- https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13771-Heat-pumps-action-plan-to-accelerate-roll-out-across-the-EU_en

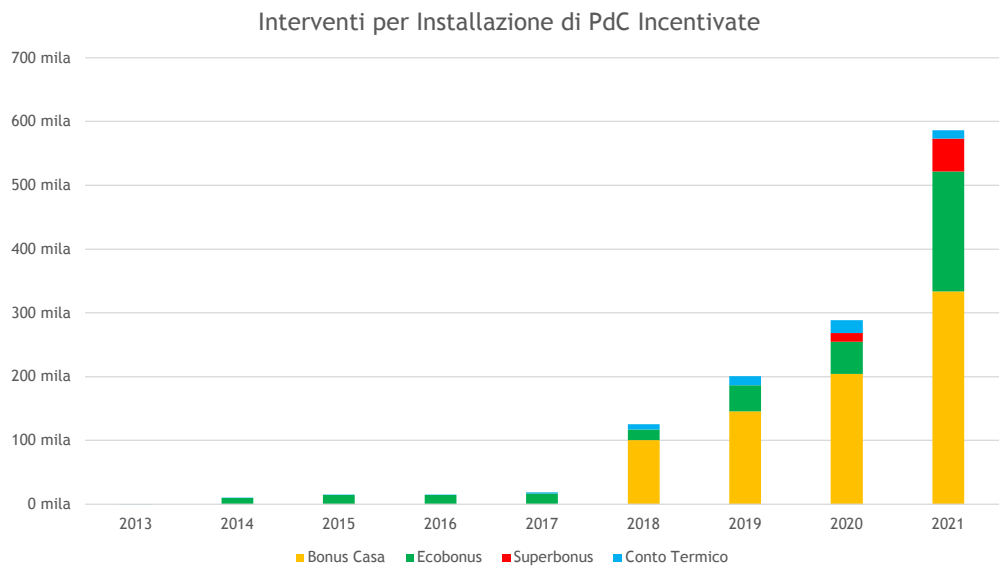
Capitolo 8

CONTRIBUTO AMICI DELLA TERRA ITALIA

A cura di: Tommaso Franci, Matteo Onori

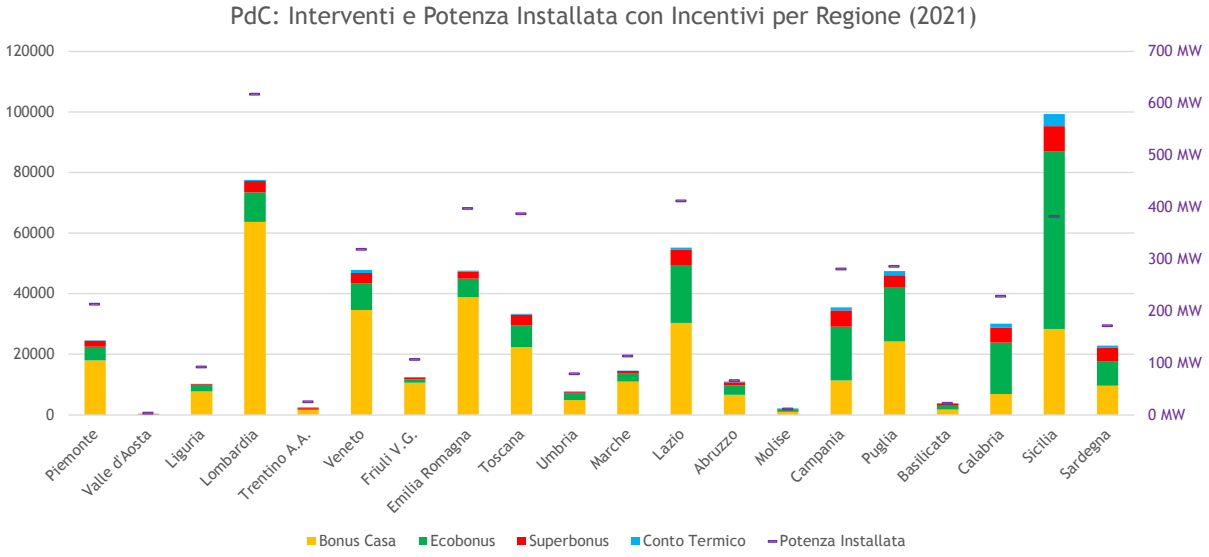
L'UTILIZZO DEGLI INCENTIVI PER L'INSTALLAZIONE DI POMPE DI CALORE

Dall'analisi dei dati contenuti nei rapporti annuali pubblicati dall'ENEA e dal GSE, il trend relativo all'incentivazione di pompe di calore risulta in forte crescita negli ultimi anni. Nel 2021 gli interventi per l'installazione di pompe di calore incentivate sono stati oltre 580.000, più che raddoppiati rispetto all'anno precedente, per una potenza complessiva stimata di 4,3 GWt. 333.563 interventi hanno usufruito del meccanismo del Bonus Casa, con il quale nel 2021 sono state installate pompe di calore per un totale di 1,74 GWt di potenza (pari a circa 5 kWt installati per intervento). Aumentano significativamente anche i numeri dell'Ecobonus.



Fonte: elaborazione Amici della Terra su dati ENEA e GSE

Nel 2021 gli interventi che hanno usufruito dell'incentivo sono stati 188.258, per un totale di 284.677 pompe di calore installate, più che nell'intero periodo 2014-2020. Tale incremento assume un rilievo ancora maggiore in considerazione del fatto che l'attivazione dell'Ecobonus per l'incentivazione di pompe di calore obbliga alla loro installazione in sostituzione dei sistemi esistenti per la climatizzazione invernale, rendendole l'impianto primario di riscaldamento delle unità immobiliari dove avviene l'intervento. Risultano invece più piccoli i numeri relativi al Superbonus e al Conto termico. Il primo, con 51.638 interventi nel 2021, ha portato all'installazione di 0,47 GWt in pompe di calore incentivate (pari a circa 9 kWt per intervento). L'accesso alla più appetibile detrazione del 110% è condizionato dall'obbligo del miglioramento di due classi energetiche o del raggiungimento della classe più alta. Questo, di fatto, rende il Superbonus adatto a interventi più complessi, dove per il conseguimento del doppio salto di classe si rende necessaria l'installazione della pompa di calore in abbinamento con altre tecnologie, come ad esempio gli impianti fotovoltaici. L'unico incentivo a subire una flessione è invece il Conto termico, che nel 2021 è stato utilizzato per l'installazione di pompe di calore in 12.793 interventi, di cui l'1% rappresentato dalle amministrazioni pubbliche. L'utilizzo dell'incentivo è in diminuzione del 64% rispetto al 2020 e, secondo le prime stime del GSE, è decresciuto ulteriormente nel 2022.



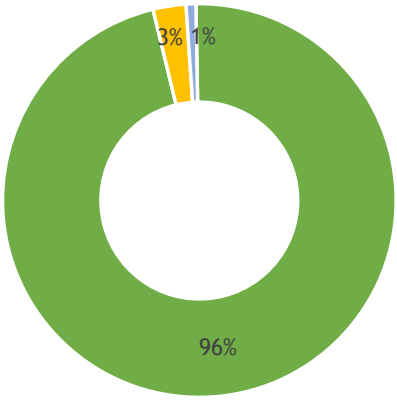
Fonte: elaborazione Amici della Terra su dati ENEA e GSE

Il dettaglio regionale degli incentivi a pompe di calore del 2021 aiuta a comprendere la distribuzione sia degli interventi che hanno avuto accesso alla detrazione fiscale che della potenza termica installata.
Quasi 100.000 interventi, un sesto del totale, sono stati realizzati in Sicilia, dove sono state installate pompe di calore per una potenza complessiva di 380 MWt. Di questi interventi, 58.736, il 59% del totale della regione, hanno usufruito delle detrazioni dell'Ecobonus, meccanismo che nel 2021 è stato utilizzato soprattutto nelle regioni dell'Italia meridionale. Questa tendenza si osserva anche in Calabria e in Campania, dove il 57% e il 50% degli interventi regionali che hanno avuto accesso a incentivi hanno utilizzato l'Ecobonus.
In Nord Italia si è invece delineata una dinamica differente di accesso alle detrazioni fiscali.
In Lombardia, la seconda regione per numero di interventi, ci sono stati 63.723 interventi incentivati con Bonus Casa, pari all'82% del totale regionale, una soluzione che consente procedure più semplici e requisiti meno severi rispetto all'Ecobonus, come ad esempio l'installazione di pompe di calore ad integrazione dei sistemi di climatizzazione già esistenti. Percentuali simili di accesso al Bonus Casa si sono registrate in Friuli Venezia Giulia (85% degli interventi incentivati totali), Emilia-Romagna (82%), Liguria (76%) e Piemonte (73%).

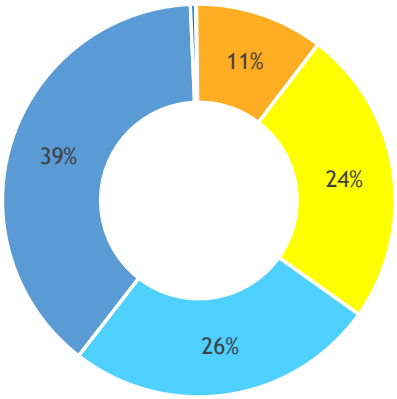
Nel 2021, i quattro meccanismi presentati hanno permesso l'incentivazione di pompe di calore per un totale di 4,3 GW di potenza termica complessiva. La Lombardia risulta la regione con il valore più alto di potenza termica installata, di poco superiore a 600 MWt. Non è solo la tipologia di incentivo attivato, ma anche la taglia media degli interventi, a seguire un gradiente latitudinale. Gli impianti più potenti vengono infatti installati al Nord, nelle regioni più fredde, con il valore di picco rappresentato dalla Valle d'Aosta (12 kWt medi). La Sicilia fa registrare invece il valore più piccolo di potenza media installata per intervento (3,8 kWt).

Complessivamente, un terzo delle pompe di calore vendute nel 2021, sia in termini di unità che di potenza termica installate, ha avuto accesso a uno degli incentivi considerati. Escludendo dal conteggio il meccanismo meno stringente del Bonus Casa, si stima che 250.000 interventi incentivati nel 2021 abbiano portato all'installazione di pompe di calore da utilizzare come impianto di riscaldamento principale, in sostituzione dei sistemi di climatizzazione invernale preesistenti, per una potenza vicina ai 2,5 GWt.

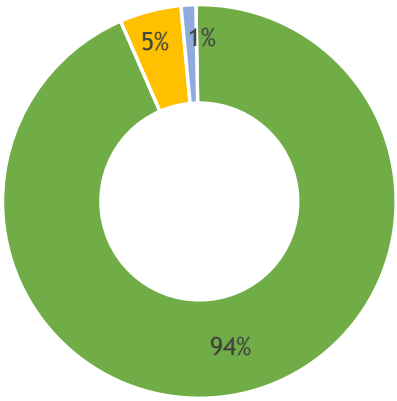
Ecobonus: Impianti PdC per Tipo Edificio



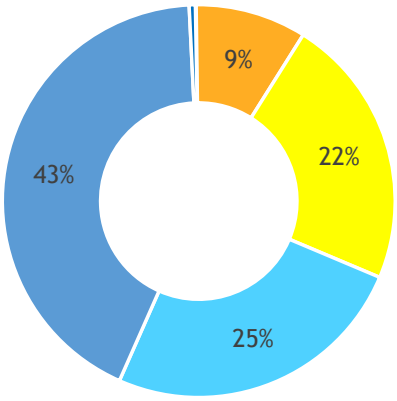
Ecobonus: Impianti PdC per Zona Climatica



Ecobonus: Potenza PdC per Tipo Edificio



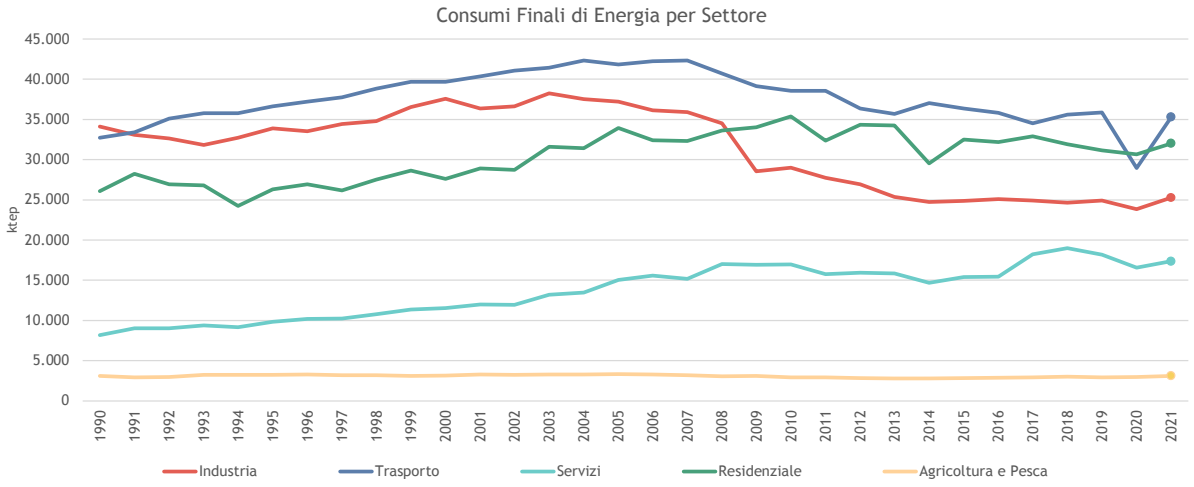
Ecobonus: Potenza PdC per Zona Climatica



Fonte: elaborazione Amici della Terra su dati ENEA

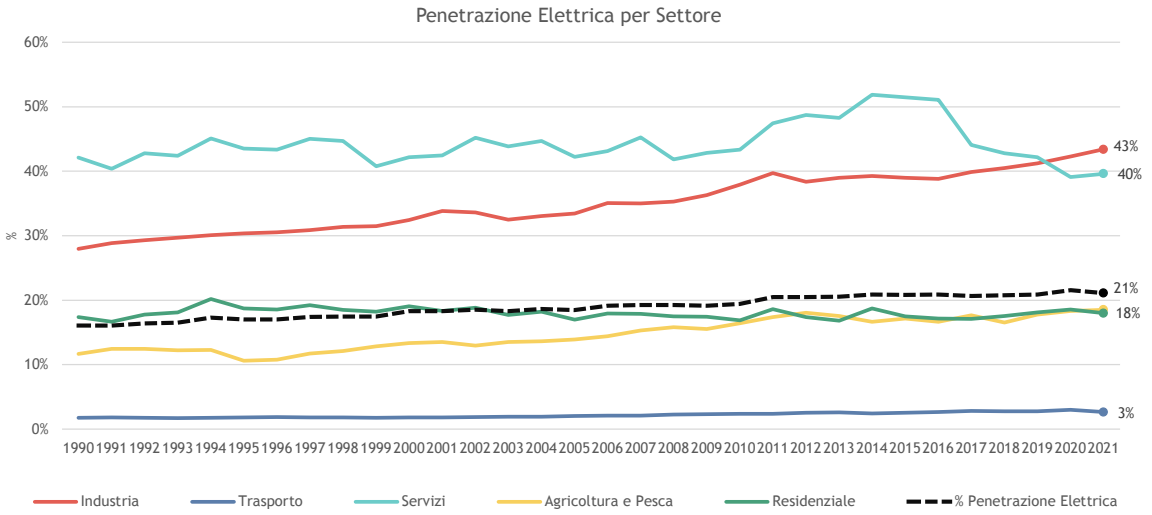
Secondo le prime stime ENEA, i numeri fatti registrare dall'Ecobonus nel 2022 sono raddoppiati rispetto all'anno precedente. Ciò è dovuto anche agli effetti del D.Lgs 199/2021, che nell'allegato IV rimodula i parametri minimi COP ed EER da rispettare per accedere al Bonus Casa, alzandoli ed equiparandoli a quelli dell'Ecobonus, rendendo così quest'ultimo l'incentivo più vantaggioso. Nel 2022, l'Ecobonus è stato utilizzato in 364.530 interventi per l'installazione di oltre mezzo milione di pompe di calore. Di queste, il 96% ha trovato collocazione in edifici di tipo residenziale, per una potenza termica di 2,1 GW e una potenza media di 4,3 kW per unità installata.
È possibile suddividere l'accesso alla detrazione fiscale dell'Ecobonus per l'installazione di pompe di calore anche nelle sei fasce climatiche in cui è suddivisa la penisola italiana. La percentuale più rilevante di pompe di calore incentivate con Ecobonus nel 2022 ricade nella zona E, in cui i gradi giorno sono compresi tra i valori di 2101 e 3000, costituita in gran parte dai comuni della fascia appenninica, del Nord Italia e di parte delle Alpi.
Qui sono state installate quasi 200.000 pompe di calore incentivate, per una potenza complessiva di 1 GWt, il 43% del totale incentivato nell'anno con l'Ecobonus. Nelle aree più calde, rappresentate dalle zone climatiche A, B e C, si è usufruito dell'Ecobonus per l'installazione di 176.000 unità, per un valore di potenza termica pari a 0,7 GWt. Le restanti pompe di calore hanno invece trovato luogo nella zona climatica D.

CONSUMI ENERGETICI NEI SETTORI RESIDENZIALE E TERZIARIO



Fonte: elaborazione Amici della Terra su dati Eurostat

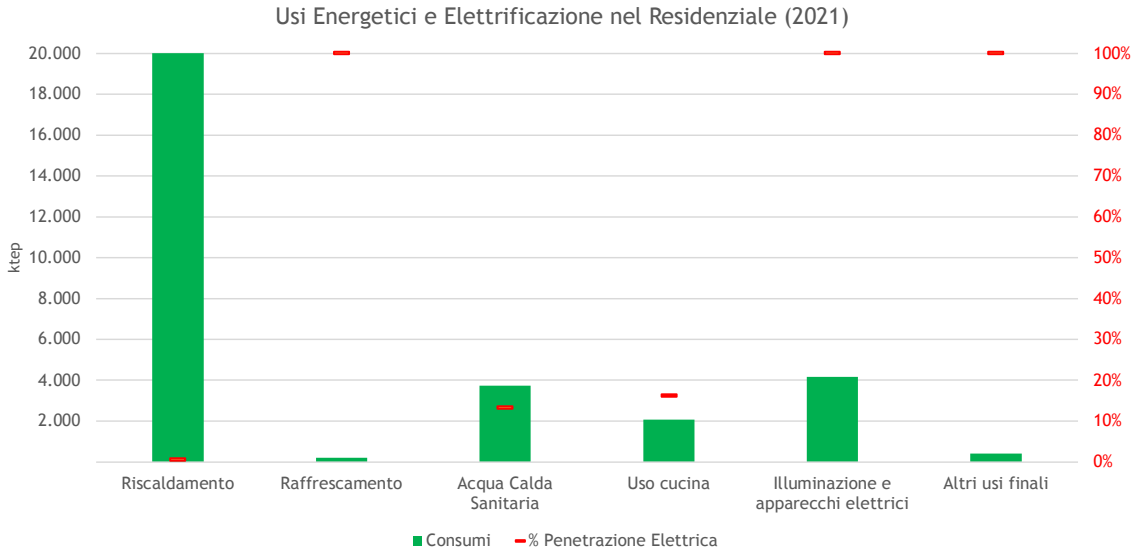
Nel 2021 il consumo finale energetico (FEC) è aumentato del 9,8% rispetto all'anno precedente, facendo registrare un valore di 114,7 Mtep. L'andamento dei consumi energetici evidenzia un calo progressivo dei settori dell'industria e dei trasporti che, a partire del 2004, sono scesi rispettivamente del 32,6% e del 16,6%. Ciononostante, i trasporti risultano ancora oggi il settore principale, rappresentando il 31% dei consumi energetici finali, pari a 35,2 Mtep. Nel 2020, a seguito di una netta flessione coincisa con il Covid-19, il settore aveva subito un calo significativo (-6,9 Mtep) venendo momentaneamente scavalcato, per la prima volta dal 1990, dai consumi del residenziale. Rimbalzi dovuti alla pandemia si notano anche nei consumi degli altri settori, benché in forma minore.
Nel 2021, il residenziale si attesta sui 32 Mtep (+4,5%), seguito dall'industria con 25,2 Mtep (+6%) e dai servizi con 17,3 Mtep (+4,8%). Anche il settore terziario, quindi, torna sui livelli pre-Covid, ma è ancora distante dai valori del 2018, quando i consumi raggiunsero i 19 Mtep.



Fonte: elaborazione Amici della Terra su dati Eurostat

Il livello di penetrazione elettrica del sistema Italia è rimasto invariato negli ultimi dieci anni, attestandosi nel 2021 al 21%. Sostanzialmente invariati restano i valori del settore residenziale, dove la penetrazione elettrica stenta a crescere anche in virtù di una maggiore efficienza degli apparecchi elettrici installati nelle case.
Restano al 3% i trasporti, settore ancora fortemente dipendente dall'utilizzo dei prodotti petroliferi (90% dei consumi finali).
Nel 2021 la penetrazione elettrica nel settore terziario e nell'industria è rispettivamente del 40% e del 43%.

Questo dato riflette il sorpasso avvenuto nel 2020 per opera dell'industria nei confronti del terziario, settore che aveva fatto registrare il maggior livello di penetrazione elettrica per quasi trent'anni. Come sarà evidenziato più avanti, il calo della penetrazione elettrica nei servizi è dovuto anche a un aggiornamento della contabilità statistica delle rinnovabili, che dal 2016 includono anche il contributo consistente delle pompe di calore, determinando un aumento non trascurabile dei consumi finali del settore.

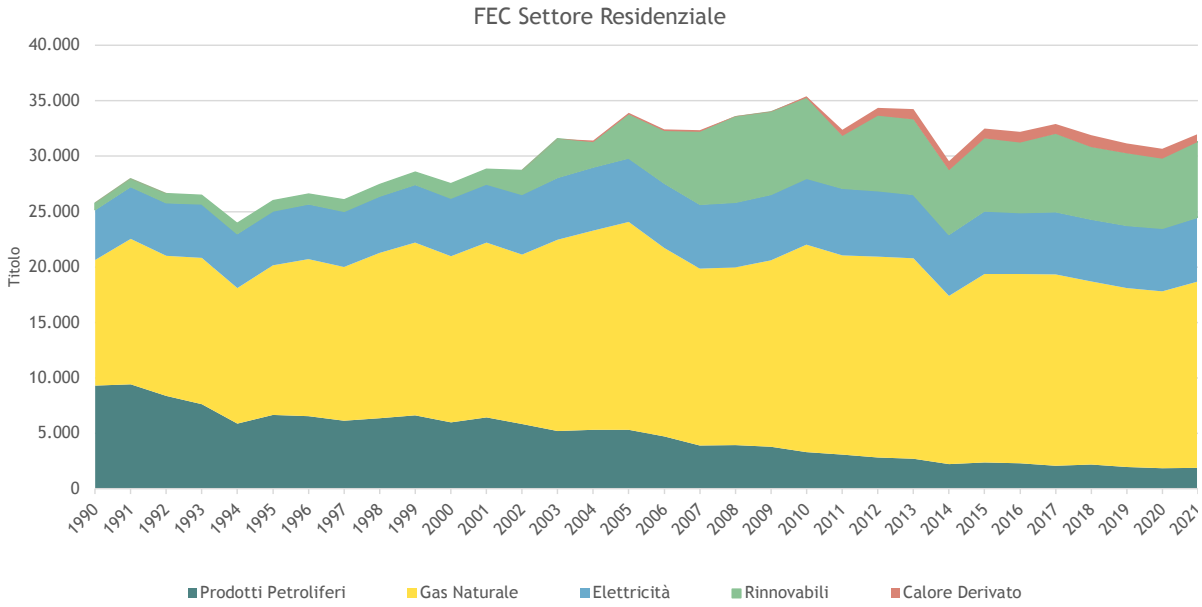


Fonte: elaborazione Amici della Terra su dati Eurostat

Per il settore residenziale, Eurostat rende disponibile il peso degli usi energetici e il grado di elettrificazione. Nel 2020, in Italia, i consumi per il riscaldamento nel residenziale sono stati di 20 Mtep, un contributo del 65% sul totale settoriale di 30 Mtep.
Seguono i consumi per l'illuminazione e gli apparecchi elettrici con 4,1 Mtep (14%), l'acqua calda sanitaria 3,7 ktep (12%) e l'uso cucina (7%).

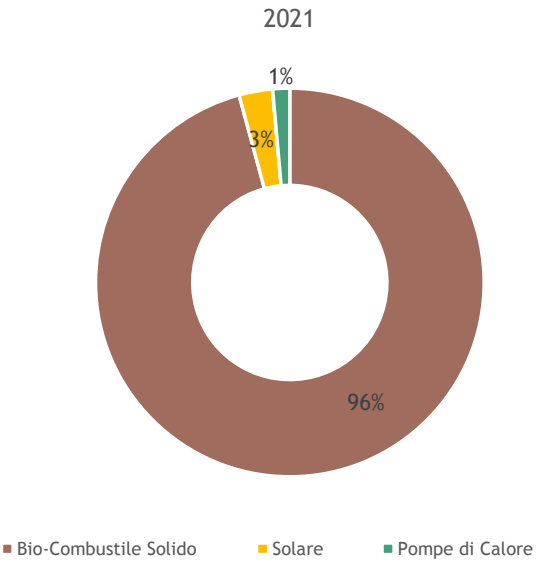
Infine, gli altri usi finali e il raffrescamento rappresentano complessivamente il 2% dei consumi del settore.
Come già detto, nel 2021 la penetrazione elettrica del residenziale si attesta al 18%, diminuendo di un punto percentuale rispetto al dato registrato nell'anno precedente.

Il grado di elettrificazione nei diversi usi energetici del settore è del 100% per l'illuminazione, il raffrescamento e gli altri usi finali, del 16% per l'uso cucina, del 13% per l'acqua calda sanitaria e dello 0,4% per il riscaldamento.



Fonte: elaborazione Amici della Terra su dati Eurostat

Il mix energetico del settore residenziale continua oggi a essere dominato dal gas naturale, che rappresenta oltre il 50% dei 32 Mtep di consumi finali fatti registrare in Italia nel 2021. Prosegue invece il trend di diminuzione dei consumi finali di prodotti petroliferi, oggi appena inferiori ai 2 Mtep, l'80% in meno rispetto al 1990.
Restano invece sostanzialmente invariati i consumi elettrici (5,7 Mtep) e il calore derivato fornito dalle reti di teleriscaldamento (0,7 Mtep). I consumi di energia da fonte rinnovabile, a cui concorrono le pompe di calore, rappresentano invece il 20% del totale dei consumi finali, confermando un trend di crescita che negli ultimi trent'anni li ha visti passare da 0,6 Mtep a 6,8 Mtep.



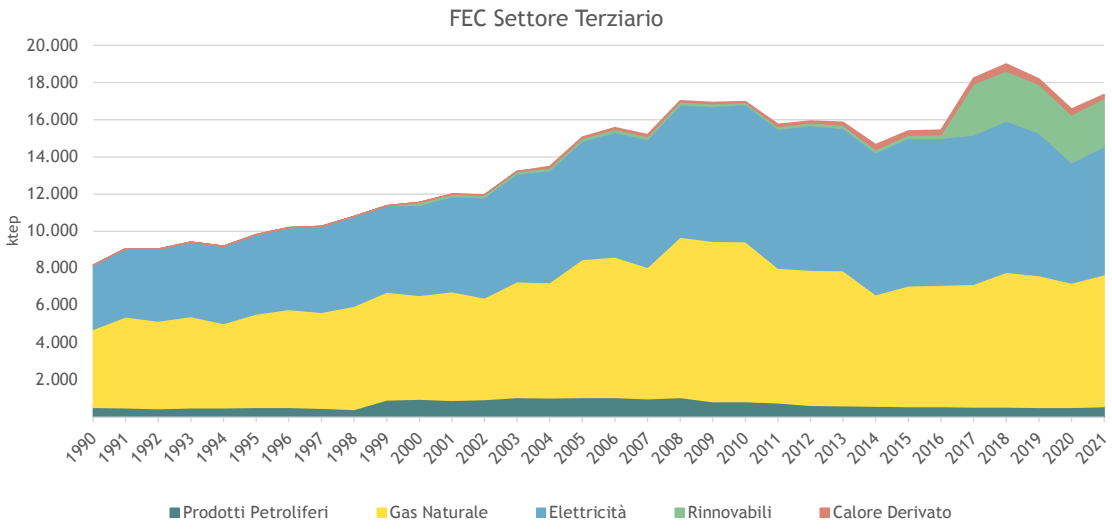
Fonte: elaborazione Amici della Terra su dati Eurostat

Secondo i dati Eurostat, gran parte dei consumi di energia rinnovabile nel settore residenziale, nel 2021, è coperta dalla biomassa solida, legata soprattutto all'utilizzo di stufe e caldaie alimentate da legna da ardere e pellet.
Il loro impiego ha generato nel 2021 6,5 Mtep, il 96% del totale dei consumi da fonte rinnovabile nel settore. Seguono il solare, in lieve aumento rispetto all'anno precedente, con consumi vicini ai 190 ktep e le pompe di calore, con un valore di 95,6 ktep, che rappresentano l'1% dei consumi da fonte rinnovabile nel residenziale.

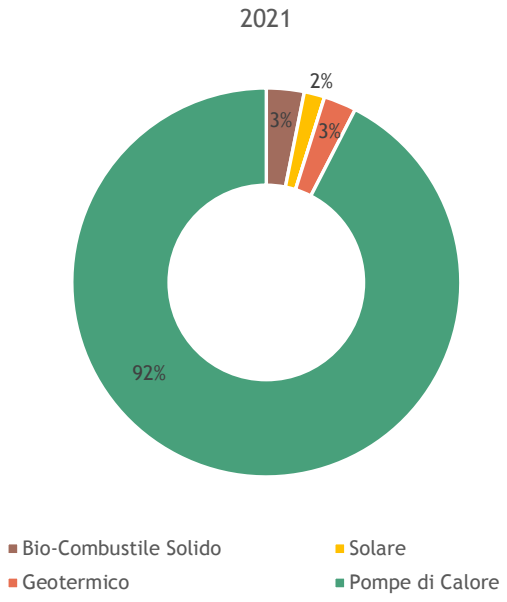
Questo dato sembra essere sottostimato se si confronta anche solo con il contributo di energia rinnovabile fornito dalle pompe di calore incentivate nel 2021 con il Conto termico, l'Ecobonus e il Superbonus, i tre meccanismi che obbligano alla sostituzione del vecchio impianto di climatizzazione e all'installazione della pompa di calore con la funzione di sistema di riscaldamento principale.

I consumi del settore terziario, dopo un calo fisiologico dovuto alla pandemia da Covid-19 che ha dato impulso a forme di lavoro da remoto, si attestano nel 2021 sui 17,3 Mtep. Come per il settore residenziale, anche nel terziario il gas naturale ha una funzione predominante, rappresentando il 41% del totale con consumi pari a 7,1 Mtep.

Molto simili i consumi elettrici con 6,8 Mtep, il 40% dei consumi settoriali nel 2021. L'esplosione dei consumi finali da fonte rinnovabile che si registra a partire dal 2017 nel settore terziario si spiega con l'inclusione delle pompe di calore nelle statistiche energetiche ordinarie e nei bilanci energetici. Al contrario, fino al 2016 la fonte rinnovabile ambient heat fornita dalle pompe di calore era contabilizzata esclusivamente tra le fonti energetiche rinnovabili ai soli fini del monitoraggio degli obiettivi stabiliti dalla Direttiva 2009/28/CE.



Fonte: elaborazione Amici della Terra su dati Eurostat



Fonte: elaborazione Amici della Terra su dati Eurostat

L'aumento dei consumi da fonti rinnovabili a partire dal 2017, come conseguenza della variazione nella contabilità statistica, risulta più evidente nel terziario, dove le pompe di calore hanno un peso maggiore rispetto a quanto non avviene nel settore residenziale.

Dei 2,6 Mtep di consumi settoriali da fonte rinnovabile nel 2021, 2,4 Mtep sono attribuiti alle pompe di calore.

Ciò significa che esse contribuiscono per il 92% ai consumi da fonte rinnovabile e per il 14% ai consumi energetici finali del settore terziario.

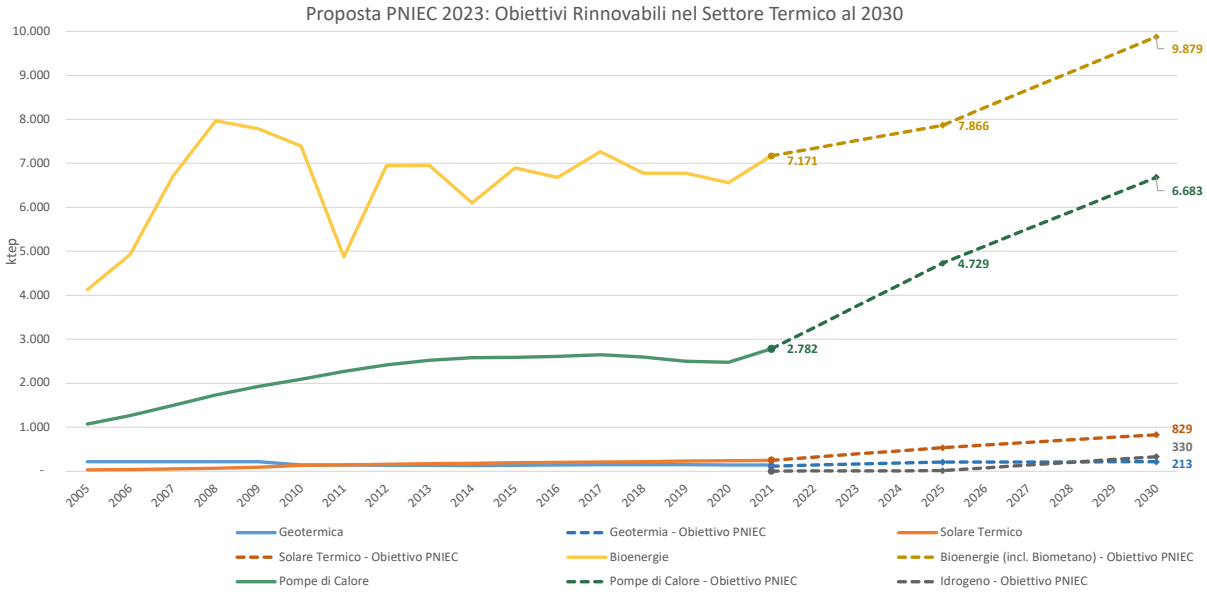
Stando alle statistiche del GSE, quindi, lo stock esistente di pompe di calore ha fornito, nel 2021, energia rinnovabile per un totale di 2485 ktep, di cui il 96% sarebbe installato nel settore terziario, il restante nel settore residenziale.

POMPE DI CALORE E OBIETTIVI UE 2030: IL PIANO NAZIONALE INTEGRATO ENERGIA E CLIMA (PNIEC)

Nell'Executive Summary della proposta di aggiornamento del Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima 2030 (PNIEC) diffuso il 30 giugno 2023 e trasmesso dal MASE alla Commissione Europea, sono stati indicati dei nuovi obiettivi di crescita della penetrazione delle fonti rinnovabili. Il nuovo documento stabilisce, per il 2030, un obiettivo globale di copertura pari al 40% del consumo finale lordo di energia da fonti rinnovabili, prevedendo un aumento considerevole rispetto all'attuale valore di 19%.
Ciò significa che sarà necessaria la produzione annuale di 43 Mtep di energia rinnovabile, sufficiente a coprire il 40% dei consumi finali lordi di energia, che per il 2030 sono stimati essere di 106,3 Mtep.
Il Piano prevede inoltre che il contributo dei vari settori, rivisto al rialzo rispetto alla versione precedente del documento, sia così suddiviso:

- Settore Elettrico: obiettivo del 65% dei consumi settoriali coperto da rinnovabili
- Settore Termico: obiettivo del 36,7% dei consumi settoriali coperto da rinnovabili
- Settore Trasporti: obiettivo del 30,7% dei consumi settoriali coperto da rinnovabili

Ad oggi il settore elettrico conferma il suo ruolo di rilievo nel comparto delle rinnovabili. Nel 2021, il contributo delle rinnovabili elettriche al consumo di energia settoriale è stato di 10,2 Mtep, equivalente ad una penetrazione di FER del 36,1%. Il dato conferma un trend di crescita costante della quota di consumi settoriali coperti da energia rinnovabile, con un aumento di dieci punti percentuali fatto registrare nell'ultimo decennio. L'apporto da FER nel settore dei trasporti risulta invece modesto, aumentando dal 6,2% del 2012 al 8,2% del 2021.

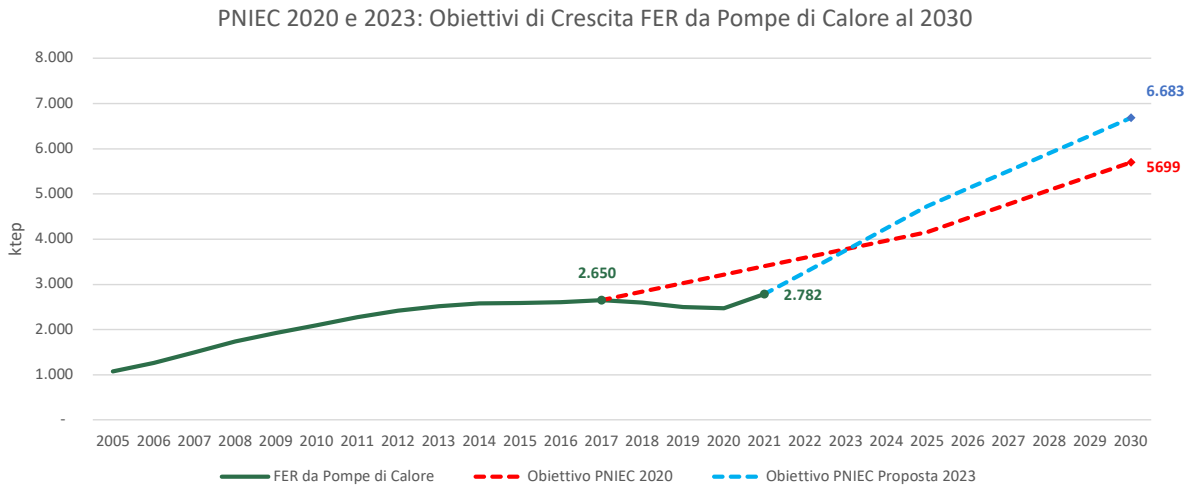


Fonte: elaborazione Amici della Terra su dati GSE e MASE

I consumi di energia termica rivestono un ruolo sempre più importante per il raggiungimento degli obiettivi indicati dal PNIEC. Con i consumi termici che dovrebbero scendere dai 56,7 Mtep del 2021 fino ai 51,9 Mtep del 2030, una diminuzione dovuta in larga parte alla riqualificazione e all'efficientamento del parco edilizio esistente, sarà necessario un contributo complessivo da fonti termiche rinnovabili pari a 19 Mtep per raggiungere la quota del 36,7% indicata dal Piano.

Questo vuol dire che per il conseguimento degli obiettivi del PNIEC è atteso l'aumento dei consumi da FER termiche di 7,8 Mtep da qui al 2030. I dati mostrano infatti che nel 2021 i consumi finali lordi di energia termica da FER sono stati di 11,1 Mtep, con una penetrazione dei consumi finali settoriali ferma al 19,7%.
Il 70% dei consumi da FER nel settore termico è nel 2021 rappresentato dalle bioenergie, principalmente legna da ardere e pellet utilizzati in ambito residenziale, che si confermano la fonte rinnovabile più utilizzata nel settore. In ottica 2030, per le bioenergie (incluso il biometano) è prevista una traiettoria di crescita che porterà i consumi dagli attuali 7,1 Mtep fino a 9,8 Mtep.

Le pompe di calore avranno un preso crescente nel mix termico rinnovabile. Infatti, il PNIEC 2023 attribuisce alle pompe di calore il compito di coprire 3,9 Mtep dei 7,8 Mtep, il 50% di aumento complessivo dei consumi da FER previsto entro il 2030. Pertanto, i consumi di energia rinnovabile da pompe di calore dovranno passare dagli odierni 2,8 Mtep al target di 6,7 Mtep indicato nel Piano.
Nonostante l'utilizzo dei meccanismi di incentivazione e di detrazione fiscale che negli ultimi anni ne hanno favorito la penetrazione negli ambiti della riqualificazione energetica e della ristrutturazione, le pompe di calore hanno fatto registrare un appiattimento nella crescita dei consumi che, fino al 2017, era stata invece costante.
Il leggero aumento osservato nel 2021 si deve invece ad una diversa contabilizzazione statistica dell'energia rinnovabile fornita da pompe di calore, che ora comprende anche una quota dell'energia trasferita per il raffrescamento. Nel 2021, il contributo del raffrescamento fa sì che si passi da un valore di 2485 ktep di energia rinnovabile fornita dalle pompe di calore solo per il riscaldamento, ad un valore complessivo di 2782 ktep.

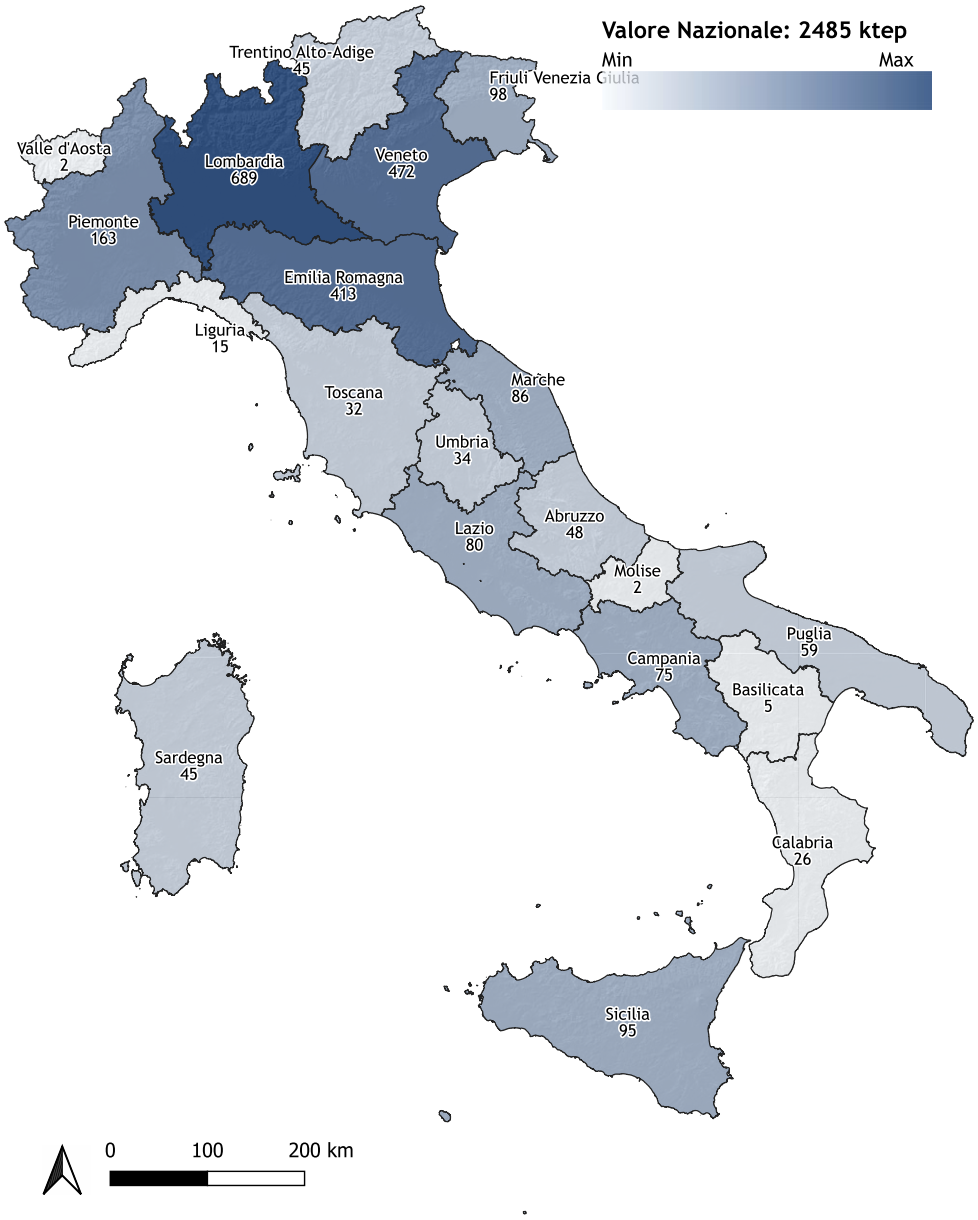


Fonte: elaborazione Amici della Terra su dati GSE e MASE.

Nonostante questo aumento, i consumi di energia rinnovabile da pompe di calore fatti registrare nel 2021 sono ancora ben al di sotto del sentiero di crescita indicato dallo scenario obiettivo del PNIEC nella precedente versione (2020). Con l'attuale contabilizzazione statistica, il deficit sarebbe di oltre 600 ktep, di 920 ktep se non si considerasse la quota di energia rinnovabile fornita per il raffrescamento.
La nuova versione del PNIEC, che fissa come punto di partenza proprio i consumi di energia rinnovabile fatti registrare dalle pompe di calore nel 2021, prevede una forte accelerazione.

Complessivamente, la percentuale di FER termiche coperte da pompe di calore secondo la nuova proposta del PNIEC dovrà passare dal 25% del 2021 al 35% entro il 2030, un aumento che ne confermerebbe la funzione sempre più essenziale nel mix energetico italiano. Contestualmente, i consumi da pompa di calore dovrebbero coprire il 13% dei consumi lordi di energia dell'intero settore termico, un aumento significativo dal 5% del 2021.

Energia Rinnovabile da PdC - Dettaglio Regionale 2021

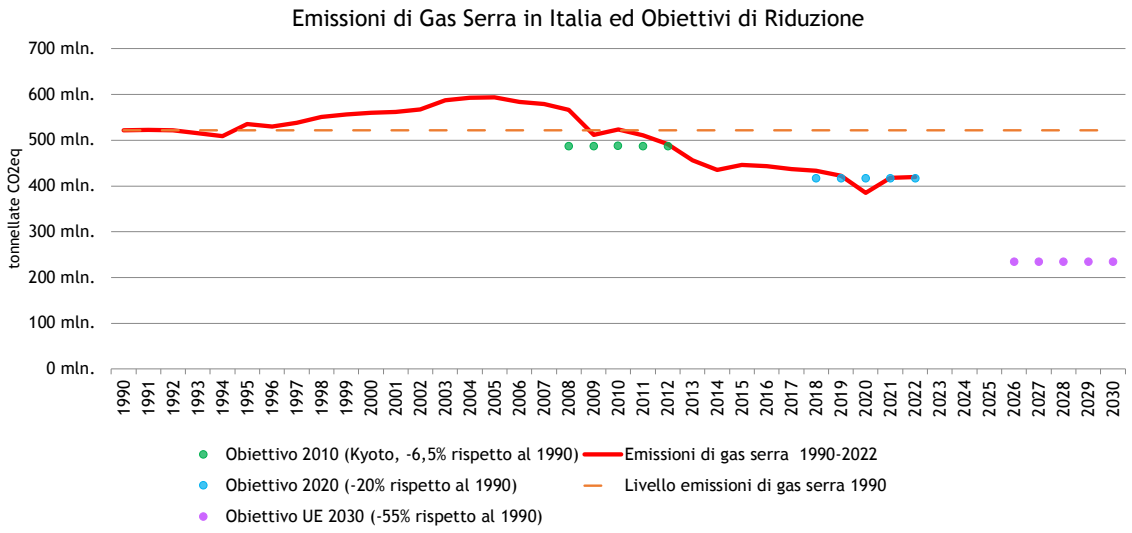


Fonte: elaborazione Amici della Terra su dati GSE. N.B.: sono considerati i consumi da FER di PdC per il solo riscaldamento.

OBIETTIVI DI RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DI GAS SERRA E RUOLO DELLE POMPE DI CALORE

Le nuove politiche UE di riduzione delle emissioni climalteranti varate con lo European Green Deal (EGD) sono state articolate con gli interventi normativi del pacchetto Fit for 55 e di recente integrati con le ulteriori indicazioni di intervento fornite dalla Commissione con il piano REPowerEU, per tenere conto dell'impatto sui mercati energetici della guerra della Russia all'Ucraina.

Il quadro delle politiche UE ha portato oggi l'obiettivo 2030 di riduzione delle emissioni climalteranti al 55% rispetto al livello del 1990, differente dalla riduzione del 40% prevista dal precedente Clean Energy Package.



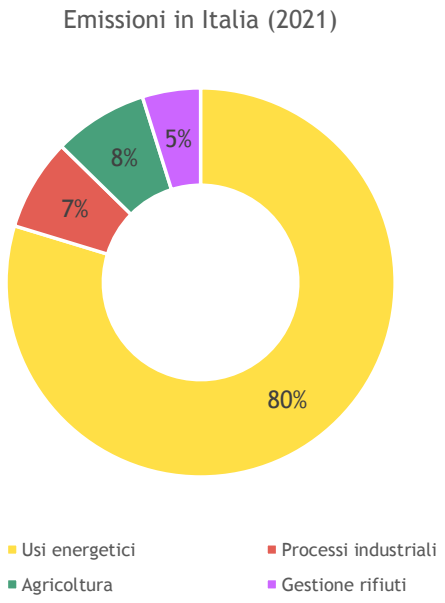
Fonte: elaborazione Amici della Terra su dati Eurostat, ISPRA ed Enea

In Italia, si stima che nel 2022 le emissioni di gas climalteranti siano state quasi 420 milioni di tonnellate di CO_2 equivalente, con una riduzione del 19,5% rispetto al 1990.

Questo dato è poco al di sotto del target di riduzione del 20% previsto dalla UE per il 2020 e rientra in un trend di calo costante iniziato nel 2005.

L'unico scostamento dalla linea di tendenza si è avuto nel 2020, quando la pandemia da Covid-19 ha fatto crollare i consumi di energia e diminuire drasticamente le emissioni (-26,2% rispetto al 1990). Con la fine della pandemia, le emissioni hanno avuto un rimbalzo che nel 2021 le ha riportate quasi sullo stesso livello del 2019.

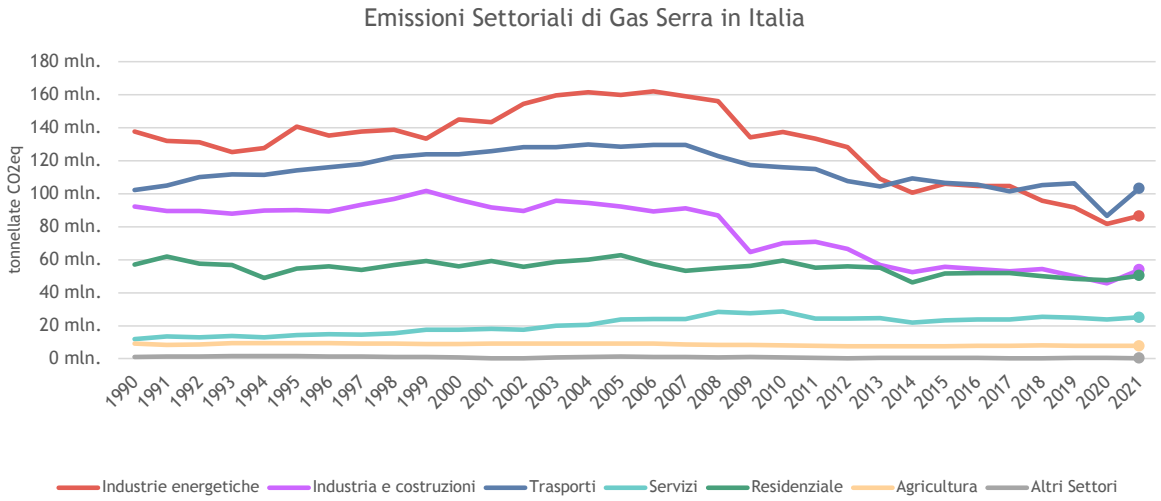
Il piccolo incremento delle emissioni registrato nel 2022 (+0,5%) riflette anche il quadro complesso degli effetti della crisi ucraina sui consumi di energia in Italia.



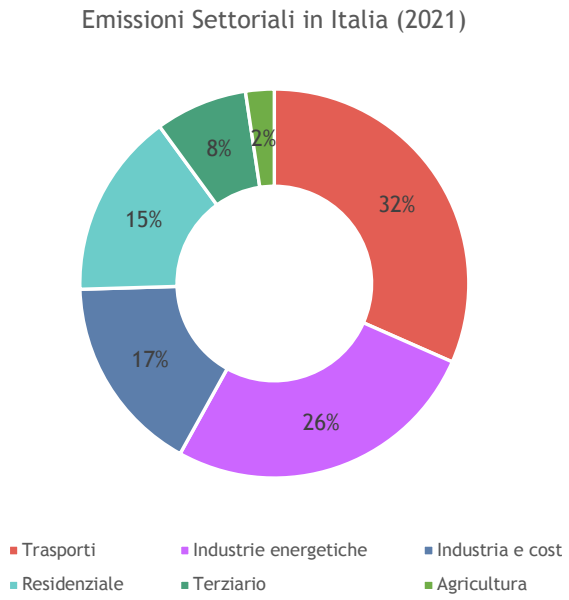
Fonte: elaborazione Amici della Terra su dati Eurostat e ISPRA

Nel 2021, l'80% delle emissioni climalteranti registrate in Italia proviene dagli usi energetici, per un valore pari a 332 milioni di tonnellate di CO_2eq.
Seguono le emissioni dalle attività agricole, che rappresentano l'8% del totale, e le emissioni da processi produttivi delle attività industriali, che nel 2021 sono pari a 31 milioni di tonnellate, il 7% del totale.
Infine, rappresentano il 5% del totale le attività di gestione dei rifiuti, per emissioni pari a 20 milioni di tonnellate di CO_2eq.

Per inquadrare il ruolo delle pompe di calore nelle politiche di decarbonizzazione è necessario esaminare le emissioni provenienti dagli usi energetici e la loro articolazione settoriale. Considerando le principali funzionalità degli impianti a pompa di calore per la climatizzazione (riscaldamento, raffrescamento e produzione di acqua calda sanitaria), diventa cruciale esaminare i consumi di energia (vedi "L'UTILIZZO DEGLI INCENTIVI PER L'INSTALLAZIONE DI POMPE DI CALORE) e le relative emissioni del settore residenziale e di quello del terziario.



Fonte: elaborazione Amici della Terra su dati Eurostat e ISPRA.



Fonte: elaborazione Amici della Terra su dati Eurostat e ISPRA

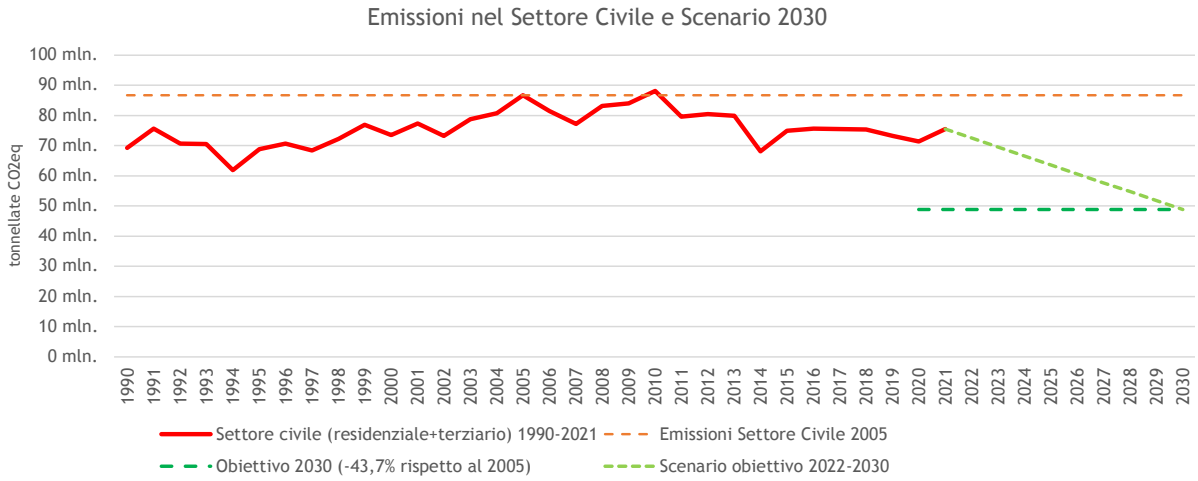
Le emissioni di gas serra del settore residenziale sono passate, dal 1990 al 2021, da 57,2 a 50,4 milioni di CO_2eq, facendo quindi registrare una riduzione del 12%.

Nello stesso periodo, le emissioni del terziario sono cresciute da 12 a 25 milioni di CO_2eq, con un aumento del 108%.

Le emissioni del settore residenziale pesano oggi per il 15% del totale, mentre quelle del terziario pesano per l'8%. Con 75 milioni di CO_2eq, le emissioni del settore civile (residenziale e terziario) costituiscono il 23% del totale dei gas serra emessi dagli usi energetici in Italia.

Attualmente, le emissioni di gas serra del settore civile non ricadono nella disciplina dei settori dell'European Union Emissions Trading System (ETS), e sono disciplinate dagli obiettivi della regolamentazione UE Effort Sharing. Fino a oggi, il complesso delle emissioni non ETS, oltre a quelle per usi energetici dei settori residenziale e terziario, include anche quelle dei trasporti, della gestione dei rifiuti e delle attività agricole. Per questi settori, l'obiettivo di riduzione delle emissioni fissato dalla UE attraverso il Clean Energy Package è pari al 30% rispetto al 2005.
Per il raggiungimento di tale obiettivo, veniva inoltre indicato un valore specifico di riduzione delle emissioni non ETS per ogni Paese membro, che nel caso dell'Italia è fissato al 33%.

Lo scenario obiettivo e le misure indicate dal PNIEC, approvato a fine 2020, prevedono una forte crescita della diffusione degli impianti a pompa di calore che consentirebbe di conseguire nel 2030 l'obiettivo di riduzione del 33% rispetto al 2005 delle emissioni climalteranti del settore civile (residenziale e terziario).
L'attuale trend delle emissioni del settore civile mostra un andamento che non è coerente con quanto previsto dall'attuale PNIEC. Ciò è la conseguenza anche del fatto che la crescita del mercato delle pompe di calore registrata negli ultimi anni in Italia, seppur importante, è stata al di sotto di quanto indicato dal PNIEC 2030.



Fonte: elaborazione Amici della Terra su dati Eurostat e ISPRA

Il nuovo Regolamento Effort Sharing 2023/857 del 19 aprile 2023, riformulato in attuazione del pacchetto Fit for 55, ha innalzato l'obiettivo UE di riduzione delle emissioni non ETS dal 33% al 40% rispetto al 2005.
Per raggiungere il nuovo obiettivo a livello UE, viene indicato un target specifico di riduzione delle emissioni non ETS per ogni Paese membro. Per l'Italia tale valore è stato fissato al 43,7%.

Ciò implicherebbe una riduzione dall'attuale livello delle emissioni climalteranti nel settore civile, che nel 2021 si attestano su 75,5 milioni di tonnellate CO_2eq, per arrivare a circa 48,8 milioni di tonnellate nel 2030.
Da segnalare anche che la nuova direttiva ETS prevede, a partire dal 2027, l'inserimento in questa disciplina delle emissioni climalteranti provenienti dai consumi di energia per il riscaldamento degli edifici.

Il processo di aggiornamento del PNIEC 2030 prevede l'invio da parte del Governo italiano di una proposta di aggiornamento alla Commissione UE. Successivamente la Commissione formula osservazioni ai piani dei Paesi membri ed entro la fine di giugno 2024 l'Italia dovrà approvare in modo definitivo il proprio nuovo PNIEC.

Allo stato attuale, il nuovo PNIEC dovrà recepire i nuovi obiettivi UE di decarbonizzazione e le misure previste dal quadro normativo europeo di cui si sta completando la definizione.

In questo contesto si inserisce anche il piano d'azione UE per accelerare il mercato e la diffusione delle pompe di calore. In una consultazione che terminata il 26 maggio 2023, la Commissione sottolinea l'importanza di perseguire il processo di decarbonizzazione del sistema energetico con la graduale eliminazione delle caldaie e il passaggio a sistemi di riscaldamento e raffrescamento rinnovabili negli edifici, nell'industria e nelle reti termiche locali. Per il 2030, il piano prevede l'installazione di 30 milioni di pompe di calore in più rispetto al 2020.

Nell'ambito delle politiche di decarbonizzazione, quindi, si pone la doppia sfida di verificare i motivi che non hanno consentito alle pompe di calore di conseguire gli obiettivi del PNIEC 2030, da una parte, dall'altra quella di porre basi solide per definire il contributo che questa tecnologia potrà dare ai nuovi obiettivi 2030 previsti dalla UE.

Per porre su basi solide la crescita del ruolo delle pompe di calore nel sistema energetico italiano saranno necessari interventi pubblici coerenti nella strategia di riqualificazione del parco edilizio italiano, nelle politiche industriali per la filiera delle pompe di calore, nello sviluppo dell'infrastruttura delle reti elettriche e con le valutazioni della sostenibilità economica e sociale degli obiettivi da definire.

Capitolo 9

CONTRIBUTO INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA)

A cura di: Maurizio Pieve, Yannick Monschauer e Raniero Trinchieri

Il contenuto del presente capitolo è stato rielaborato dal Report IEA "The Future of Heat Pumps" e dall'Annual Report 2022 del TCP IEA sulle Heat Pumping Technologies, ai quali si rimanda per approfondimenti: ***https://www.iea.org/reports/the-future-of-heat-pumps;***
https://heatpumpingtechnologies.org/hpt-annual-report-2022

LE POMPE DI CALORE COME STRUMENTO EFFICACE PER LA CLIMATIZZAZIONE SOSTENIBILE

I fabbisogni energetici per il riscaldamento civile sono molto variabili nei diversi paesi, in base alle condizioni climatiche, alle dimensioni delle unità immobiliari, agli spazi da riscaldare, alla qualità dell'isolamento termico degli involucri edilizi e al tipo di impianto di riscaldamento impiegato.

Circa il 70% del fabbisogno totale di energia termica è dovuto al riscaldamento degli ambienti, il resto è richiesto per la produzione di acqua calda sanitaria. A livello mondiale, nella composizione delle fonti primarie per produrre calore per gli edifici il 42% circa è coperto dal gas naturale.
Attualmente, quasi il 40% della popolazione mondiale abita in zone in cui le condizioni ambientali rendono necessario almeno per una parte dell'anno il riscaldamento degli ambienti abitati.

Nei paesi più sviluppati non si prevede una variazione significativa dei fabbisogni termici per riscaldamento nei decenni a venire. Diversamente, nei paesi con economie in sviluppo, a vario livello, con il miglioramento delle condizioni economiche delle popolazioni possono avere impulso nuovi modelli di abitazione, con la ricerca di ambienti più grandi e meglio climatizzati. Analogamente, nel settore terziario dei paesi in forte espansione economica si prevede un aumento significativo della richiesta di energia termica.

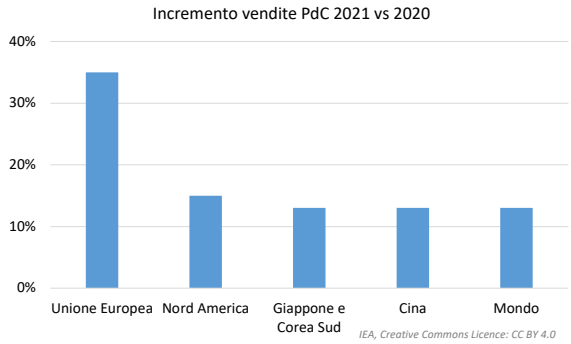


Figura 1: incremento percentuale delle vendite di pompe di calore nelle principali macroaree mondiali [1]

La Figura 1 riporta l'aumento percentuale delle vendite di pompe di calore nelle principali macroaree mondiali nel 2021 [1]. Nel 2022 questa tendenza positiva si è confermata, essendo le vendite aumentate dell'11% a livello mondiale, mentre nell'Unione Europea è stato raggiunto quasi il 40% [2].

Nonostante gli incrementi degli ultimi anni, le pompe di calore sono impiegate attualmente solo nel 10% dei casi come impianto di riscaldamento principale degli edifici. Tra utilizzi residenziali e non residenziali, la capacità installata a livello globale è di circa 1 TW (intesa come potenza termica nominale), di cui circa la metà è nell'America del Nord.

Nei climi temperati e in quelli caldi molte pompe di calore hanno la funzione principale di raffrescare gli ambienti, pur potendo contribuire molto spesso in modo adeguato alla copertura del fabbisogno per riscaldamento.
Tuttavia, si deve rimarcare che in Europa il più elevato tasso di penetrazione si registra nei paesi con clima più freddo, raggiungendo percentuali del 60% del riscaldamento totale degli edifici in Norvegia e oltre il 40% in Svezia e Finlandia, grazie a politiche di incentivo di lunga durata.

Negli ultimi decenni, le prestazioni delle pompe di calore sono migliorate in modo significativo, soprattutto in termini di efficienza e rumorosità. Ad esempio, i COP di alcune pompe di calore aria-acqua in Svizzera sono aumentati di oltre il 70% dai primi anni '90 [3]. Ulteriori vantaggi possono derivare dalle attività di ricerca e innovazione che attualmente hanno come temi principali le potenzialità di flessibilità e di smartness delle pompe di calore, la loro rumorosità, la riduzione dei volumi di ingombro, la maggiore facilità di installazione e il minore impatto ambientale associato ai materiali e ai refrigeranti utilizzati.
Il Programma di Collaborazione Tecnologica [4] per le Tecnologie a Pompa di Calore dell'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA TCP on Heat Pumping Technologies), descritto in dettaglio più oltre, e l'Innovation Community on Affordable Heating and Cooling of Buildings (iniziativa in ambito Mission Innovation) sono strumenti utili per far progredire la collaborazione RD&D in questo settore.

Il TCP sta esplorando potenziali miglioramenti dell'efficienza del sistema e delle risorse tramite l'ottimizzazione dell'impiego delle pompe di calore sia per il riscaldamento che per il raffrescamento, anche in applicazioni commerciali e con esigenze contemporanee dei due servizi. Un aspetto a cui si guarda con interesse è la particolare capacità delle pompe di calore di operare in reti di teleriscaldamento a bassa temperatura a livello di quartiere o di città, da utilizzare come pozzo termico o sorgente a seconda delle richieste, anche simultaneamente.
Con sistemi appositamente progettati è possibile anche sfruttare grandi quantitativi di calore di scarto derivante dai climatizzatori per la produzione di acqua calda sanitaria.

Per applicare in modo sempre più efficiente la tecnologia delle pompe di calore anche nei climi più freddi, dove comunque già rappresentano un'opzione concreta, la prossima generazione di macchine dovrà garantire prestazioni migliori su intervalli di temperatura più ampi. Un'altra sfida è quella di adattare le pompe di calore alle condizioni più difficili di esercizio in cui operano nel caso delle ristrutturazioni edilizie, dove spesso è complicato coibentare l'involucro e i terminali richiedono alte temperature. Il Dipartimento dell'Energia (DoE) degli Stati Uniti di recente ha lanciato la Residential Cold Climate Heat Pump Technology Challenge per accelerare la diffusione delle pompe di calore in climi molto freddi [5]. L'ottimizzazione di soluzioni differenziate in base ai fabbisogni climatici potrebbe contribuire alla riduzione dei costi delle apparecchiature.

È importante, inoltre, proseguire la ricerca su tecnologie ancora lontane dall'introduzione sul mercato, a cosiddetto TRL basso, per spianare la strada all'avanzamento di sistemi più efficienti e convenienti.
Tra le tecnologie non tradizionali si devono citare quelle a stato solido (pompe di calore magnetocaloriche, termoelettriche ed elastocaloriche) e quelle basate sui cicli Brayton e Stirling. I primi risultati provenienti dalle attività su sistemi di raffreddamento basati su tecniche elastocaloriche sono particolarmente promettenti.

IL PIANO REPOWEREU E LA SUA COERENZA CON APS DI IEA

L'IEA (Agenzia Internazionale dell'Energia) ha elaborato alcuni scenari riferiti all'evoluzione della richiesta globale di energia sotto alcune ipotesi, distinguendo tra uno scenario cosiddetto Announced Pledges (APS), ovvero conseguente all'implementazione effettiva di tutte le politiche proposte dai governi, uno scenario denominato Stated Policies (STEPS), che descrive l'evoluzione del sistema energetico globale governato secondo le politiche attuali, e uno scenario denominato Net Zero Emission by 2050 (NZE) che rappresenta la traiettoria per la riduzione delle emissioni a zero (in termini netti) per contenere l'aumento della temperatura media superficiale globale entro 1,5°C oltre i livelli preindustriali.

Nell'ambito dell'Unione Europea, il conflitto russo-ucraino e la conseguente riduzione delle importazioni di gas russo hanno causato una grave crisi energetica con conseguenze economiche e sociali di vasta portata.
In risposta a tale emergenza, la Commissione Europea ha pubblicato a maggio 2022 il piano REPowerEU, che mira a eliminare rapidamente le importazioni in UE di combustibili fossili dalla Russia e a cessarle del tutto ben prima del 2030.

Il piano stabilisce varie misure per diversificare i fornitori di gas e per accelerare il miglioramento dell'efficienza energetica e il passaggio a combustibili puliti, rafforzando quanto già proposto nel pacchetto Fit for 55 del 2021, che conteneva varie proposte di revisione e aggiornamento della normativa europea per ridurre le emissioni nette di gas a effetto serra almeno del 55% entro il 2030, rispetto ai livelli del 1990.

Una delle misure chiave del piano REPowerEU è la riduzione del consumo di gas naturale negli edifici, in gran parte attraverso la sostituzione delle caldaie a gas con le pompe di calore.

Nel 2021, il consumo di gas nell'UE negli edifici è stato pari a 150 miliardi di metri cubi, rappresentando la prima modalità di utilizzo, davanti al settore energetico, e ha contribuito per l'11% alle emissioni totali di CO_2 dell'Unione legate all'energia.

Le vendite di pompe di calore sono già in rapida crescita come sopra riportato, con quasi 3 milioni di pezzi venduti nel 2022 [6], alimentate da una politica di forte supporto nei principali mercati, tra cui Francia, Italia e Polonia (Figura 2)

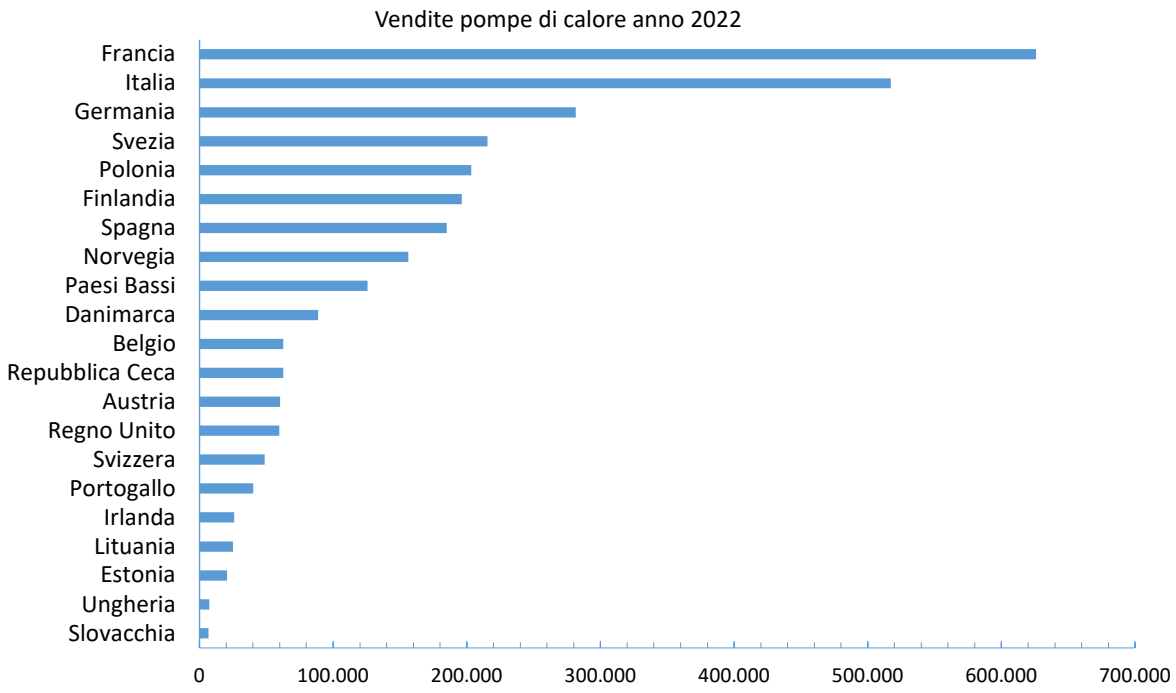


Figura 2: vendite di pompe di calore in Europa nel 2022 [6]

In alcuni paesi, le pompe di calore sostituiscono le caldaie a gasolio o sistemi ancor più vecchi, oltre a quelli basati su resistenza elettrica.
In Polonia, ad esempio, la combinazione di sussidi per l'energia pulita e di divieti a livello regionale per le caldaie più vecchie a combustibile solido ha contribuito a incrementare le vendite del 66% circa nel 2021 [7] e a raddoppiarle nel 2022 [6]. In Italia, negli stessi due anni la crescita è stata rispettivamente di oltre il 60% e del 35% circa, trainata soprattutto dal meccanismo del Superbonus.

Negli ultimi anni, vari paesi hanno annunciato obiettivi ambiziosi di diffusione della tecnologia a pompa di calore, come riporta la Tabella 1.

Paese	Anno	Obiettivo
Unione Europea	2030	Installazione di 30 milioni di PdC rispetto al 2022
Belgio	2030	Aumento di 5 volte dei consumi finali da PdC rispetto al 2018
Francia	2023	Totale PdC installate tra 2,7 e 2,9 milioni
Germania	2024 2030	Installare 500000 PdC all'anno Raggiungere un totale di 6 milioni
Italia	2030	Aumento di 2 volte dei consumi finali da PdC rispetto al 2017
Polonia	2030	Aumento di 3 volte dei consumi finali da PdC rispetto al 2020
Regno Unito	2028	Installare 600000 PdC all'anno
Spagna	2030	Aumento di 6 volte dei consumi finali da PdC rispetto al 2020
Ungheria	2030	Aumento di 6 volte dei consumi finali da PdC rispetto al 2020

Tabella 1: Obiettivi di alcuni paesi europei riguardo la diffusione delle pompe di calore [1]

Per l'Europa il piano REPowerEU ha come obiettivi il raddoppio delle vendite annuali, l'incremento di 10 milioni di pompe di calore idroniche nei prossimi 5 anni e di 30 milioni entro il 2030. Il piano mira, inoltre, ad accelerare la diffusione di pompe di calore di grande taglia nei settori del teleriscaldamento e dello sfruttamento del calore industriale. Lo scenario APS, che tiene conto degli obiettivi sopra descritti, prevede vendite per 4 milioni di unità nel 2025 e quasi 7 milioni nel 2030 con conseguenti risparmi di gas per il riscaldamento degli edifici di circa 7 miliardi di metri cubi nel 2025 e di 21 miliardi al 2030.
In questo modo, si calcola che le pompe di calore contribuiranno per circa un terzo alla riduzione totale dei consumi di gas negli edifici per il riscaldamento da qui al 2030. Per incentivare ulteriormente la diffusione delle pompe di calore, otto paesi europei hanno pianificato o attuato politiche di progressivo abbandono delle caldaie a gas e a gasolio, mentre altri cinque hanno annunciato divieti solo per le caldaie a gasolio (Figura 3).

Alcune delle prescrizioni riguardano solo le installazioni in nuovi edifici mentre altre riguardano anche le sostituzioni in edifici esistenti. Se tutti i paesi dell'UE implementassero politiche di divieto di nuove installazioni di caldaie a combustibili fossili a partire dal 2025, ciò comporterebbe la necessità per circa 48 milioni di famiglie di passare a soluzioni di riscaldamento alternative entro il 2030. Con il passaggio alle pompe di calore di una frazione del 60% di queste famiglie si otterrebbe quanto ipotizzato dallo scenario APS.

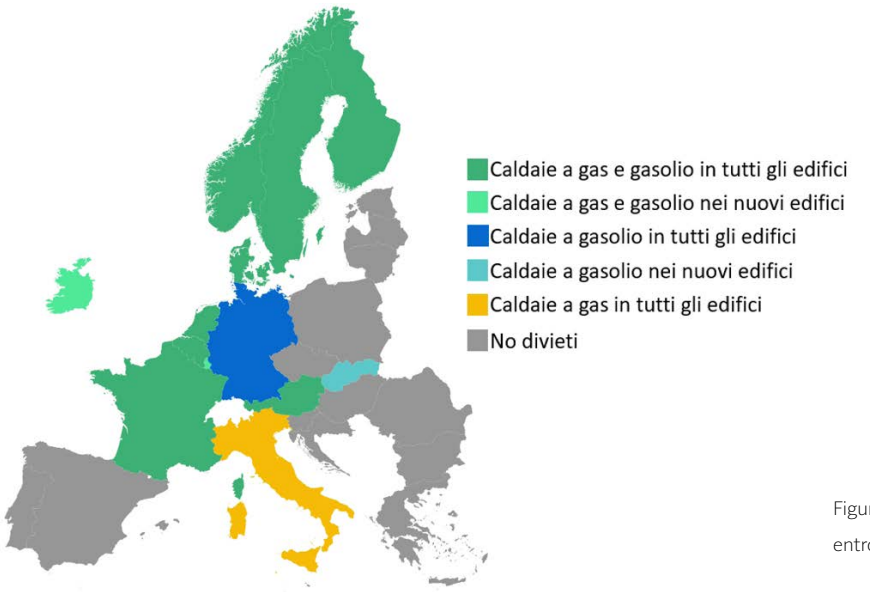


Figura 3: divieti per le caldaie programmati entro il 2050 in vari stati europei [8]

LE POMPE DI CALORE COME RISPOSTA ALLA RICHIESTA DI SICUREZZA ENERGETICA

Attualmente la produzione di calore per riscaldamento domestico e industriale è dominata dai combustibili fossili, provenienti in gran parte da importazioni. Nei soli edifici le esigenze di riscaldamento e acqua calda sanitaria contano per un quinto della domanda globale di gas, valore che sale a più di un terzo nell'Unione Europea.
Se si conta anche l'uso di gas per l'elettricità e per il teleriscaldamento, la quota in UE supera il 40%, e valori simili si riscontrano negli Stati Uniti. Considerando i combustibili fossili nel loro insieme, la dipendenza diretta o indiretta dell'Unione Europea supera il 50%, mentre in Giappone e Corea del Sud si arriva a valori superiori all'80%. Per la Cina la dipendenza dalle importazioni di combustibili fossili (sempre per il riscaldamento degli edifici) si attesta intorno al 20%. Il recente conflitto in Ucraina ha riportato in primo piano i timori riguardanti la sicurezza degli approvvigionamenti energetici, in particolare in Europa, che ha comunque saputo superare la fase più acuta della scorsa stagione invernale. In un quadro internazionale così precario, le pompe di calore possono fornire un contributo fondamentale per la riduzione della dipendenza dai combustibili fossili nel settore del riscaldamento, abbinate con il miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici.

Il piano di dieci punti dell'IEA sulla riduzione della dipendenza dell'UE dal gas russo, pubblicato a marzo 2022, mette tra le priorità l'uso del gas per il riscaldamento. Tra le misure urgenti è indicata l'accelerazione della diffusione delle pompe di calore e la dismissione delle caldaie a gas. Nello scenario APS, l'aumento dell'installazione di pompe di calore consentirebbe di ridurre la domanda di gas nel settore degli edifici di circa 80 miliardi di metri cubi a livello globale entro il 2030 rispetto a oggi, di cui 21 miliardi nella sola UE.
Nella prospettiva di una transizione decisa verso le pompe di calore devono essere considerate alcune importanti conseguenze riguardo alla sicurezza energetica. Ad esempio, per quanto improbabile nei paesi più avanzati, deve essere attentamente valutato il rischio di aumento di fenomeni di black-out per l'incremento del consumo di energia elettrica, soprattutto in relazione alle condizioni climatiche e a quelle meteorologiche, considerando anche le possibili interruzioni di produzione da fonti rinnovabili non programmabili.
Il carico sulle reti di distribuzione nei momenti di picco potrebbe essere ridotto con sistemi di riserva condivisi in comunità energetiche laddove vi siano esigenze di continuità della fornitura, e ricorrendo a forme di generazione di tipo distribuito, coadiuvate da accumuli termici ed elettrici. Anche le pompe di calore ibride potrebbero fornire un contributo significativo, riducendo l'impatto di eventuali interruzioni di alimentazione elettrica, in particolare nei climi più freddi.

BARRIERE E SOLUZIONI ALLA DIFFUSIONE DELLE POMPE DI CALORE

L'accelerazione della diffusione della tecnologia a pompa di calore fino ai livelli previsti dallo scenario APS ha come presupposto il superamento di barriere di varia natura. Si possono individuare ostacoli sia sul lato della domanda, ad esempio i costi di acquisto e altri ostacoli del mercato, che su quello dell'offerta, tipicamente i vincoli di disponibilità per aumentare la produzione o il numero di installatori formati a disposizione.

Per quanto riguarda la catena di fornitura, si deve tener conto dei potenziali vincoli derivanti dalle materie prime e dalla componentistica necessaria per la realizzazione dei vari elementi di una macchina. Sul fronte delle risorse, le strategie di indirizzo di ciascun paese devono poter contare, per adattarsi efficacemente ai contesti specifici, su dati affidabili, spesso non disponibili. In particolare, sono ritenuti basilari dati sui fabbisogni per riscaldamento, sulle necessità dei vari processi industriali, sulle fonti di calore utile al recupero, così come sulle prestazioni energetiche degli edifici e la distribuzione dei vari sistemi di riscaldamento.
Altre informazioni che concorrono a comporre un quadro coerente sono quelle relative allo sviluppo del mercato, ai costi di installazione e manutenzione e alle prestazioni in campo dei sistemi in esercizio.

La competitività delle pompe di calore a confronto con tecnologie di riscaldamento concorrenti dipende da una combinazione di fattori, tra cui il costo iniziale (cd. CAPEX), i costi di esercizio (OPEX), funzione anche dal prezzo dell'energia elettrica, la vita tecnica utile, e i sussidi economici di vario tipo (incentivi o detrazioni).

In generale, nella maggior parte dei mercati le pompe di calore hanno un costo inziale superiore rispetto alle caldaie a combustibile fossile anche tenendo conto degli incentivi, ma beneficiano di costi operativi inferiori grazie ad un'efficienza molto maggiore. Viceversa, in alcuni mercati maturi può accadere che per specifiche applicazioni alcuni modelli economici di pompe di calore aria-aria siano più convenienti delle caldaie, anche per i ridotti costi di installazione.

La riduzione dei costi di acquisto e installazione di una pompa di calore è un elemento critico perché tale macchina possa godere di maggiore attrattività per i consumatori, specialmente nelle utenze domestiche.
I costi variano considerevolmente in base alla tipologia (aria-aria, aria-acqua, geotermica), alla taglia, alla gamma del prodotto e alla maturità del mercato in un determinato paese. Quest'ultima variabile incide in modo importante sui costi accessori (installazione, servizi ausiliari come l'accumulo, adeguamento degli impianti esistenti, tipicamente dipendenti dalle temperature dei terminali di impianto, ecc.).

Il maggior costo di investimento rispetto a una caldaia a gas rappresenta un'importante barriera, che alcuni paesi cercano di ridurre con l'introduzione di specifici incentivi. Questi ultimi possono essere differenziati sulla base dell'efficienza della macchina specifica o del reddito del consumatore che l'acquista. In questo modo, i costi di acquisto per le principali tipologie diventano competitivi in vari paesi (ad esempio Francia e USA). In Polonia si può ottenere un incentivo maggiore in caso di basso reddito, mentre in Canada sono disponibili incentivi differenziati in base all'efficienza della macchina acquistata (generalmente un modello più efficiente è anche più costoso).

In molti paesi i sussidi economici sono disponibili sotto forma di contributi a fondo perduto, a copertura di una importante quota del costo di listino dell'apparecchio e dell'installazione. In alcuni paesi (es. Francia e Regno Unito), è stata ridotta o eliminata l'IVA sugli impianti diversi dalla caldaia a gas. In altri casi, come in Italia, si è optato per una detrazione fiscale (del 65% o del 110% con differenti requisiti) che, a differenza del contributo, esplica il suo effettivo vantaggio su un arco temporale di alcuni anni. In altri casi ancora si è pensato a sostenere l'acquisto delle pompe di calore con prestiti a interessi zero, ammortamenti "verdi", o schemi di incentivazione più complessi, come meccanismi di rimborso del prestito in base al risparmio conseguito. La riduzione del costo di acquisto e di installazione può essere ottenuta anche secondo altre modalità di incentivo, favorendo l'emergere di nuovi modelli di business appositamente studiati per favorire il trasferimento del risparmio al consumatore.

Per l'utente finale può essere complicato trovare le corrette informazioni sullo strumento finanziario più adatto alle sue esigenze e sulle modalità per accedervi; pertanto alcuni paesi hanno istituito uno sportello unico per questo scopo, come ad esempio viene proposto in Irlanda con Electric Ireland Superhomes [9].

L'Agenzia Internazionale dell'Energia prevede per il decennio in corso una graduale diminuzione dei prezzi di acquisto e installazione, in conseguenza della diffusione degli scambiatori di calore e l'elettronica, che insieme costituiscono circa i due terzi del costo per una pompa di calore aria-aria (US DOE, 2016).
L'automazione della produzione su larga scala consentirebbe di sfruttare l'ampio margine ancora esistente, anche se sono necessarie politiche forti e stabili perché i produttori si orientino per investire massicciamente nell'aumento della capacità produttiva. A livello di settore, alcune scelte potrebbero contribuire ad accelerare tali processi, come ad esempio la standardizzazione di singole parti (fino ad arrivare a concepire componenti o macchine adatte a logiche di tipo plug-and-play) e le procedure di verifica del controllo qualità, tali da incidere anche sui costi di installazione, manutenzione e riparazione.

Complessivamente, il costo iniziale complessivo potrebbe diminuire del 20% nella maggior parte dei mercati e fino al 40% in alcuni paesi come la Germania [10]. Tuttavia, le prospettive restano incerte, a causa di altri fattori non prevedibili come la direzione delle normative sulle prestazioni energetiche delle macchine e le politiche di riduzione di impiego dei refrigeranti a maggiore GWP, oltre ai costi delle ristrutturazioni e dei rifacimenti degli impianti.

Si deve considerare infatti che progressivamente le pompe di calore verranno installate sempre più anche negli edifici esistenti, con conseguenti ulteriori spese per l'adeguamento dell'impianto elettrico alla maggiore potenza richiesta dalla pompa di calore, e della dimensione dei radiatori (o la realizzazione ex-novo di un impianto a pavimento o a ventilconvettori) a causa della minore temperatura media di scambio. Tali costi aggiuntivi costituiscono un'importante barriera per la scelta dell'opzione pompa di calore, e possono arrivare a un terzo del costo totale.

A livello medio europeo, i costi di esercizio per riscaldamento con pompa di calore erano già inferiori a quelli delle caldaie a gas prima della crisi energetica del 2022. Nei paesi in cui il costo dell'energia elettrica è aumentato meno del gas, anche per gli interventi di contenimento dei prezzi messi in atto dai governi, questo vantaggio si è consolidato, con un risparmio per l'utente medio europeo di oltre 900 dollari su base annua.
In alcuni paesi, come Paesi Bassi e Danimarca si è agito sulle componenti fiscali, riducendo quella dell'elettricità o aumentando quella sul gas per riscaldamento, con l'obiettivo di rendere più economico l'impiego delle pompe di calore. Anche la tassazione delle emissioni di CO_2 può contribuire a migliorare la competitività economica delle pompe di calore, in particolare nei paesi con un mix energetico a basse emissioni.
In Svezia, ad esempio, l'introduzione nel 1991 di una tassa sulle emissioni ha contribuito negli anni al raggiungimento di una percentuale altissima (nel 2021 superiore al 90%) di vendite di pompe di calore sul totale degli impianti di riscaldamento e alla scomparsa quasi totale delle caldaie a gasolio.

Un ruolo di supporto per la riduzione dei costi di esercizio di una pompa di calore può essere svolto da un'adeguata struttura delle tariffe elettriche, che tiene conto del potenziale di flessibilità che esse offrono alla rete elettrica in combinazione con l'inerzia degli edifici e le possibilità di accumulo termico nei serbatoi di acqua tecnica o sanitaria. Tale flessibilità potrebbe essere valorizzata in base alle fasce di tempo di utilizzo e con tariffe dinamiche, differenziate a seconda dell'ora e della condizione di carico della rete.
Ad esempio, Electric Ireland offre una tariffa notturna che è circa la metà di quella diurna, consentendo ai proprietari di pompe di calore di programmare il funzionamento dei propri dispositivi soprattutto di notte [9].
Anche l'utilizzo di logiche di demand-response management, basate su tecniche digitali integrate di misurazione e comunicazione dei consumi, può contribuire a ridurre i costi di esercizio.
Con tali mezzi, peraltro, è possibile favorire il bilanciamento del sistema elettrico nel suo complesso e ridurre l'impatto dei picchi di domanda sulla rete. La flessibilità potrebbe essere aumentata, con ulteriore abbattimento dei costi operativi, accoppiando le pompe di calore con pannelli solari fotovoltaici.

L'efficienza degli edifici può a sua volta favorire la riduzione dei costi di esercizio sia direttamente che in modo indiretto: un edificio ben isolato, infatti, ha un fabbisogno minore e, in aggiunta, consente di dimensionare una macchina più piccola. In più, può essere climatizzato con temperature di mandata inferiori.
Nel rapporto IEA Energy Efficiency Report 2022 è descritto in dettaglio il legame tra condizioni dell'isolamento termico ed esercizio della pompa di calore [11].

Infine, i costi di gestione di una pompa di calore sono determinati anche dal modo in cui essa viene gestita e mantenuta. Gli utilizzatori devono acquisire competenza e consapevolezza riguardo alla corretta gestione e alla necessità di far effettuare la manutenzione a tecnici qualificati, in modo che le macchine operino in modo efficiente lungo tutta la loro vita utile. Ad esempio, la batteria alettata della pompa di calore con sorgente aria può sporcarsi nel corso del tempo, con aumento del consumo elettrico e rapida usura dell'unità, oltre a una maggiore rumorosità. L'integrità del circuito del refrigerante deve essere garantita con adeguati sistemi di controllo e allarme per le perdite (ad oggi presenti solo nelle unità di grande taglia), per prevenire fughe dannose per l'ambiente e riduzione delle prestazioni della macchina.

Oltre ai vincoli di tipo economico, esistono vari altri ostacoli di diversa natura che limitano la diffusione delle pompe di calore, come le prescrizioni riguardanti l'installazione (si pensi per esempio alle difficoltà che si incontrano per installare le pompe di calore geotermiche, oppure ai requisiti riguardanti la normativa

antincendio per le macchine di grande taglia, o ancora al rispetto di prescrizioni sull'estetica delle facciate o sulla rumorosità), la mancanza di informazioni affidabili riguardo ai vantaggi conseguibili con tali macchine, la ripartizione non sempre chiara e ben bilanciata degli incentivi tra proprietari e inquilini.
Pur essendo barriere di tipo non economico, anch'esse contribuiscono in modo significativo a orientare o meno l'utente finale verso la scelta di una pompa di calore al posto di un altro sistema di riscaldamento, richiedendo competenze specifiche e disponibilità di tempo per valutare correttamente tutti gli elementi necessari.
Anche se molti paesi hanno sviluppato programmi per ridurre il peso dei vari ostacoli, sono necessari ulteriori sforzi per rafforzarli e applicarli in modo più ampio.

I principali produttori di pompe di calore hanno annunciato l'intenzione di investire più di 4 miliardi di euro per aumentare la capacità produttiva delle pompe di calore, soprattutto in Europa (Tabella 2).
Tuttavia, i colli di bottiglia della catena di approvvigionamento, che interessano in particolare i chip e il rame, possono appesantire i costi di produzione, con il rischio di frenare l'espansione della capacità produttiva delle case costruttrici. Diversi paesi, in particolare gli Stati Uniti, stanno rispondendo con incentivi per sviluppare la capacità produttiva interna. Per assicurare nuovi investimenti nel settore sono necessarie politiche energetiche di lungo periodo con obiettivi chiari, accompagnate da una struttura normativa certa, oltre ad azioni mirate che rendano meno vulnerabile la filiera di fornitura della componentistica.

Produttore	**Paese/Area**	**Destinazione investimento**	**Investimento**	**Data completamento**
Vaillant	UE	PdC e efficienza energetica	130 M€	2022-23
Hoval	Liechtenstein, Slovacchia	PdC	60 M€	2023-24
Clivet (Gruppo Midea)	Italia	PdC	60 M€	2024
Mitsubishi	Turchia, UK	PdC e condizionamento	128 M€	2024
Bosch	Europa	PdC	300 M€	2025
Daikin Europe	Belgio, Polonia, Germania, Rep. Ceca,	PdC, digitalizzazione, servizi	1,2 G€	2025
Stiebel Eltron	Germania	PdC	600 M€	2025
NIBE	Svezia	PdC	460 M€	2025
Viessmann	Polonia	PdC e altre soluzioni ecologiche	1 G€	2025
Panasonic	Rep. Ceca	PdC	145 M€	2026

Tabella 2: investimenti in Europa previsti dai principali produttori di PdC nei prossimi anni [1]

La carenza di installatori qualificati, che costituisce di per sé un problema strutturale in alcuni mercati importanti, diventa una minaccia importante nel caso delle pompe di calore, soprattutto in considerazione delle proiezioni per i prossimi anni: una crescita imponente della domanda di pompe di calore potrebbe far quadruplicare la richiesta di installatori al 2030, secondo lo scenario APS dell'IEA, fino a circa 850.000 unità a livello globale.

Tenendo conto che la formazione è fondamentale per garantire installazioni corrette e sicure, l'onerosità degli attuali sistemi di certificazione può costituire un deterrente per i lavoratori già operanti nel settore degli impianti di riscaldamento tradizionali che devono spesso acquisire nuove competenze per operare con le pompe di calore. Una possibile strada potrebbe essere quella di integrare tra loro le formazioni tipiche di vari specialisti, (elettricisti, idraulici, altri impiantisti esperti di refrigerazione, di antincendio, di riscaldamento).

Sempre più case costruttrici offrono programmi di formazione per l'installazione più mirati e brevi, consentendo di accorciare i tempi per creare una nuova classe di installatori certificati. In questa direzione, sono auspicabili forme di standardizzazione degli accreditamenti e della formazione, nonché un'opportuna armonizzazione della normativa tecnica di vario livello.
Anche gli indirizzi politici di strategia energetica, con riferimenti temporali precisi (per esempio F-gas, Direttiva sull'efficienza degli edifici, normative sull'etichettatura energetica) potrebbero contribuire a fornire al singolo lavoratore maggiore certezza rispetto alle prospettive di occupazione in questo specifico settore impiantistico.
I governi, infine, possono svolgere un ruolo importante nel promuovere la formazione e la possibilità di impiego nel settore dell'installazione, cooperando con le industrie per aggiornare le certificazioni, prevedendo incentivi per la formazione professionale e sostenendo l'apprendistato.
Ad esempio, gli obiettivi del piano REPowerEU per le pompe di calore, tradotti nello scenario APS, prevedono un aumento del numero di installatori qualificati da 40.000 del 2019 a 110.000 entro il 2030.

IL PROGRAMMA DI COLLABORAZIONE TECNOLOGICA DELL'IEA SULLE TECNOLOGIE A POMPA DI CALORE

Fondato nel 1978 sotto l'egida dell'Agenzia Internazionale dell'Energia (IEA), con l'originario nome di Heat Pump Programme, il Programma di Collaborazione Tecnologica (TCP) sulle Tecnologie a Pompa di Calore è un'associazione senza scopo di lucro (il cui oggetto è un programma di ricerca, sviluppo, dimostrazione e promozione delle tecnologie a pompa di calore) nella quale i partecipanti nei vari paesi collaborano a progetti nel campo delle pompe di calore e loro tecnologie, come climatizzazione, refrigerazione e refrigeranti.

Sotto la guida della Commissione Esecutiva che rappresenta i vari paesi membri, il Programma sviluppa strategie per incrementare l'utilizzo delle pompe di calore in applicazioni nelle quali esse possono ridurre il consumo energetico a beneficio dell'ambiente. I paesi che attualmente fanno parte del TCP sono: Austria, Belgio, Canada, Cina, Corea del Sud, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Giappone, Italia, Norvegia, Paesi Bassi, Regno Unito, Repubblica Ceca, Svezia, Svizzera e Stati Uniti. In alcuni dei paesi associati ci sono gruppi nazionali, la cui attività consiste nell'informazione, promozione, sviluppo di nuove attività e progetti di interesse nel paese e nella partecipazione anche a varie attività e progetti, meglio descritti in dettaglio più sotto.

Il programma svolge azioni di comunicazione dei risultati e dell'impatto delle proprie attività attraverso vari canali per raggiungere importanti categorie di soggetti, come i decisori politici, le agenzie nazionali e internazionali in materia energetica, gli esercenti delle commodities, le aziende produttrici, le associazioni di categoria, i ricercatori e tutti coloro che a vario titolo sono coinvolti nella filiera della tecnologia a pompa di calore.

Un'altra importante funzione del programma è quella di fornire all'Agenzia Internazionale dell'Energia e ad altre organizzazioni linee guida indipendenti, dati e conoscenze aggiornate nel settore, sia per la tecnologia in sé che per le mutue interazioni con tecnologie alternative. Gli obiettivi strategici del programma sono declinati nelle macrovoci Sicurezza Energetica, Sviluppo Economico, Consapevolezza Ambientale e Coinvolgimento Globale.
La dimensione R&S, dentro la quale si inquadrano i temi proposti con i vari Annex, comprende sei aree:

- Tecnologie di riscaldamento affidabili e competitive
- Raffrescamento e climatizzazione più efficienti, soprattutto in climi caldi e umidi
- Soluzioni di sistema flessibili, sostenibili e pulite combinando tecnologie a pompa di calore con accumuli, smart grid, fonti rinnovabili, reti termiche, ecc.
- Opportunità e sfide per le pompe di calore offerte dagli sviluppi della digitalizzazione e dell'Internet of Things.
- Nuovi mercati e applicazioni particolari, tra cui automotive, industria ed elettrodomestici
- Refrigeranti nuovi, alternativi o naturali con basso GWP, elevate proprietà termodinamiche e bassa tossicità, per applicazioni sia nuove che esistenti.

I progetti di collaborazione del TCP IEA sulle Heat Pumping Technologies sono denominati "Annex" e sono aperti a ricercatori, studiosi, rappresentanti del mondo dei costruttori, associazioni e altri portatori di interesse nella filiera delle pompe di calore. Gli Annex sono basati sulla condivisione dei costi e dei compiti fra i paesi partecipanti. Tecnicamente, uno dei paesi incarica un "Operating Agent", con l'obiettivo di gestire e coordinare le attività dell'Annex.

La maggior parte degli Annex lavora per un periodo limitato (generalmente tre anni, con la possibilità di proroghe) con obiettivi che variano dallo scambio di informazioni, ad analisi di vari aspetti della tecnologia, allo sviluppo e implementazione di nuove tecnologie. Dalla fondazione del TCP a oggi ne sono stati completati oltre 50.
Attualmente sono in corso otto progetti, mentre altri tre sono appena iniziati o stanno per iniziare, come elencato in Tabella 3.

N. Annex	Titolo
53	Advanced cooling/refrigeration technologies development
54	Heat pump systems with low GWP refrigerants
56	Internet of things for heat pumps
57	Flexibility by implementation of heat pumps in multi-vector energy systems and thermal networks
58	High-temperature heat pumps
59	Heat pumps for drying
60	Retrofitting heat pump systems in large non-domestic buildings
61	Heat pumps in positive energy districts
62	Heat pumps for multi-family residential buildings in cities
63	Placement impact on heat pump acoustics
64	Safety measures for flammable refrigerants

Tabella 3: Attività in corso e in programma nel TCP IEA sulle Heat Pumping Technologies [4]

L'**Annex n. 53** (Figura 4) sulle tecnologie avanzate per raffrescamento e refrigerazione si pone come obiettivi la ricerca, lo sviluppo a lungo termine e la condivisione di informazioni per spingere lo sviluppo di tecnologie a pompa di calore per la refrigerazione e il raffrescamento maggiormente efficienti e di minor impatto ambientale.

Le aree su cui si è focalizzato il suo percorso riguardano, tra le altre, l'innalzamento del TRL di tecnologie di raffrescamento non convenzionali e tecnologie alternative alla compressione, il controllo indipendente di sistemi a calore latente e sensibile e la loro ottimizzazione rispetto a diversi climi (ad esempio caldo secco o caldo umido), e gli avanzamenti nelle tecnologie basate sulla compressione di vapore, convenzionali e non.

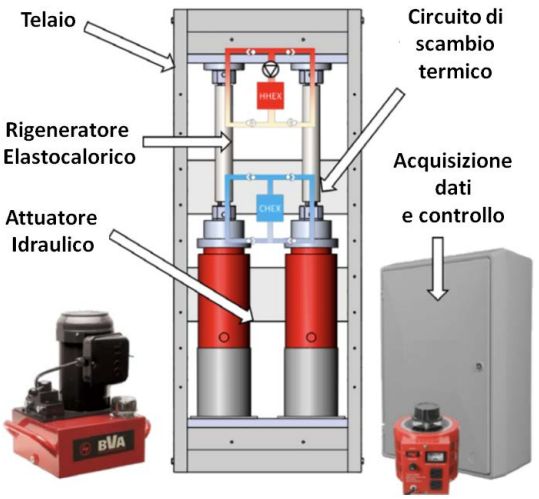


Figura 4: schema di principio di ciclo elastocalorico alternativo singolo e doppio [4]

L'**Annex 54** sulle pompe di calore con refrigeranti a basso impatto serra promuove l'applicazione dei refrigeranti a basso GWP in sistemi a pompa di calore con i seguenti obiettivi: rassegna completa dei progressi recenti di ricerca e sviluppo su progettazione, analisi e ottimizzazione a livello di sistema; casi-studio approfonditi di ottimizzazione a livello di sistema, che possano fornire supporto per linee guida di progettazione e valore aggiunto come esperienze sul campo da sistemi in esercizio; ottimizzazione dei sistemi a pompa di calore con refrigeranti a basso GWP; analisi degli impatti LCCP (Life Cycle Climate Performance) derivanti dalla progettazione attuale e da quella ottimizzata con refrigeranti a basso GWP; realizzazione di scenari previsionali al 2030 per le pompe di calore con refrigeranti a basso impatto serra.

L'**Annex 56** sulle tecnologie dell'IoT applicate alle pompe di calore ha un ampio spettro di azione, con l'obiettivo di esaminare vari aspetti della digitalizzazione e creare conoscenza di base sulle pompe di calore connesse, utili per i produttori di macchine e componenti, per gli specialisti dell'integrazione dei sistemi e altri attori della filiera dell'IoT (Figura 5).
Come obiettivi specifici, l'Annex si propone di fornire indicazioni, dati e conoscenze sul rapporto tra pompe di calore e Internet delle Cose, effettuando innanzitutto una rassegna dello stato dell'arte, a livello di sistema, di componenti e di servizi collegati; identificare i requisiti richiesti alle macchine per l'acquisizione dati, differenziando tra pompe di calore di nuova concezione e apparecchi esistenti e tenendo conto dei vari tipi di segnali, protocolli e piattaforme per applicazioni industriali e residenziali, con attenzione alle implicazioni sulla privacy e ai metodi di standardizzazione.
Altri filoni della ricerca riguardano la valutazione dei metodi e delle applicazioni di analisi dati, incluso il machine learning, i modelli semantici, quelli ibridi, quelli data-driven e i cosiddetti soft-sensors; l'analisi dei modelli di business per un mercato dell'IoT nel settore delle pompe di calore, con tecniche di tipo SWOT; la valutazione delle opportunità di mercato delle macchine abilitate per l'Internet delle Cose, identificando i fattori chiave per il loro successo e le ulteriori richieste relative a programmi e infrastrutture.

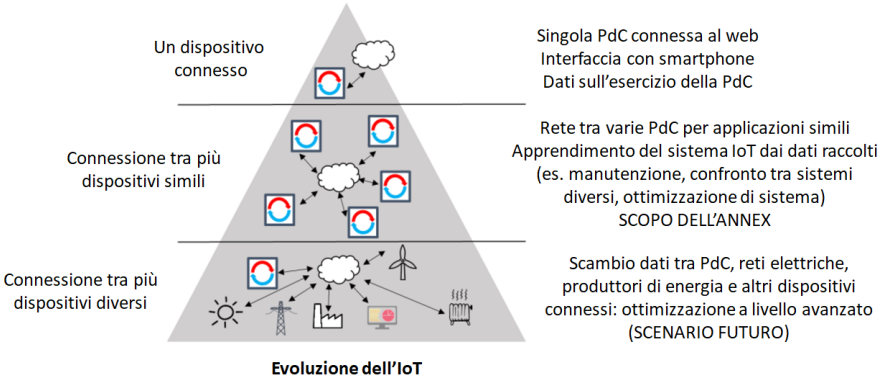


Figura 5: possibili modalità di interazione della pompa di calore con l'Internet delle Cose [4]

L'**Annex 57** si concentra su tecnologie emergenti che utilizzando le pompe di calore consentono di aumentare la flessibilità di sistemi energetici con diverse fonti (multisorgente), come solare fotovoltaico, eolico, biomasse, con utenti finali che agiscano sia come consumatori che come prosumer.
Le pompe di calore singolarmente o aggregate in reti di varia scala, hanno un elevato potenziale per aumentare la flessibilità. Il recupero del calore da diversi processi, industriali, commerciali e da altre sorgenti, si pone pienamente in linea con gli obiettivi generali di riduzione della CO_2.
Le pompe di calore, in combinazione con il teleriscaldamento, rappresentano uno strumento molto valido per sfruttare queste fonti energetiche nel settore residenziale, motivo per cui l'interesse della loro applicazione in questi contesti sta aumentando.

Si prevede che nei prossimi anni le reti di teleriscaldamento, e ancor più le pompe di calore a esse connesse, svolgeranno un ruolo sempre maggiore: in Europa potrebbe essere coperto fino al 50% del fabbisogno di calore, di cui il 25% circa attraverso le pompe di calore. Gli scenari della Heat Roadmap Europe mostrano che le emissioni di CO_2 potrebbero essere ridotte di più del 70% rispetto a oggi con un maggior ricorso al teleriscaldamento.

Il programma dell'Annex prevede l'analisi dell'attuale mercato dell'energia, la descrizione di alcuni esempi con best practices di progetti con soluzioni flessibili di pompe di calore in reti di teleriscaldamento, lo sviluppo concettuale di soluzioni promettenti, la valutazione e l'analisi di diverse opzioni di flessibilità e lo sviluppo di modelli innovativi di business, oltre alle consuete azioni di diffusione dei risultati.

L'**Annex 58** sulle pompe di calore ad alta temperatura fornisce una panoramica delle tecnologie già disponibili e di quelle ancora non presenti sul mercato e sottolinea la necessità di ulteriori sviluppi in ambito R&S (Figura 6). Al fine di massimizzare l'impatto delle pompe di calore ad alta temperatura, il programma esamina anche l'integrazione di processo considerando la fornitura di calore di processo a mezzo pompa di calore.

L'obiettivo generale dell'Annex è quello di fornire un quadro di insieme delle possibilità tecnologiche e delle applicazioni, nonché sviluppare linee guida e strategie sulle migliori pratiche per il passaggio a sistemi di produzione di calore basati su pompe di calore, aumentando la consapevolezza del potenziale della tecnologia tra i vari partecipanti.
Inoltre, il programma mira a fornire materiale di supporto per facilitare e migliorare la transizione verso sistemi di produzione di calore di processo da pompa di calore per applicazioni industriali.

L'attività si sviluppa seguendo vari sotto-obiettivi: fornire una panoramica della tecnologia, inclusi i sistemi e i componenti più rilevanti disponibili in commercio e in fase di sviluppo; identificare i colli di bottiglia tecnologici e definire gli sviluppi tecnici necessari riguardo a componenti, fluidi di lavoro e progettazione del sistema; presentare soluzioni di sistema di best practice per varie applicazioni per sottolineare il potenziale delle pompe di calore ad alta temperatura; presentare strategie per il passaggio a sistemi di produzione di calore di processo basati su pompe di calore; migliorare le modalità di informazione e comunicazione sulle pompe di calore industriali, le potenziali applicazioni e il potenziale contributo alla decarbonizzazione del settore; sviluppare linee guida per la gestione di progetti di pompe di calore industriali, con particolare attenzione ai requisiti richiesti alle pompe di calore in tali applicazioni e alla loro verifica; diffondere i risultati tra i partecipanti e migliorare la base informativa a disposizione di decisori politici ed esperti di gestione dell'energia.

Figura 6: schema delle attività dell'Annex 58 [4]

L'**Annex 59** ha per tema le pompe di calore nei processi di asciugatura, essiccazione o deumidificazione. In tali processi, condotti in ciclo chiuso, la pompa di calore è utilizzata per il recupero dell'energia di deumidificazione, che è sostanzialmente il calore latente di evaporazione dell'acqua, restituito al ciclo stesso sotto forma di aria deumidificata e riscaldata. L'impiego di pompe di calore nei processi di essiccazione offre un grande potenziale di risparmio energetico per molte industrie che ne fanno uso.

Il programma dell'Annex 59 si pone come obiettivi: la raccolta di dati rilevanti per lo stato dell'arte dei processi di essiccazione con pompa di calore; l'analisi dei processi stessi dal punto di vista teorico, al fine di determinare il processo ottimale di progettazione (ad esempio con l'abbassamento delle temperature) e il funzionamento durante il processo (tempo di asciugatura); l'acquisizione di esperienze da progetti dimostrativi attraverso il monitoraggio e la simulazione dell'intero processo di essiccazione; l'elaborazione di raccomandazioni e linee guida riguardo alla progettazione dei sistemi di asciugatura con pompa di calore, tenendo conto delle prestazioni a confronto con processi convenzionali; l'analisi critica e la rassegna dei concetti più innovativi per il processo di asciugatura in cui possono essere integrate con successo le pompe di calore.

L'**Annex 60** sul rinnovo dei sistemi a pompa di calore in grandi edifici non residenziali si propone di dimostrare la fattibilità concreta dei progetti di retrofit sia ai proprietari di grandi edifici che ai loro consulenti, fornendo orientamenti sulle modalità di scelta dei sistemi a pompa di calore più adatti alle specifiche esigenze di ogni applicazione. L'importanza di un tale approfondimento deriva dal fatto che il settore non residenziale contribuisce in modo sostanziale alle emissioni di CO_2 ma, rispetto al residenziale, non è caratterizzato da un'analoga esperienza riguardo al retrofit dei sistemi a pompa di calore.
Gli edifici non residenziali presentano una notevole variabilità in termini di destinazione d'uso, forma costruttiva e tipi di fornitura energetica. Poiché il numero di sistemi installati non è elevato nei vari paesi, può essere difficile rintracciare esempi che dimostrano combinazioni particolari di rinnovo dell'impianto e dell'edificio.
Di conseguenza, può essere altrettanto complicato identificare quale sia il miglior sistema a pompa di calore in situazioni specifiche.

L'Annex si concentra sulla produzione di linee guida di ausilio per i committenti (proprietari, consulenti, ecc.) ideando e popolando un database accessibile di sistemi in esercizio, integrato da uno strumento di supporto alle decisioni, con collegamenti a brevi presentazioni delle specifiche installazioni esistenti più attinenti alle condizioni impostate dall'utente e con consigli generali sulla base dell'esperienza di progettisti e ricercatori.

Oltre che per i soggetti direttamente coinvolti nei processi di ristrutturazione, le cui scelte verranno rafforzate mettendoli a contatto con realtà simili a quella sui cui devono intervenire, i risultati del programma dovrebbero essere utili anche per i decisori politici e per i produttori di pompe di calore, consentendo di individuare le condizioni e le aree in cui è più evidente il successo applicativo di una certa scelta e anche quelle in cui non c'è sufficiente esperienza in materia.

Schematicamente, le fasi dell'Annex sono: l'identificazione e l'acquisizione delle informazioni sui sistemi installati, la realizzazione del database e dello strumento di supporto alle decisioni, la messa a disposizione delle informazioni utili agli utenti.

Obiettivi: dimostrare la fattibilità pratica e la bontà di vari sistemi di retrofit installati in grandi edifici non residenziali di un certo numero di paesi, con approfondimenti sulle logiche che hanno condotto alla scelta dei sistemi stessi e fornire indicazioni di massima, di facile utilizzo, per supportare l'orientamento iniziale nella scelta di sistemi per specifiche applicazioni, con l'indicazione schematica dei punti di forza di ciascuna opzione consigliata.

L'**Annex 61** sulle pompe di calore nei Distretti Energetici Positivi trae spunto dagli obiettivi ambiziosi in materia di protezione del clima, che richiedono una transizione verso sistemi energetici ad alte prestazioni e rinnovabili. Poiché l'ambiente costruito costituisce un settore chiave per una rapida riduzione delle emissioni in molti paesi, il raggiungimento degli obiettivi climatici passa inevitabilmente anche dalla sua trasformazione.

In linea con le ipotesi di vari scenari, l'integrazione delle pompe di calore nel sistema energetico su larga scala rappresenta una sfida importante, ma anche un'opportunità per renderlo molto efficiente e decarbonizzato.
I distretti energetici positivi sono un obiettivo necessario per aprire la strada della trasformazione energetica urbana. Le pompe di calore possono collegare efficacemente diversi carichi termici ed elettrici in aggregati urbani o quartieri ad alta efficienza.
Lo sfruttamento di sinergie che integrino i profili di carico nei distretti potrebbe in linea teorica aumentare le prestazioni delle stesse pompe di calore, mentre l'accoppiamento tra carichi elettrici e termici agirebbe come elemento di flessibilità per la rete così connessa.

L'Annex indagherà le potenzialità di applicazione delle pompe di calore nella realizzazione di aggregati e distretti, nonché nella riqualificazione degli stessi, dal punto di vista tecnico, economico e ambientale.
Saranno analizzate in dettaglio le soluzioni più promettenti, sia con simulazioni che con monitoraggi, per ricavarne informazioni utili all'ottimizzazione della progettazione e del controllo, e all'integrazione del sistema con altre tecnologie come la generazione da fotovoltaico e gli accumuli.
Gli obiettivi che si pone il programma sono la caratterizzazione e il confronto delle applicazioni di pompa di calore nei distretti energetici positivi dei paesi partecipanti, lo sviluppo di concetti generali di sistema per l'integrazione delle pompe di calore in tali distretti, l'analisi tecnico-economica delle soluzioni innovative e la valutazione delle prestazioni effettive tramite progetti di monitoraggio.

All'inizio del 2023 sono iniziati altri due Annex. Il primo è l'**Annex 62** sulle pompe di calore per edifici residenziali condominiali nelle città, in proseguimento di un precedente Annex, il n. 50. Esso si concentrerà sulle soluzioni a pompa di calore in condomini di città densamente popolate e riguarderà sia edifici nuovi che ristrutturati.
Il database e gli strumenti realizzati con il precedente Annex saranno perfezionati, mentre una parte importante dell'attività sarà dedicata ad alcuni temi non sufficientemente trattati in precedenza: sorgenti termiche, soluzioni standardizzate, confronto tra soluzioni centralizzate e autonome, soluzioni a scala maggiore, raffrescamento e isole urbane di calore e di freddo.

Il secondo è l'**Annex 63** sull'impatto del posizionamento sull'acustica delle pompe di calore, che partirà dai risultati di un precedente Annex, il n. 51, approfondendo alcune tematiche particolari, come le applicazioni e alcuni metodi di misura.
L'obiettivo complessivo dell'Annex è lo stesso del precedente programma, ovvero ridurre gli svantaggi di natura acustica che possono limitare la diffusione della pompa di calore come impianto che sfrutta l'energia rinnovabile sia negli edifici che nelle applicazioni industriali.

L'**Annex 64**, in procinto di iniziare, riguarderà le misure di sicurezza per refrigeranti infiammabili, e avrà lo scopo di contribuire a un più ampio utilizzo in sicurezza di tale categoria di refrigeranti.
Per altri Annex, seppur definiti per quanto riguarda il programma, ancora non è stato terminato formalmente l'iter di approvazione (Tabella 4).

Uno di essi riguarda le pompe di calore nell'economia circolare e fornirà i risultati di analisi ed esperienze riguardo all'efficienza di impiego dei materiali impiegati in una pompa di calore nel loro ciclo di vita e altri aspetti dell'economia circolare.

È previsto infine un nuovo Annex (Soluzioni Comfort & Clilmate Box per climi caldi e umidi), partendo dai risultati di un Annex simile da poco terminato (n. 55), il cui obiettivo principale è quello di analizzare le possibilità di sviluppo di una combinazione integrata di climatizzazione, accumulo e regolazione della fornitura energetica, eventualmente in combinazione con la produzione di acqua calda sanitaria e di energia solare fotovoltaica, dedicato ai climi caldi o caldi e umidi.
Le soluzioni dovrebbero essere efficienti, convenienti, fattibili e scalabili. Il programma è stato proposto e sviluppato in collaborazione con un altro TCP in ambito IEA, quello denominato Energy Storage.
Varie altre idee sono in fase di sviluppo, come reperibile sul sito web del TCP **www.heatpumpingtechnologies.org**.

Integrazione di Sistemi	**Filiera sostenibile, robusta e accessibile**	**Estensione degli ambiti operativi e applicativi**	**Nuove tecnologie e refrigeranti**
Annex 56: IoT for Heat Pumps	**Annex 63:** Placement impact on heat pump acoustics - NEW	**Annex 58:** High Temperature Heat Pumps	**Annex 54:** Heat pump systems with low GWP refrigerants
Annex 57: Flexibility by implementation of heat pumps in multi-vector energy systems and thermal networks	Heat pumps in circular economy	**Annex 59:** Heat Pumps for Drying	**Annex 64:** Safety Measures for Flammable Refrigerants – NEW
Annex 61: Heat Pumps in Positive Energy Districts - NEW	New or alternative business models for heat pumps	**Annex 60:** Retrofitting Heat Pumps in Large Non-domestic buildings	
CCB for warm and humid climates		**Annex 62:** Heat Pumps for Multi-Family Residential Buildings in Cities - NEW	
Sector coupling – survey of practical examples			
Digital services for heat pumps			
Using data to improve technology			

Tabella 4: Attività del TCP nelle aree di priorità definite dal piano strategico 2023-28. In rosso le idee e le proposte di nuovi Annex [4]

BIBLIOGRAFIA

- **The Future of Heat Pumps**, IEA, novembre 2022
- **Global heat pump sales continue double-digit growth**, Y. Monschauer, C. Delmastro, R. Martinez-Gordon, IEA, marzo 2023
- **Quality monitoring of small heat pumps and statistical evaluation of the test results**, Swiss Office of Energy, 2019
- **Annual Report 2022**, IEA TCP on Heat Pumping Technologies, 2022
- **Residential Cold Climate heat Pump Challenge**, US Department of Energy, 2022
- **Preliminary heat pump market data**, EHPA , aprile 2023
- **From laggard to leader: how Poland became Europe's fastest-growing heat pump market**, Morawiecka, M. and Rosenow, J.
- **Member States' ambition to phase out fossil-fuel heating – an analysis**, ECOS, luglio 2021
- **Heat Pump Price Plan**, Electric Ireland, 2022
- **Decarbonize home heating: an evidence review of domestic heat pump installation costs**, Heptonstall, P. and Winskel, M., aprile 2023
- **Energy Efficiency report**, IEA, dicembre 2022

Capitolo 10

CONTRIBUTO RICERCA SUL SISTEMA ENERGETICO (RSE SpA)

A cura di: E. Brugnetti, M. Borgarello, L. Croci, F. D'Oria, S. Sabbatini, F. Talamo

Parte prima

CONVENIENZA DEGLI INVESTIMENTI IN POMPE DI CALORE IN AMBITO DOMESTICO

L'Europa ha avviato un piano di progressiva decarbonizzazione dell'economia che, incentivando l'efficientamento energetico e la promozione dell'utilizzo delle fonti rinnovabili, dovrebbe portarla al 2050 all'obiettivo net zero, con una traiettoria di avvicinamento al 2030 di riduzione delle emissioni di gas serra dell'UE di almeno il 55% definita dal programma Fit for 55.

Elemento centrale della strategia è costituito dall'obiettivo di trasformare significativamente il parco abitativo, promuovendo la riduzione dei consumi, attraverso un significativo piano di riqualificazione energetica e incentivando l'elettrificazione dei servizi; gli edifici, infatti sono responsabili del 40% del consumo energetico e del 36% delle emissioni di gas a effetto serra dell'UE.

Già, infatti, a partire dalla Direttiva 2002/91/CE sul "Rendimento energetico nell'edilizia" chiamata Energy Performance Buildings Directive (EPBD), l'Europa ha iniziato a delineare i requisiti minimi di efficienza energetica per gli edifici di nuova costruzione e per quelli già esistenti, nonché a parlare di certificazione del rendimento energetico nell'edilizia e di certificazione energetica.

L'EPBD è stata recepita in Italia dal Decreto Legislativo 192/2005 da cui sono discesi una serie di decreti. Ad oggi la direttiva sulla prestazione energetica degli edifici è ancora una volta in discussione e dovrebbe portare ad un suo recast per la fine del 2023, prevedendone poi il recepimento da parte dei singoli stati.

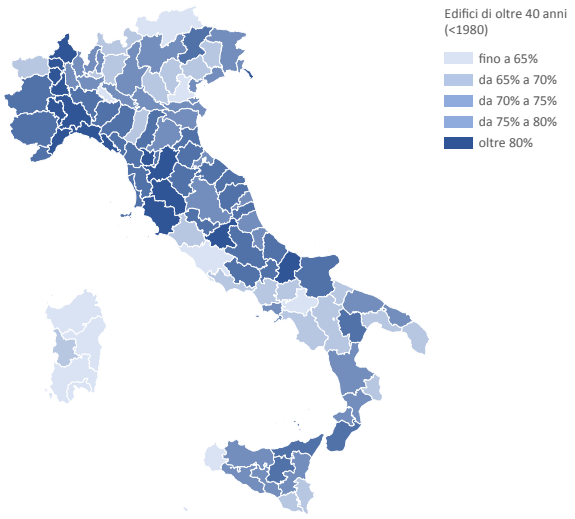


Figura 1 - Quota di edifici residenziali di oltre 40 anni al 2022 (edificati prima del 1980). (Fonte elaborazione RSE su dati Cresme 2022)

Quest'ulteriore aggiornamento chiamato Direttiva "Case Green", ancora in fase di approvazione, propone degli obblighi relativi alla classe energetica degli edifici, per la prima volta anche per quelli residenziali esistenti. Il testo dà indicazioni anche sul settore non residenziale, impianti solari e nuove costruzioni.

Importante poi è l'impegno, entro il 2035, a eliminare gradualmente l'uso di impianti di riscaldamento a combustibili fossili in tutti gli edifici nuovi e in quelli sottoposti a ristrutturazioni importanti.

L'obiettivo di riqualificare il parco abitativo trova, anche in Italia, un importante impegno, soprattutto perché, per ragioni connesse al contesto geografico, storico e sociale, il 70% del parco abitativo ha più di quarant'anni (Figura 1) e per questo è complessivamente poco efficiente.

Tale criticità è diventata un ulteriore elemento di debolezza in conseguenza della crisi del gas che, anche a seguito del conflitto ucraino, ha determinato una riduzione delle forniture e un conseguente aumento dei prezzi.
Questo ulteriore fattore, anche a seguito delle indicazioni europee del piano REPowerEu, ha fatto ancor più convergere gli obiettivi ambientali a quelli energetici economici, ponendo il tema della riqualificazione e della riconversione del parco abitativo come un'opportunità per il Paese per ridurre la dipendenza energetica e conciliare ambiente e sviluppo.

In tale contesto le pompe di calore[1] (PdC), anche in soluzioni integrate con altre tecnologie rinnovabili, contribuendo a ridurre i consumi e all'elettrificazione dei servizi, rappresentano un tassello strategico per decarbonizzare un'importante quota dei consumi energetici per la climatizzazione degli edifici, in particolare nel settore residenziale.

Come già ricordato, secondo stime RSE lo stock di climatizzatori installato in Italia, al 2021, era pari a circa 20,3 milioni, di cui circa 11,5 milioni nel settore residenziale e circa 8,8 milioni nel comparto non residenziale; tali numeri sono tuttavia destinati a crescere nel tempo.
Infatti, i sempre più stringenti obiettivi in materia di requisiti minimi energetici per le abitazioni e le recenti politiche connesse alle misure di incentivazione del 110%, hanno significativamente incrementato la diffusione delle PdC nelle abitazioni.

Questi passi incoraggianti sono destinati ad accelerare anche prendendo spunto dagli impegni sfidanti di decarbonizzazione previsti dal Fit for 55. Secondo valutazioni RSE, al 2030 circa tre abitazioni su cinque dovrebbe possedere una PdC di cui circa una ogni otto come unico sistema di climatizzazione (circa 3,5 milioni)[2].
Al 2050 gli obiettivi sono ancora più ambiziosi: si è calcolato che i tre quarti delle case dovrebbe essere climatizzato esclusivamente da PdC.

Dato tale contesto, è necessario che vi sia un ecosistema favorevole, in generale per favorire l'elettrificazione dei servizi, ma in particolare finalizzato a incoraggiare la diffusione delle PdC, anche in soluzioni integrate con altre tecnologie rinnovabili; per questo RSE ha sviluppato uno studio per verificare la convenienza degli investimenti in PdC in ambito domestico, in funzione anche di diversi scenari a tendere che tengano conto dell'evoluzione dei prezzi delle materie energetiche.

Per questo, lo studio RSE ha messo a confronto due possibili approcci: un'abitazione "tradizionale bifuel" dove si utilizza il gas per i servizi di riscaldamento, produzione di acqua calda sanitaria (ACS) e la cottura dei cibi, e una futura all electric, nella quale tutti i servizi sono alimentati dall'energia elettrica.

[1] Ad oggi, la quasi totalità delle macchine vendute sono reversibili, ossia in grado sia di raffrescare che riscaldare gli ambienti. Per tale motivo nel documento vengono denominati per comodità pompe di calore o climatizzatori sia le macchine di tipo reversibile che gli altri apparecchi.

[2] Assoclima stima che al 2020 le PdC utilizzate come impianto principale erano circa 1,6 milioni.

Nella figura 2 è riportato uno schema delle possibili soluzioni previste.

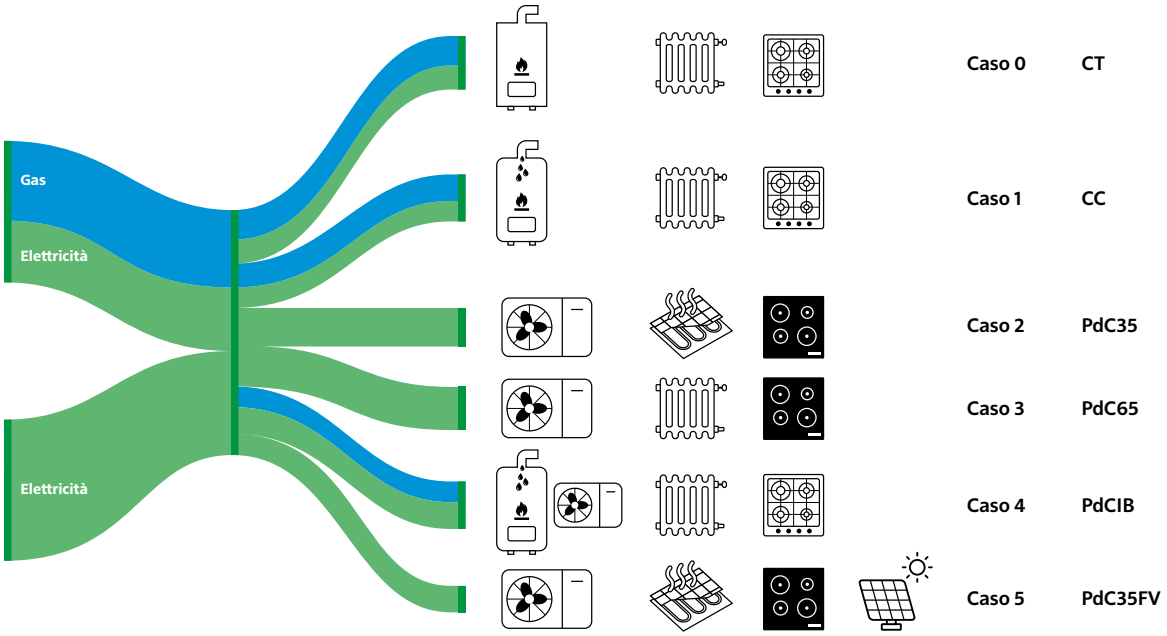


Figura 2 - Quadro di sintesi dei 5 interventi di riqualificazione previsti e della condizione considerata di baseline (Caso 0, caldaia tradizionale)

Lo scenario di partenza (CT) rappresenta la situazione della maggior parte delle abitazioni esistenti; quelli successivi costituiscono, viceversa, dei possibili percorsi di riqualificazione dell'abitazione e di sostituzione del sistema di riscaldamento.

La prima strada prevede di mantenere l'assetto bifuel delle abitazioni: ovvero garantire i servizi di riscaldamento, produzione di acqua calda sanitaria (ACS) e cottura cibo mediante il gas, provvedendo alla sostituzione della caldaia convenzionale con sistemi più efficienti: caldaia a condensazione [CC] o un sistema ibrido a PdC e caldaia [PdCIB].
La seconda strada considera l'assetto all electric della casa, nella quale l'uso esclusivo dell'energia elettrica assicurerebbe il funzionamento di tutti i servizi. In questo caso si possono prevedere due approcci:

- riqualificazione dell'edificio con la sostituzione della caldaia e del sistema di diffusione del calore, a favore di una PdC a bassa temperatura (35°C - 40°C) e di un sistema a pavimento radiante.
  Anche la cottura del cibo avverrebbe mediante il vettore elettrico [PdC35].
  Si può anche ipotizzare l'autoconsumo elettrico mediante l'installazione di un sistema di pannelli FV [PdC35FV] analizzato per la sola tipologia dell'abitazione monofamiliare;
- parziale riqualificazione dell'edificio con la sola sostituzione della caldaia con una PdC che funzionerebbe ad alta temperatura (65°), mantenendo quindi i radiatori esistenti. Anche la cottura del cibo avverrebbe mediante il vettore elettrico [PdC65].

Gli effetti delle diverse soluzioni tecnologiche previste si differenziano fra loro in termini di consumi energetici e, quindi di compliance verso gli obiettivi di decarbonizzazione, e in particolare per i costi da sostenere per l'acquisto e l'installazione dei diversi sistemi previsti (CapEx), attualizzati per l'intera vita dell'impianto, nonché per la loro gestione (OpEx).

Inoltre, l'impatto dei consumi e dei costi è in funzione della tipologia e della dimensione dell'abitazione, oltre che della prestazione energetica e zona geografica in cui è edificata.
Per avere, dunque, una stima rappresentativa degli effetti che le diverse soluzioni potrebbero avere sul contesto italiano, i sistemi impiantistici sono stati riprodotti nelle tipologie abitative maggiormente presenti nel paese. In particolare, sono stati identificati 12 casi studio, attraverso la combinazione delle seguenti variabili:

- 2 tipologie di abitazioni: Casa Monofamiliare e Medio Condominio;
- 2 vetustà delle abitazioni: 1960-1980 e anni 90;
- 3 zone climatiche (condizioni climatiche): C, D, E (Napoli, Roma, Milano).

Il 65% degli edifici in Italia è costituito da abitazioni monofamiliari e medi condomini con oltre 4 abitazioni. Inoltre, più del 40% delle abitazioni si trova in edifici costruiti tra gli anni 60-80 e gli anni 90 e circa il 90% sono nelle tre fasce climatiche C, D, E.

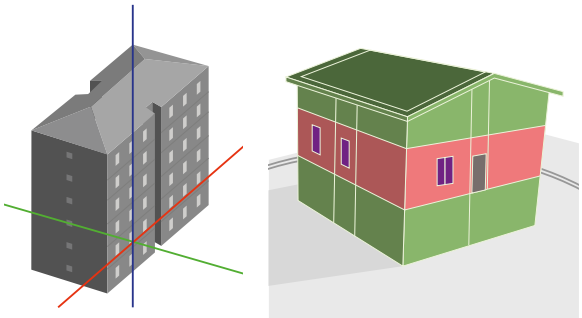


Figura 3 – Modellazione degli edifici tipo

Le diverse tipologie di abitazioni sono, dunque, state rappresentate in modelli dinamici in grado di riprodurre le intrinseche caratteristiche edilizie, quali il rapporto tra la superficie disperdente e il volume climatizzato, le trasmittanze dei materiali e così via.

In figura 3 sono rappresentati degli esempi di modellazione delle due tipologie abitative.

Attraverso l'applicativo CARAPACE[3] realizzato da RSE, per ciascuna delle diverse soluzioni è stato stimato il rispettivo fabbisogno energetico orario necessario per garantire il comfort climatico.

Nella tabella sono riassunti i principali risultati relativi al caso dell'abitazione in un edificio monofamiliare (MF) e nel medio condominio (MC) degli anni 60-80 nelle 3 zone climatiche analizzate.
Si è ipotizzato la presenza di 2 persone in ogni tipologia di abitazione.

Tipologia abitazioni	Zona climatica	Fabbisogno riscaldamento (kWht)	Fabbisogno raffrescamento (kWht)	Fabbisogno ACS (kWht)	Fabbisogno cottura (kWht)	Usi elettrici obbligati (kWhe)
MF	E	15.000	1.200	1.450	350	2.023
MF	D	10.700	1.350	1.400	350	2.023
MF	C	6.500	1.450	1.350	350	2.023
MC	E	8.200	1.050	1.450	350	2.023
MC	D	6.150	1.100	1.400	350	2.023
MC	C	3.550	1.200	1.350	350	2.023

Tabella 1 - Stima dei fabbisogni energetici per un'abitazione in un edificio monofamiliare (MF) e nel medio condominio (MC) degli anni '60-'80. (Fonte: dati RSE).

[3] CARAPACE: Calcolo Resistivo Annuale Prestazioni Assetti Climatizzazione Efficienti.

Come si osserva, il fabbisogno energetico delle diverse abitazioni, ovvero la quantità di energia necessaria per garantire per tutte le abitazioni gli stessi livelli di comfort e di servizi, per la climatizzazione e ACS dipende dalla zona climatica, mentre per i servizi di cottura e usi elettrici obbligati è correlata alla numerosità del nucleo familiare; essendo questa uguale per tutti i casi, il valore è costante.

Definite le caratteristiche impiantistiche e le potenze dei sistemi di produzione del calore, sono stati calcolati i costi per l'acquisto e l'installazione delle apparecchiature (CapEx) nonché quelli relativi ai costi dell'energia (OpEx).

Attraverso le indicazioni di prezzari DEI dell'edilizia, sono stati definiti i costi (CaPex), redigendo un computo metrico con tutte le lavorazioni da eseguire e i relativi materiali.
Il costo complessivo è stato ridotto del 15% per tener conto di possibili scontistiche e aggiunto il 10% di IVA.
Nella tabella 2 è riportato un esempio di calcolo dei costi per l'abitazione presente in un edificio monofamiliare anni 60-80, per i diversi scenari e per le diverse aree climatiche e quindi fabbisogni.

Intervento	**Abitazione in un edificio monofamiliare**		
	Zona climatica E	**Zona climatica D**	**Zona climatica C**
Caso 1 – CC	4.600€	4.600€	4.600€
Caso 2 – PdC35	20.600€	20.600€	18.900€
Caso 3 – PdC65	13.300€	13.300€	11.600€
Caso 4 – PdCIB	14.300€	14.300€	14.300€
Caso 5 – PdC35FV	29.900€	28.500€	26.000€

Tabella 2 - Costi complessivi di fornitura e posa (CapEx) per le 5 tipologie di intervento calcolati per un edificio monofamiliare degli anni 60-80.

Come si osserva dalla tabella 2, le soluzioni "elettriche" (caso 2,3,5) hanno dei costi CaPex significativamente superiori alla caldaia a condensazione (caso 1), in ragione del fatto che oltre ai costi di acquisto delle tecnologie (PdC e piano a induzione) sono previsti significativi interventi per la sostituzione del sistema di diffusione del calore con pavimenti radianti. Caso particolare è quello dello scenario 5 in cui l'incremento del costo, superiore rispetto al caso 2, è giustificato dalla presenza dell'impianto fotovoltaico.

I costi di esercizio (OpEx) sono stati calcolati ed attualizzati per 15 anni: si noti che questa valutazione non tiene conto del fatto che la vita utile del riscaldamento a pavimento radiante e dell'impianto fotovoltaico supera i 15 anni su cui si è effettuata la valutazione; pertanto, il vantaggio di queste due tecnologie è di fatto sottostimato.

Data la volatilità del prezzo delle commodities energetiche, soprattutto considerando anche le evoluzioni a tendere nei prossimi anni, sono stati considerati possibili trend di prezzo rispetto agli attuali valori.
Per questo si è analizzata la serie storica dei prezzi medi per l'utente tipo pubblicati da ARERA, considerando ragionevole ritenere che, vista la particolare volatilità dei prezzi degli ultimi anni, i futuri i prezzi di gas ed elettricità saranno compresi in questo range.

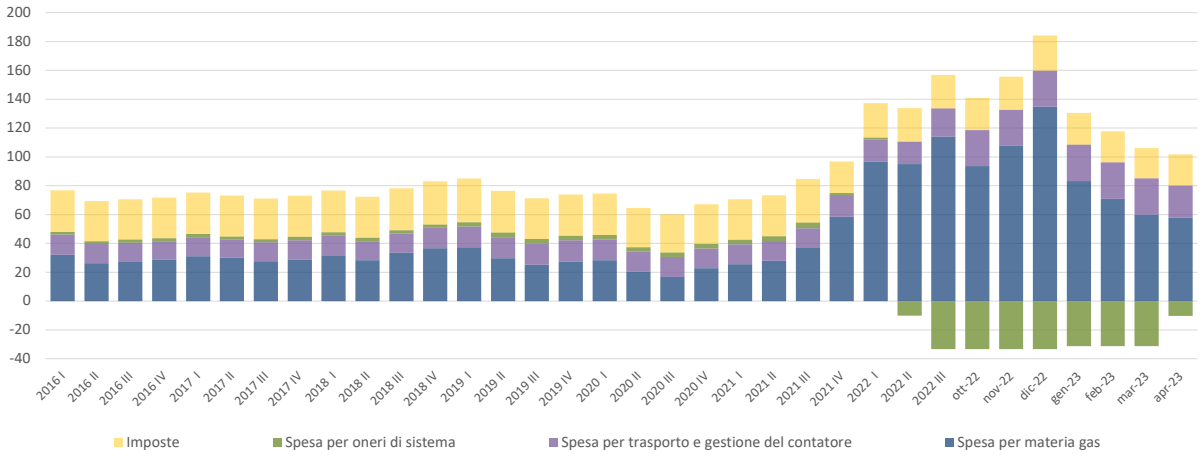


Figura 4 - Andamento del prezzo del gas naturale per un consumatore domestico tipo in regime di tutela. Condizioni economiche di fornitura per una famiglia con un consumo annuale di 1.400 m³, in c€/m³ in regime di tutela. Fonte ARERA.

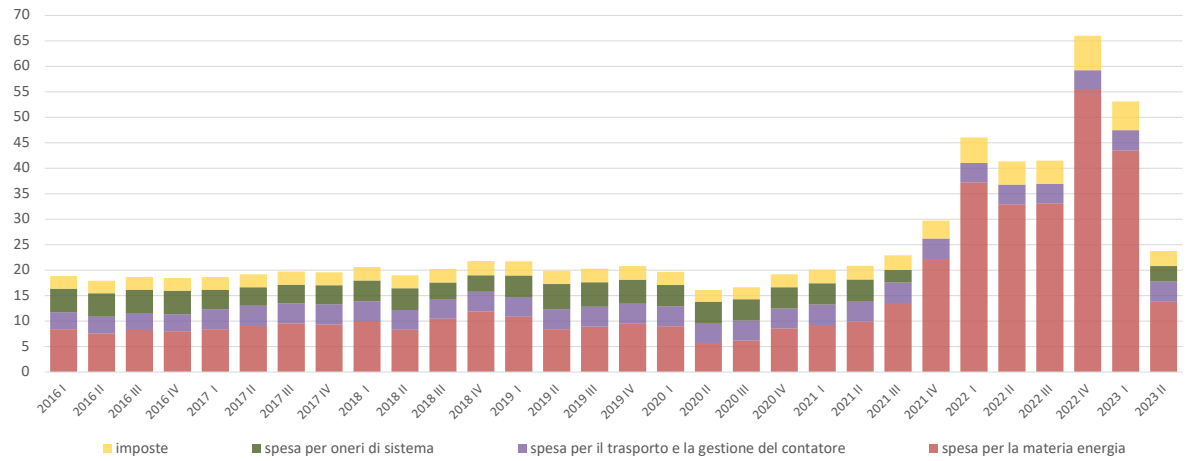


Figura 5 - Andamento del prezzo dell'energia elettrica per il consumatore domestico tipo in maggior tutela. Condizioni economiche di fornitura per una famiglia con 3 kW di potenza impegnata e 2.700 kWh di consumo annuo in c€/kWh in regime di tutela. Fonte ARERA.

Per la stima dei costi energetici sono quindi stati presi in considerazione il costo dell'energia ad aprile 2023 e i picchi massimo e minimo registrati rispettivamente a dicembre 2022 e nel III trimestre 2020.

Infine, sono stati calcolati i principali indicatori economici per valutare, secondo le diverse condizioni e previsioni di prezzo delle commodities, le convenienze economiche delle opzioni, in presenza e in assenza delle principali misure di incentivazione ora vigenti.

L'analisi dei costi ha dunque consentito di trarre alcune prime valutazioni sulla convenienza economica delle diverse soluzioni. Il primo tema analizzato è relativo all'efficienza energetica e, quindi, basato sul loro impatto in termini di costi energetici.

A titolo di esempio si possono vedere i risultati desunti per un edificio monofamiliare degli anni 60-80 ubicato a Milano (zona climatica E), Roma (zona climatica D) o Napoli (zona climatica C) secondo i 5 possibili interventi sopracitati e considerando gli attuali valori del prezzo dell'elettricità e del gas (rispettivamente pari a 0,2375 €/kWh e 0,9174 €/m³).

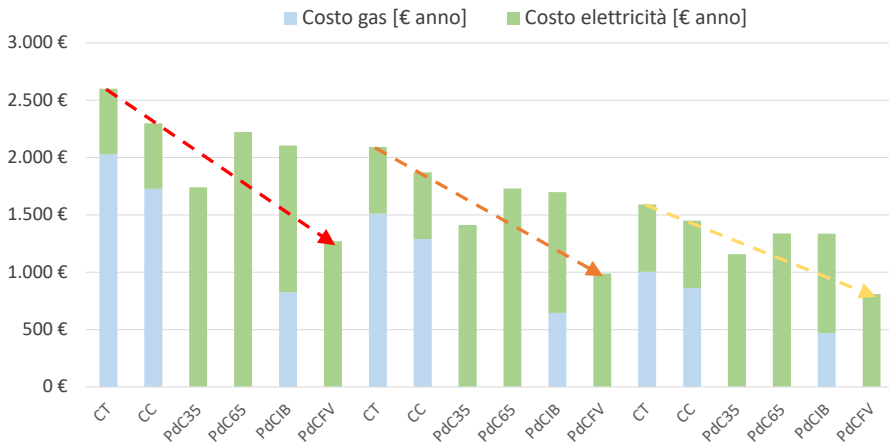


Figura 6 - Confronto dei costi annuali per l'energia elettrica e il gas per le 5 tipologie di intervento pensate per un edificio monofamiliare degli anni 60-80 ubicato nelle zone climatiche E, D e C.

Nella Figura 7 è possibile mettere a confronto i risparmi complessivi conseguibili per i singoli interventi su un edificio monofamiliare nelle 3 zone climatiche, non tenendo conto dei costi di investimento e manutenzione, ma focalizzandosi sul risparmio di energia. Emerge che tutte le soluzioni proposte garantiscono un risparmio economico rispetto alla condizione di baseline (caldaia tradizionale non a condensazione): in particolare, come si osserva tutte le soluzioni determinano rispetto alla baseline (CT) una riduzione dei costi per l'approvvigionamento del gas e, per le soluzioni "elettriche", anche un aumento dei costi per la bolletta elettrica.

Ma come si osserva la risultante, rappresentata dai pallini rossi e dalla relativa riga tratteggiata, è ampiamente positiva; in particolare per le PdC a bassa temperatura in zona E si ha una contrazione delle spese energetiche di quasi 900 €, fino agli oltre 1300 € se si abbina anche un impianto fotovoltaico.

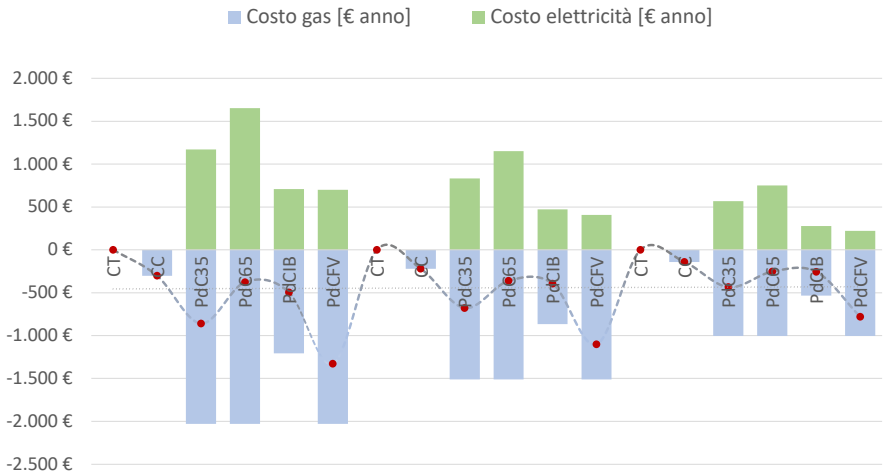


Figura 7 - Risparmio totale annuale energia [€/a] per un edificio monofamiliare degli anni 60-80 in zona E, zona D e zona C per le 5 tipologie di intervento (Fonte: dati RSE).

Il secondo elemento di analisi è verificare la sostenibilità economica delle varie soluzioni, ovvero se sussistono elementi di barriera per la loro diffusione, e quale ruolo hanno i sistemi di incentivazione e la regolazione dei prezzi dell'energia.

Tale indicazione può essere dedotta dal confronto dei valori di VAN (Valore Attuale Netto), relativi agli interventi di riqualificazione impiantistica, calcolati su 15 anni, tenendo conto di un tasso di inflazione che rifletta il valore medio atteso nell'arco della vita utile dell'impianto e di un eventuale tasso d'interesse maturato se al posto dell'intervento impiantistico si fosse fatto un investimento del capitale in titoli entrambi pari al 4%.
Inoltre, per il fotovoltaico è stato considerato il beneficio economico rappresentato dallo scambio sul posto (compensando secondo premialità erogate da GSE, l'energia elettrica prodotta e immessa in rete in un certo momento con quella prelevata e consumata in un momento differente da quello in cui avviene la produzione).

Per valutare l'effetto dei meccanismi di incentivazione, il valore di VAN è stato calcolato, in assenza ed in presenza di misure di supporto; in quest'ultimo caso si è considerato un valore di detrazioni fiscali pari al 65% per la caldaia a condensazione, per le pompe di calore e per i pavimenti radianti e del 50% per l'installazione dei pannelli fotovoltaici.

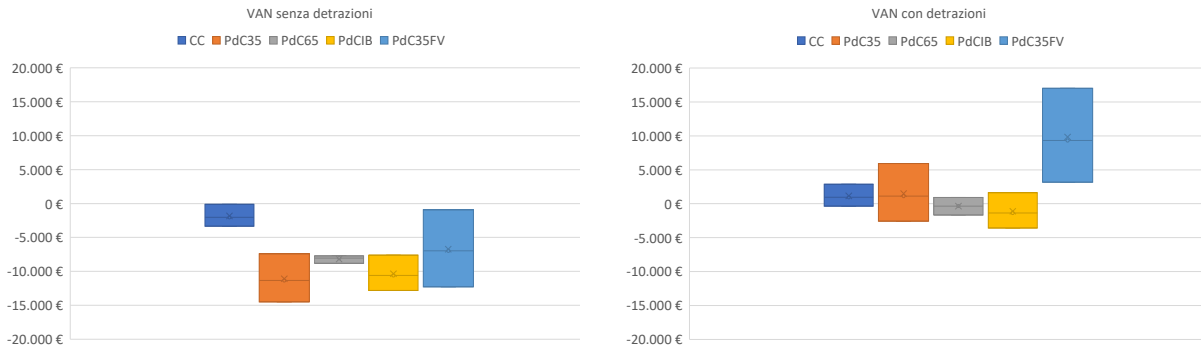


Figura 8 - Confronto del VAN per i 5 tipi di intervento per un edificio monofamiliare in assenza e in presenza delle detrazioni fiscali a prezzi attuali di gas ed elettricità (Fonte: dati RSE).

Come si vede dalla Figura 8, che evidenzia, per un edificio monofamiliare, il confronto delle diverse soluzioni, senza le attuali misure di incentivazioni fiscali nessun intervento sarebbe economicamente vantaggioso in quanto, in 15 anni, non si riuscirebbe a pareggiare il flusso di cassa tra investimento iniziale, costo dell'energia e costi di manutenzione.
Altro discorso invece vale in presenza degli incentivi, dove spicca che il VAN nell'arco dei 15 anni della soluzione pompa di calore a bassa temperatura con pavimento radiante, piano cottura ad induzione e fotovoltaico è sempre positivo. La soluzione PdC senza fotovoltaico appare vantaggiosa solo nei casi in cui l'edificio necessiti di un elevato fabbisogno energetico.

Per questo, anche in presenza di detrazioni, solo nei casi in cui il fabbisogno energetico è elevato, ad esempio in climi più freddi o in abitazioni poco efficienti, la quantità di gas evitato rispetto al caso riferimento, costituisce "una massa critica" in grado di compensare in parte i bassi costi del gas, riportando, quindi il VAN in pareggio.

Altro elemento di analisi è stato valutare l'impatto dei prezzi dell'energia, confrontando il rapporto tra prezzo del gas e dell'elettricità, sempre nell'ipotesi di assenza o presenza di incentivazione.
Sono quindi state valutate 2 ipotesi di oscillazioni dei prezzi dell'energia, relativi a diversi periodi storici, caratterizzati da "costi alti" e da "costi bassi".

Nel caso di "costi alti" sono stati considerati i valori registrati a fine 2022, in cui il costo del gas e quello dell'elettricità erano pari, rispettivamente, a 1,5095 €/m³ e 0,6601 €/kWh.

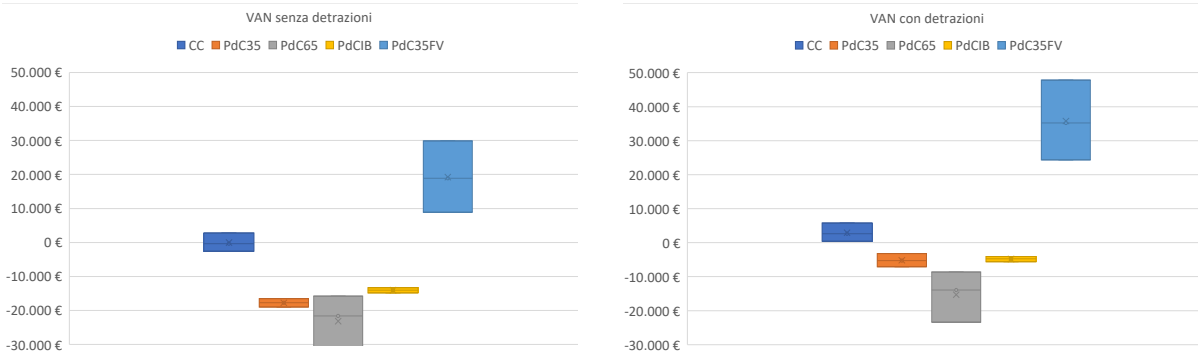


Figura 9 - Confronto del VAN per i 5 tipi di intervento per un edificio monofamiliare in assenza e in presenza delle detrazioni fiscali a prezzi di gas ed elettricità calcolati a dicembre 2022 (Fonte: dati RSE).

In presenza di costi alti dell'energia, la soluzione "all electric" con pompa di calore a bassa temperatura con pavimento radiante, piano cottura ad induzione e fotovoltaico è fortemente premiata e il risparmio dei costi evitati di approvvigionamento gas (termine di confronto vs Caldaia tradizionale) e i benefici derivanti dallo scambio sul posto sono in grado di compensare anche gli eventuali benefici derivanti dalla detrazione fiscale.
Questa situazione non si verifica per le altre soluzioni, che sono fortemente penalizzate dagli elevati costi di investimento e dall'impatto dei costi dell'energia.

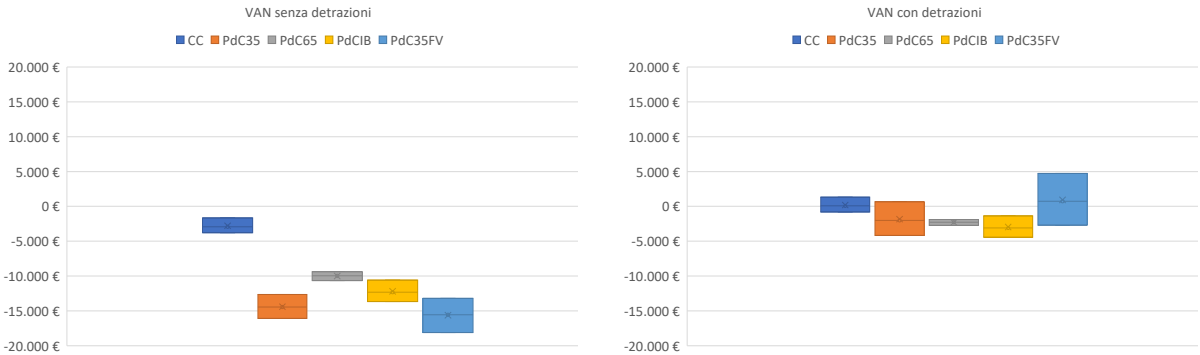


Figura 10 - Confronto del VAN per i 5 tipi di intervento per un edificio monofamiliare in assenza e in presenza delle detrazioni fiscali a prezzi di gas ed elettricità calcolati nel terzo trimestre 2020 (Fonte: dati RSE).

Per il caso dei costi bassi, si è considerato il terzo trimestre 2020 in cui il costo del gas era pari a 0,6022 €/m³ e il costo dell'elettricità a 0,1661 €/kWh. Come si osserva dalla figura 10, l'efficienza energetica delle varie soluzioni rispetto all'approccio baseline trova una bassa valorizzazione economica in ragione dei bassi costi del gas, e per questo nessuna soluzione sarebbe sostenibile in assenza di misure di detrazioni fiscali, in grado di compensare gli elevati costi di investimento. Come, già evidenziato nel caso dei costi attuali dell'energia (Figura 8), l'eventuale convenienza economica è fortemente influenzata dai fabbisogni delle abitazioni.

Come si evince dalle tre variazioni di prezzo analizzate, la remunerazione riconosciuta dal GSE per lo scambio sul posto incide in modo sostanziale per l'individuazione dell'intervento più conveniente.

La comparazione dei VAN dei 3 casi analizzati presenta una forte dipendenza dal costo iniziale dell'investimento, il quale può variare anche sensibilmente in base alle scelte dell'utente e a variabili esogene.
Sono stati pertanto stimati i costi massimi per i 5 tipi di intervento in funzione della zona climatica di ubicazione e dell'epoca di costruzione affinché il VAN sia uguale a zero, tenendo conto del contributo fornito dalle detrazioni fiscali e il rimborso GSE per lo scambio sul posto. Ogni punto sul grafico di figura 12 illustra infatti entro quale cifra ricomprendere l'investimento totale. Il caso 5 risulta chiaramente quello più favorevole e fornisce una certa flessibilità nel valutare il costo d'intervento.

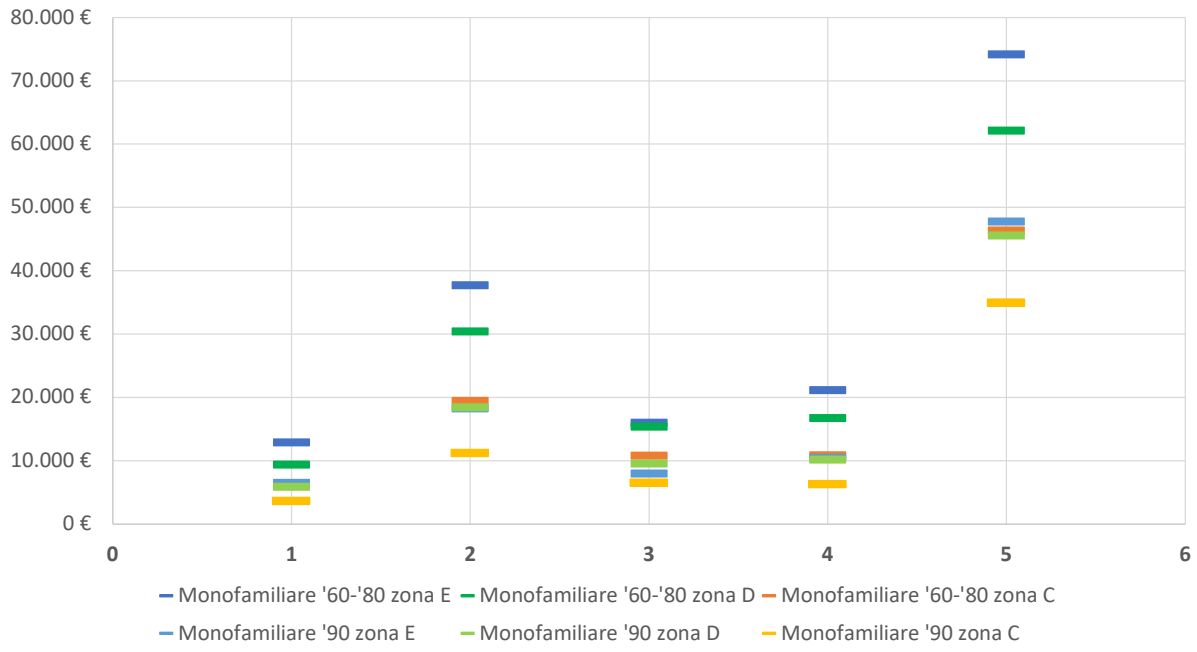


Figura 11 - Stima dei costi massimi ammissibili per le varie tecnologie affinché l'investimento non risulti svantaggioso, tenendo conto delle detrazioni fiscali e dello scambio sul posto GSE. (Fonte: dati RSE).

Il tema dei costi rappresenta sicuramente un elemento di valutazione sulla fattibilità delle diverse soluzioni; occorre, tuttavia, tenere in considerazione anche il tema degli obiettivi ambientali della transizione energetica e, quindi, la valutazione della competitività deve tener conto del contributo che le varie soluzioni sono in grado di apportare all'obiettivo di progressiva riduzione delle emissioni di CO_2.
Per questo è necessario confrontare l'impatto delle 5 ipotesi di intervento in termini di consumi in fonti primarie e relativa riduzione di emissione di CO_2 e consumo di fonti rinnovabili, come riportato nelle figure seguenti.

Come è evidente il caso 2 e il caso 5 all electric presentano, indipendentemente dalla zona climatica d'intervento, valori di energia primaria risparmiata nella prima soluzione superiori al 40%, nella seconda, con l'aggiunta del fotovoltaico arrivando anche ad un valore pari al 63% di risparmio sui consumi da fonti primarie.

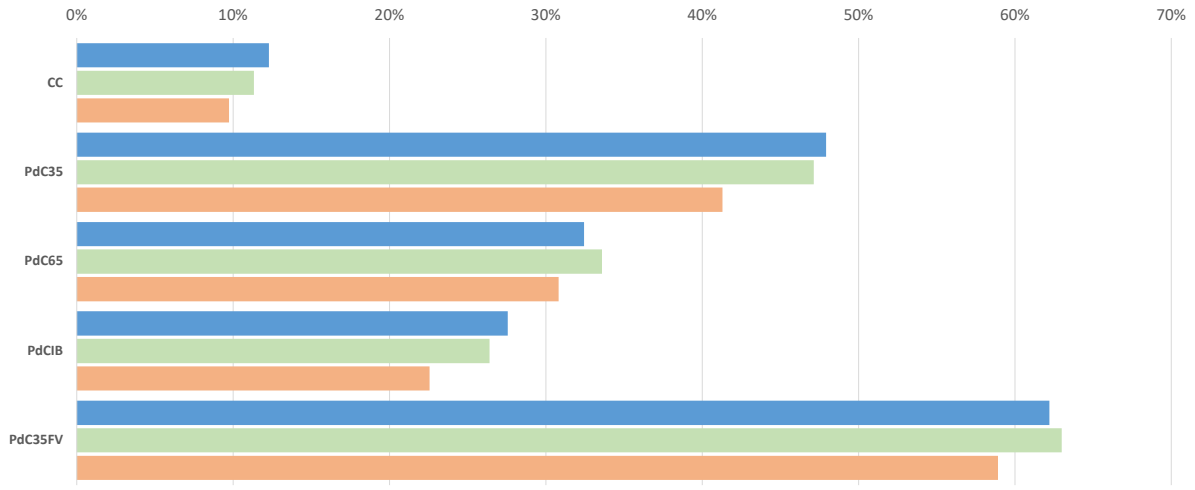


Figura 12 - Confronto dei 5 possibili interventi espresso in risparmio di energia primaria per tutti gli usi di un edificio monofamiliare degli anni 60-80 in zona E (linea blu), zona D (linea verde) e zona C (linea arancione) (Fonte: dati RSE).

Lo stesso ragionamento vale se si considera la quota di energia rinnovabile che appunto premia i casi che impiegano la PdC e in misura ancora superiore con il fotovoltaico. È innegabile che se si vuole traguardare la riduzione del consumo di fonti fossili e quindi la riduzione delle emissioni di CO_2 bisognerà favorire questo tipo di applicazioni.

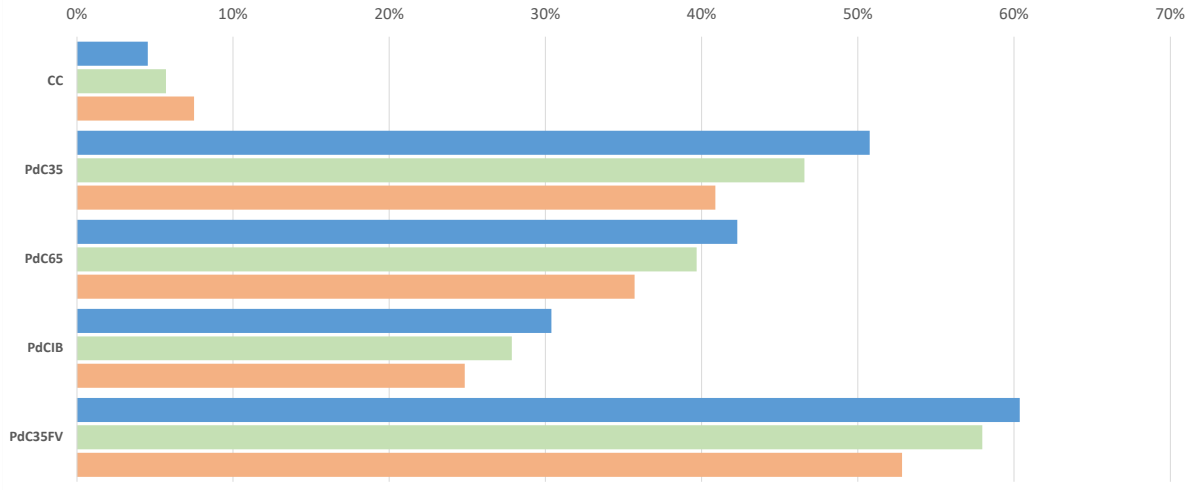


Figura 13 - Confronto dei 5 possibili interventi espresso in quota di energia rinnovabile per un edificio monofamiliare degli anni 60-80 in zona E (linea blu), zona D (linea verde) e zona C (linea arancione) (Fonte: dati RSE).

In conclusione, l'utilizzo di soluzioni all electric per favorire l'elettrificazione costituisce una risorsa per gli obiettivi Paese e può essere anche una strada percorribile dall'utente finale, stante le attuali condizioni di incentivazione.
In particolare, l'intervento che prevede la pompa di calore abbinata al fotovoltaico è quello sempre più conveniente indipendentemente dalla zona climatica e dalla vetustà dell'edificio, anche grazie al contributo GSE per lo scambio sul posto.

È chiaro che un intervento simile meno facilmente si adatta all'esistente, in quanto richiede una ristrutturazione importante dell'abitazione, dal momento che si interviene sull'impianto di riscaldamento andando a posare un riscaldamento a pavimento; per l'impianto fotovoltaico, inoltre, si dovrà procedere con la verifica della fattibilità d'installazione (tipologia, spazio disponibile e orientamento del tetto).
Questo intervento oltretutto sconta i più alti costi di acquisto e installazione.

Per questo risultano strategiche ed essenziali politiche di supporto che siano in grado di compensare i più elevati costi da sostenere per procedere nella direzione della transizione.

Ruolo di primo piano rivestono le detrazioni fiscali che sono, quindi, essenziali per raggiungere gli obiettivi di elettrificazione previsti dall'Unione Europea, in quanto, come osservato sono quasi sempre necessarie per garantire un VAN positivo entro i 15 anni, intervallo di tempo considerato come periodo di riferimento.
A tal proposito merita ricordare che al 2024 è prevista la sospensione delle detrazioni per gli impianti di riscaldamento alimentati a combustibili fossili: questo fatto potrebbe quindi essere l'occasione per un'operazione di manutenzione della misura nella direzione di prevedere maggiori premialità per le scelte tecnologiche green, che aiutino il paese a raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione.

Altro ragionamento importante merita il rapporto tra i costi del gas e dell'elettricità.
È infatti importante introdurre una tariffa che premi l'utilizzo del vettore elettrico in modo da non penalizzare quegli utenti che decidono di contribuire attivamente alla riduzione delle emissioni di CO_2 scegliendo le tecnologie più virtuose e basate sulle fonti rinnovabili.

Da ultimo, non si può non considerare il ruolo che le PdC avranno rispetto agli obblighi, attualmente ancora non confermati, previsti dalla revisione della Direttiva EPBD, detta "case green" il cui testo, ancora provvisorio, stabilisce per il settore residenziale di raggiungere entro il 2030 la classe di prestazione energetica E, e la classe energetica D entro il 2033. Secondo stime RSE tale direttiva potrebbe interessare circa il 70% del parco edilizio nazionale, generando un risparmio energetico per il Paese pari a circa il 50% rispetto agli attuali consumi del settore residenziale, a fronte di una spesa, nel caso più ambizioso delle Direttiva, di oltre 400 miliardi di euro.

Parte seconda

LE OPPORTUNITÀ DI FLESSIBILITÀ OFFERTE DALLE POMPE DI CALORE PER CONTRIBUIRE ALLA SICUREZZA DELLA RETE: IL PUNTO DI VISTA DI RSE

La governance europea e quella nazionale sono sempre più impegnate a trovare misure e soluzioni in grado di promuovere l'auspicata transizione energetica per la progressiva decarbonizzazione dell'economia, come definita dal Green Deal. In questa cornice si colloca il pacchetto Fit for 55 adottato dall'Unione Europea come obiettivo vincolante di riduzione delle emissioni di gas a effetto serra di almeno il 55% entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990.

Gli effetti di tali azioni prevedono il minor impiego di impianti a combustibili fossili, tipicamente utilizzati anche per assolvere ai servizi di regolazione della potenza immessa in rete e il sempre maggiore uso nella generazione elettrica di fonti rinnovabili non programmabili, con l'effetto complessivo di ridurre le possibilità del gestore del sistema elettrico di svolgere funzioni di bilanciamento necessarie a garantire la sicurezza e la qualità della fornitura elettrica.

In sinergia, sul fronte della domanda si assiste ad una sempre maggiore elettrificazione dei servizi, soprattutto sul fonte residenziale, con la promozione, in particolare, di sistemi di climatizzazione attraverso le pompe di calore (PdC). Le PdC per le loro intrinseche caratteristiche di efficienza e utilizzo di fonti rinnovabili, infatti, costituiscono una valida alternativa all'utilizzo di tecnologie alimentate con combustibili fossili per la climatizzazione degli ambienti, contribuendo, in una logica Paese, anche al raggiungimento degli obiettivi di riduzione dei consumi e di aumento della quota di produzione da fonti rinnovabili.

L'elettrificazione dei consumi del settore residenziale e l'introduzione dell'innovazione tecnologica e della digitalizzazione consentiranno all'utente finale di diventare parte attiva della logica della transizione energetica, mettendolo nelle condizioni, non solo di gestire al meglio i propri consumi, ma anche di interagire con la rete elettrica e con altri utenti attivi.

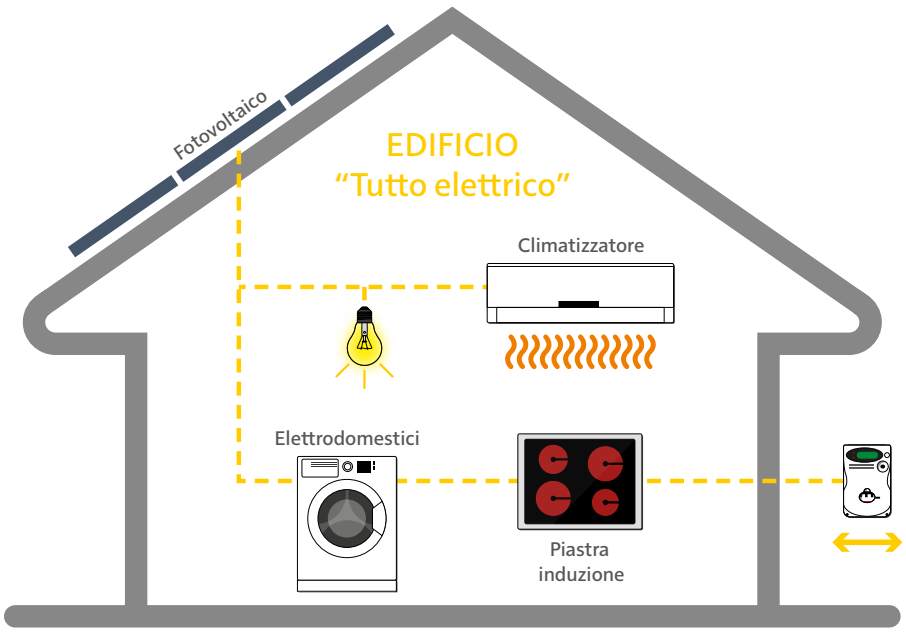


Figura 1 - La progressiva elettrificazione di fatto sottende l'idea che si possa progressivamente passare da una abitazione tradizionale ad una «elettrica», in cui tutti i servizi siano soddisfatti dal vettore elettrico.

Questa nuova prospettiva diventa, allora, un'opportunità e una nuova strategia per la regolazione della rete prevedendo, quindi, che il bilanciamento possa essere svolto anche attraverso azioni di rimodulazione della domanda con servizi di rete di Demand Response (DR), ovvero servizi che introducono un grado di flessibilità sul lato della domanda.

Il servizio di DR trova ripetuti richiami a importanti direttive e regolamenti dell'Unione Europea, quali le "Linee guida sugli aiuti di Stato" [1] il Clean Energy for all Europeans Package [2], la direttiva europea 2009/72/EC [3], relativa a "norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica" che parla di "efficienza energetica/gestione della domanda" come di "un approccio globale o integrato diretto a influenzare il volume ed i tempi del consumo di energia al fine di ridurre il consumo di energia primaria e i picchi di carico" (art. 2).
Ad ogni Stato Membro è dato l'obbligo di attuare programmi di lungo termine in materia di efficienza energetica/gestione della domanda (art. 3 comma 2).

Più recentemente nella Direttiva (EU) 2019/944 [4] attinente alle norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica, la gestione della domanda è individuata dall'attitudine dell'unità di prelievo a modificare il proprio profilo di consumo in risposta ad un segnale del mercato, alla variazione dei prezzi dell'energia elettrica o a incentivi finanziari.

Gli stati membri devono facilitare l'ingresso della domanda, anche come soluzione alternativa a nuova capacità di generazione (anche in forma aggregata), con un coinvolgimento maggiore dei distributori locali e dei gestori di rete di trasmissione.
In particolare, "le autorità di regolazione in stretta collaborazione con i partecipanti al mercato e con i clienti finali" devono stabilire "i requisiti tecnici per la partecipazione della gestione della domanda a tutti i mercati dell'energia elettrica sulla base delle caratteristiche tecniche di detti mercati e delle capacità di gestione della domanda.
Tali requisiti includono la partecipazione dei carichi aggregati" (art. 17 comma 5).

In sintesi, i servizi di DR richiedono al cliente finale di rendersi disponibile ad una variazione del proprio livello di consumo indotta, o da segnali di prezzo consumando nelle ore di minor costo dell'energia (flessibilità implicita) o, in risposta a richieste della rete, di modulare il carico, anche attraverso forme di remunerazione economica connesse alla modifica del proprio prelievo (flessibilità esplicita). Si fa leva, dunque, sulla possibilità da parte degli utenti di discostarsi, sulla base di opportuni "segnali" di ingresso, dal profilo di funzionamento usuale per un determinato periodo, nell'ambito della nuova disciplina del Dispacciamento [5].

In particolare, nel caso di servizi di flessibilità verso la rete nasce l'esigenza di aggregare tali risorse, per garantire una risposta congruente e opportuna; i piccoli clienti demandano a un operatore professionale, definito aggregatore, di operare in borsa o di stipulare accordi bilaterali. Questo operatore del mercato elettrico riunisce in un'unica unità virtuale diverse unità di produzione e consumo distribuite che, diversamente, non potrebbero partecipare come singole unità al Mercato dei Servizi di Dispacciamento (MSD).
Con la DR, l'aggregatore raggruppa un numero di impianti così da partecipare al mercato del bilanciamento e offrire servizi ancillari all'operatore di rete Terna (il soggetto che in Italia gestisce la rete di trasmissione dell'energia), supportando il funzionamento della rete e l'integrazione degli impianti da fonte rinnovabile.

Il ricorso a soluzioni di DR potrebbe coinvolgere milioni di utenze italiane, qualora venissero definiti dei meccanismi di incentivazione e coinvolgimento di massa. Tecnologie come le pompe di calore e gli accumuli elettrochimici installati nelle unità abitative (tipicamente accoppiati ad impianti fotovoltaici di piccola taglia) rappresentano alcune delle possibili risorse sfruttabili per fornire servizi di flessibilità in forma aggregata.

Data tale premessa ne consegue, pertanto, la necessità di stimare il ruolo che tale meccanismo potrebbe avere nei processi di stabilizzazione della rete, ovvero quanta potenza elettrica potrebbe essere messa a disposizione per compensare eventi di picchi di domanda o di eccesso di produzione elettrica da fonti rinnovabili.
In tal senso RSE ha analizzato il potenziale margine di flessibilità rispetto ad un uso "baseline", in termini di energia e potenza, che potrebbe essere messo a disposizione dal settore civile a fronte di una esigenza della rete.
L'analisi considera la diffusione sul territorio delle PdC negli edifici del residenziale e del terziario sino al 2030 e tiene conto dei profili statistici di consumo in giornate estive e invernali tipo. Il vincolo assunto dallo studio è che la variazione nella gestione "normale" delle PdC non determini alterazioni significative al comfort, riconducibile ad una tolleranza di ± 1 °C rispetto alla condizione standard.

Il punto di partenza è stato definire lo stock di pompe di calore elettriche e, più in generale, di climatizzatori, installato in Italia. Questo dato è stato ricostruito da RSE elaborando i dati di vendita Assoclima, i dati statistici sulla diffusione delle PdC nelle abitazioni italiane (ISTAT- consumi energetici delle famiglie), e il censimento del parco abitativo con proiezioni al 2030 (dati ISTAT/CRESME), come illustrato in Figura 2 e in seguito in Figura 5.

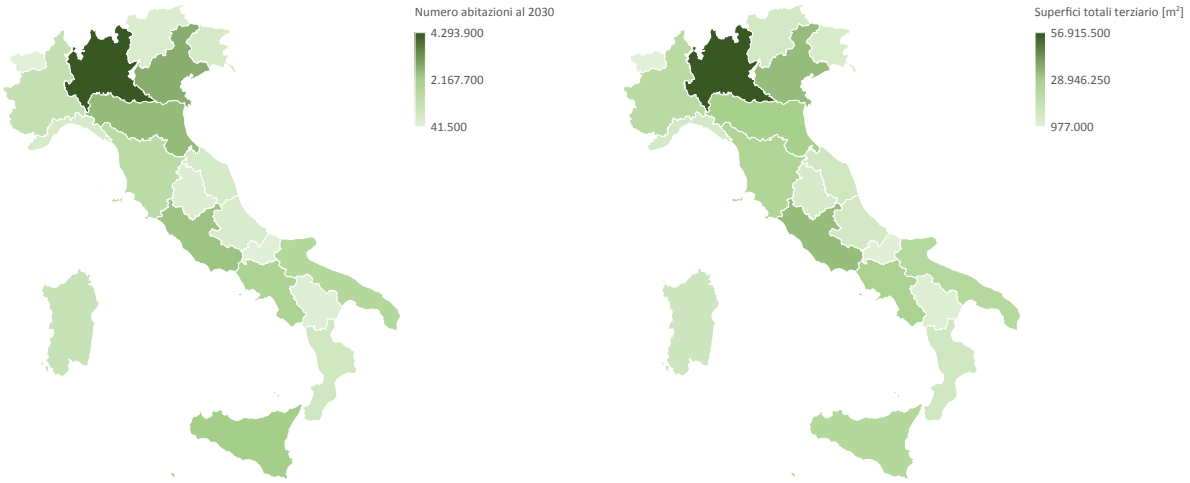


Figura 2 - Stima del numero di abitazioni residenziali e delle superfici occupate complessivamente da ristoranti, pizzerie e bar, commercio, alberghi, uffici (Fonte: elaborazione RSE su dati CRESME e AdE).

Si è dunque valutato che il parco macchine installato al 2021 sia pari a circa 20,3 milioni[4], di cui 11,5 milioni nel settore residenziale e circa 8,8 milioni nel comparto non residenziale[5].

L'ampia diffusione delle PdC impatta significativamente sui consumi elettrici giornalieri nella rete italiana, come si osserva dalle Figure 3 e 4 in cui, rispettivamente in un giorno caldo estivo e in un giorno freddo invernale, sono messe a confronto le curve dei prelievi elettrici totali (fonte Terna 2021, linee blu e rossa) con quelle stimate in assenza del contributo delle pompe di calore (linea verde). La stima del fabbisogno elettrico delle pompe di calore è stata effettuata non tenendo in considerazione l'eventuale autoconsumo in presenza di un impianto fotovoltaico.

[4] La stima di 20,3 milioni di, superiore a valutazioni realizzate da altri stakeholders, considera l'intero stock di climatizzatori installati in Italia compresi quelli di piccola taglia (split e multisplit) acquistati soprattutto per l'utilizzo estivo. Tali macchine di piccola taglia contribuiscono in modo importante alla creazione del picco della domanda elettrica in estate e non di rado vengono utilizzate anche come integrazione al sistema di riscaldamento tradizionale.

[5] La ripartizione delle macchine tra residenziale e non residenziale è stata stimata in base ai risultati di un'indagine ISTAT sulla diffusione di condizionatori nelle famiglie italiane e ai profili annui di vendita diffusi da Assoclima.

Il prelievo elettrico delle PdC è particolarmente evidente in estate e assume valori massimi nell'ordine di 11 GW. È l'equivalente della potenza impegnata da più di 3 milioni di abitazioni.
Come si può osservare le PdC contribuiscono in maniera netta al picco della domanda elettrica nella seconda metà della giornata, modificando significativamente le curve dei prelievi elettrici totali.
Attualmente la potenza globale delle pompe di calore in estate è 4÷5 volte superiore a quella invernale, ma in futuro questo gap è destinato a ridursi con la progressiva diffusione delle PdC come impianto principale delle abitazioni.

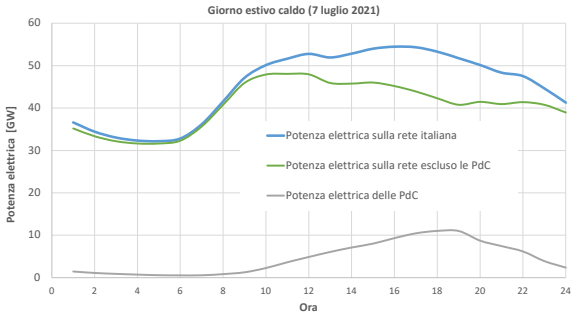


Figura 3 - Trend dei prelievi elettrici in Italia in un giorno caldo estivo (Fonte: potenza elettrica totale, elaborazione RSE su dati Terna; altre potenze, elaborazioni RSE).

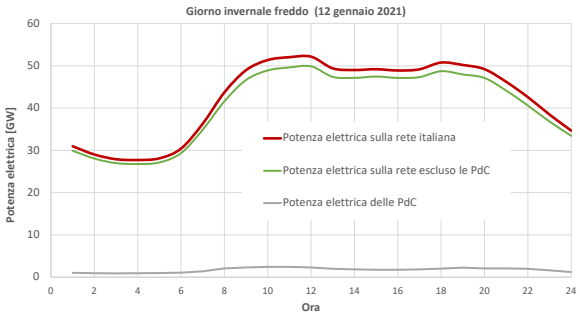


Figura 4 - Trend dei prelievi elettrici in Italia in un giorno freddo invernale (Fonte: potenza elettrica totale, elaborazione RSE su dati Terna; altre potenze, elaborazioni RSE).

Osservando questi profili e considerando le necessità di avanzare verso progressivi obiettivi di riduzione dei consumi energetici, appare utile procedere nella direzione di introdurre anche elementi di flessibilità nella gestione della rete elettrica che richiedano una partecipazione attiva degli utenti finali. Ecco, allora, che per supportare la rete elettrica potrebbe essere utile, come già anticipato, il ricorso a soluzioni di Demand Response.

Tali considerazioni appaiono ancor più motivate dal fatto che RSE stima che la diffusione delle PdC sia destinata a crescere notevolmente nel futuro, in funzione degli obiettivi del pacchetto "Fit for 55", prevedendo che al 2030 circa il 63% delle abitazioni avrà una PdC, di cui circa il 13% come unico sistema di climatizzazione (circa 3,5 milioni)[6]; al 2050 il numero di case climatizzate esclusivamente da PdC dovrebbe essere circa il 72%.
Secondo questo scenario si stima che nel 2030 saranno presenti 15,6 milioni di pompe di calore nel settore residenziale e 9,7 nel settore non residenziale, per un totale di circa 25,3 milioni. Ciò implica che verranno installate 5 milioni di PdC oltre al naturale ricambio di quelle attuali.

Il passaggio successivo dell'analisi è stato quello di incrociare il dato della presenza di PdC rispetto al parco edilizio italiano distinto in residenziale e non residenziale e la stima della relativa potenza elettrica.
Per il residenziale, differenziato in base alla zona climatica, all'epoca e alle tecniche di costruzione in funzione del susseguirsi dei requisiti imposti dalle normative energetiche, sono stati definiti 4 tipi di edificio ognuno dei quali, con caratteristiche differenziate in funzione di 7 periodi di costruzione (classi di vetustà dal 1919 alla più recente che raggruppa gli edifici costruiti dopo il 2006).
Per ognuna delle 5 principali zone climatiche (zona B, C, D, E, F) sono stati quindi considerati 28 edifici-tipo distinti in monofamiliari, piccoli condomini (2÷8 abitazioni), medi condomini (9÷15 abitazioni) e grandi condomini (più di 15 abitazioni) modellati con l'applicativo CARAPACE[7] [6], [7], [8] realizzato da RSE che consente di calcolare, a passo orario, il fabbisogno di energia e i consumi elettrici delle PdC.

[6] Assoclima stima che al 2020 le PdC utilizzate come impianto principale erano circa 1,6 milioni.

[7] CARAPACE: Calcolo Resistivo Annuale Prestazioni Assetti Climatizzazione Efficienti.

Per il settore non residenziale, caratterizzato da una marcata diversificazione che rende complesso raggruppare i vari settori in edifici rappresentativi, sono state caratterizzate le destinazioni d'uso e le superfici occupate dai principali settori merceologici, quali ristoranti, pizzerie e bar, commercio[8], alberghi e uffici[9] e una generica categoria "altro" che raggruppa tutti quelli non considerati. Per questi settori e per ogni zona climatica è stato modellato un edificio-tipo rappresentativo, per un totale di 20 modelli, in modo da poter valutare i fabbisogni e i consumi di riscaldamento e di raffrescamento.
In Figura 5 è riportata la ripartizione regionale del numero di PdC al 2021 e al 2030 e relativa potenza elettrica (Tabella 1).

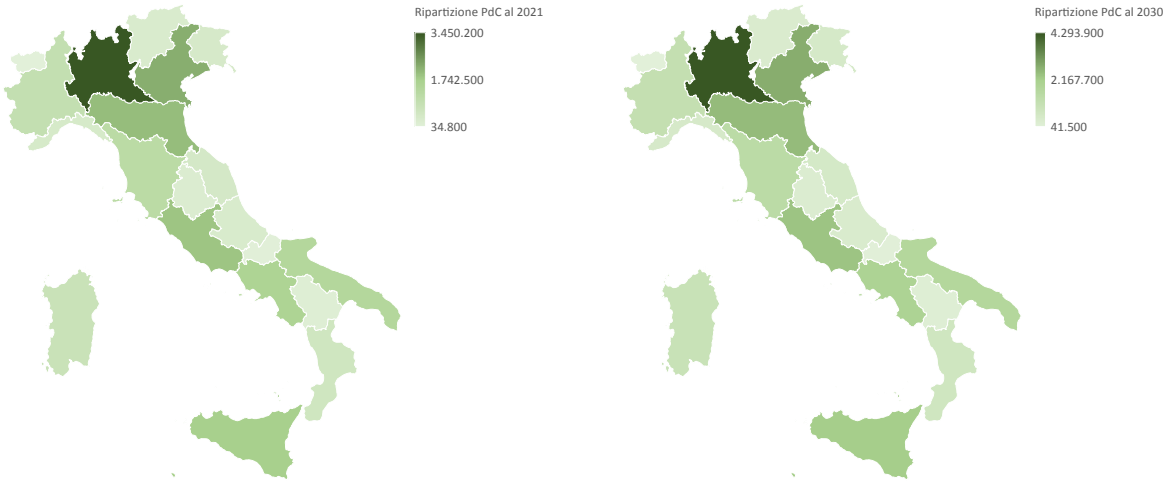


Figura 5 - Ripartizione regionale del numero di PdC nel settore residenziale e in quello non residenziale al 2021 e al 2030. Tali valutazioni sono state effettuate sulla base delle previsioni di macro-indicatori (popolazione, sviluppo economico e clima) e incrociando i dati delle macchine vendute negli ultimi 15 anni con i dati del patrimonio edilizio residenziale (Fonte: elaborazione RSE su dati Assoclima e ISTAT).

[8] Il commercio comprende molteplici tipologie edilizie e servizi; si sono presi in considerazione i negozi e le botteghe, i supermercati, i minimercati, i grandi magazzini.

[9] Gli edifici ad uso ufficio comprendono sia quelli privati che quelli della pubblica amministrazione.

Stima della massima potenza elettrica assorbita dai climatizzatori

Regione/Italia	Anno 2021			Anno 2030		
	Residenziale	Non residenziale	Totale	Residenziale	Non residenziale	Totale
	GW	GW	GW	GW	GW	GW
Abruzzo	0,14	0,57	0,72	0,20	0,63	0,83
Basilicata	0,08	0,21	0,29	0,12	0,23	0,35
Calabria	0,55	0,81	1,36	0,80	0,89	1,69
Campania	1,30	2,18	3,48	1,87	2,40	4,27
Emilia Romagna	1,49	1,85	3,34	2,12	2,04	4,16
Friuli Venezia Giulia	0,33	0,43	0,75	0,47	0,47	0,94
Lazio	1,24	2,30	3,54	1,72	2,53	4,25
Liguria	0,21	0,56	0,77	0,30	0,62	0,92
Lombardia	2,19	3,73	5,91	3,11	4,10	7,21
Marche	0,24	0,66	0,90	0,34	0,73	1,07
Molise	0,03	0,10	0,14	0,05	0,12	0,16
Piemonte	0,48	1,29	1,77	0,70	1,42	2,13
Puglia	1,23	1,77	3,00	1,76	1,94	3,70
Sardegna	0,81	0,83	1,64	1,16	0,91	2,06
Sicilia	1,73	1,85	3,57	2,44	2,03	4,47
Trentino Alto Adige	0,10	0,57	0,66	0,14	0,62	0,77
Toscana	0,67	1,68	2,34	0,96	1,84	2,80
Umbria	0,10	0,44	0,54	0,14	0,48	0,62
Valle d'Aosta	0,013	0,06	0,075	0,019	0,068	0,087
Veneto	1,72	2,18	3,91	2,47	2,40	4,87
Italia	**14,63**	**24,06**	**38,70**	**20,89**	**26,47**	**47,36**

Tabella 1 - Potenze elettriche massime assorbite dalle PdC stimata a livello regionale al 2020 e al 2030, nell'ipotesi di utilizzo contemporaneo dell'intero parco macchine. Non si tiene in considerazione che alcune macchine potrebbero essere spente o funzionare con potenza parziale (Fonte: dati RSE).

Per stimare la potenzialità del Demand Response applicato alle PdC sono stati valutati, per ciascuna delle diverse tipologie di edifici di riferimento residenziali e non residenziali, i fabbisogni energetici riferiti a 4 giorni-tipo, caratterizzati da un profilo di temperatura e di irraggiamento, rappresentativi delle condizioni estreme o mediamente estreme che si possono verificare durante l'anno: estate calda con sole, estate media con sole, inverno freddo con nuvole e inverno medio con nuvole.

Per quanto riguarda i profili di utilizzo delle pompe di calore negli edifici residenziali sono stati considerati i risultati di un'indagine commissionata da RSE alla società GFK (Growth from Knowledge), condotta nel 2020 su un panel di 1500 famiglie rappresentative dei 26 milioni di famiglie in Italia.
Lo studio riporta le fasce orarie di maggior utilizzo degli apparecchi di climatizzazione, sia in estate che in inverno.

Questi profili tengono conto delle diverse applicazioni che le PdC hanno nelle abitazioni considerando che il loro utilizzo potrebbe essere limitato al solo periodo estivo o anche a quello invernale, come integrazione al sistema di riscaldamento principale.

Per gli edifici del terziario sono stati considerati periodi di utilizzo collegati con le loro funzioni, variabili quindi in base alla destinazione d'uso degli edifici stessi.
A tal scopo sono stati utilizzati i parametri di occupazione degli edifici e si è tenuto conto anche dei carichi termici interni dovuti alle apparecchiature, all'illuminazione e all'afflusso di persone, facendo riferimento ai valori contenuti nelle norme UNI EN ISO 52120-1:2022 e ISO 18523-1[10].

Globalmente, sono state ottenute 560 curve "baseline" di consumo giornaliero degli edifici del settore residenziale (5 zone climatiche per 28 edifici in ogni zona per 4 giorni tipo) e 80 curve di consumo giornaliero degli edifici del settore non residenziale (5 zone climatiche per 4 edifici in ogni zona per 4 giorni tipo).
Si riportano in Figura 6 alcuni esempi, in cui si evidenzia una corrispondenza tra i tempi di accensione e la curva di consumo elettrico che segue il fabbisogno per il raffrescamento dell'edificio.

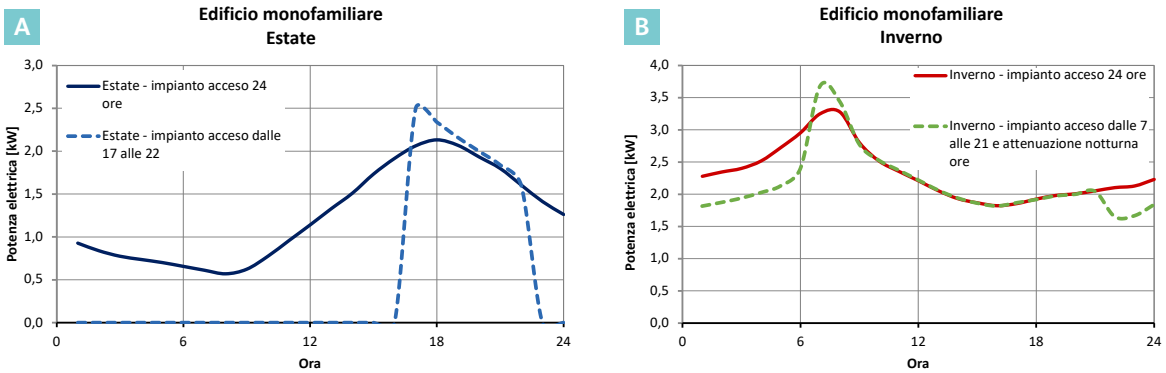


Figura 6 - Ricostruzione dei consumi elettrici per il raffrescamento in estate calda (figura A) e di riscaldamento in inverno freddo (figura B) tramite PdC , di un edificio monofamiliare costruito tra gli anni 1991÷2005 nella zona E. La curva continua indica il consumo necessario per garantire per tutta la giornata la temperatura costante di 26 gradi in estate e 20 gradi in inverno, mentre quella tratteggiata fa riferimento ai consumi calcolati in base ad una casistica di accensione (Fonte: dati RSE).

Facendo leva sulla possibilità da parte degli utenti di discostarsi dal profilo di funzionamento baseline calcolato, si possono quantificare delle opportunità di risorse di flessibilità; queste possono prevedere una riduzione o un aumento del prelievo di energia da parte delle PdC a seconda delle esigenze della rete.

Quando è necessario ridurre la potenza assorbita (servizio di regolazione "a salire"), le PdC potrebbero essere spente o modulate per un periodo di tempo tale da non variare il comfort delle persone negli edifici, considerando una differenza non maggiore di ± 1 °C rispetto alla condizione standard [9], [10], [11], [12], margine entro il quale gli occupanti avvertono una degrado accettabile del livello di comfort. Viceversa, quando è necessario aumentare la potenza assorbita (servizio di regolazione "a scendere"), la potenza delle PdC potrebbe essere incrementata per un periodo tale da aumentare (nel caso di riscaldamento) o diminuire (nel caso del raffrescamento) la temperatura interna dell'edificio nel rispetto della variazione di comfort ammessa. In entrambi i casi, il meccanismo del Demand Response incoraggia la partecipazione degli utenti non incidendo significativamente sulle condizioni di comfort.

Per le varie casistiche considerate sono state calcolate le potenzialità di flessibilità a salire (spegnimento), in un giorno caldo estivo o in un giorno freddo invernale e nelle Figure 6 e 7 sono rappresentati alcuni esempi.

[10] UNI EN ISO 52120-1:2022 Prestazione energetica degli edifici - Contributo dell'automazione, del controllo e della gestione tecnica degli edifici e ISO 18523-1 Energy performance of buildings - Schedule and condition of building, zone and space usage for energy calculation.

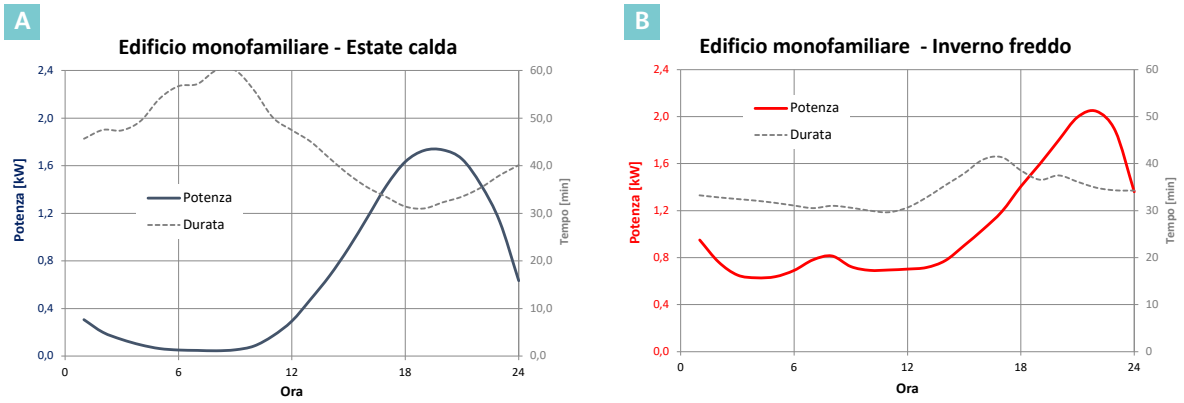


Figura 7 - Stima della flessibilità in potenza e durata conseguente allo spegnendo della PdC di un edificio monofamiliare costruito tra gli anni 1981÷ 1990 in zona E in un giorno caldo estivo (figura A) e in un giorno freddo invernale (figura B) (Fonte: dati RSE).

Analogamente, sempre applicando il criterio di mantenere la variazione della temperatura nell'abitazione entro ± 1°C rispetto alla condizione standard fissata dall'utente, sono state valutate sia le durate limite per le quali le PdC possono essere fatte funzionare più a lungo (regolazione a scendere) per accumulare energia termica nell'edificio, riscaldandolo di più in inverno e raffreddandolo di più in estate, sia i relativi incrementi medi delle potenze delle PdC, che si possono mettere in gioco.

Nella Figura 8 sono rappresentate, a titolo di esempio, le durate in ogni ora, nelle quali la PdC[11] può essere fatta funzionare maggiormente (flessibilità a scendere), in un giorno caldo estivo o in un giorno freddo invernale, e i relativi aumenti della potenza media assorbita dalla stessa PdC per accumulare l'energia nell'edificio.

Si evidenzia che, in alcuni orari la PdC raggiunge i suoi limiti di potenza massima (stabiliti in fase di dimensionamento in base alle temperature di progetto) e, pertanto, la disponibilità di flessibilità in potenza è limitata. Per garantire un accumulo termico sarà pertanto necessario allungare i tempi di funzionamento; in particolare, si osserva che in alcuni orari le durate di maggior funzionamento della PdC aumentano notevolmente fino a raggiungere il valore di un'ora, assunto come limite.

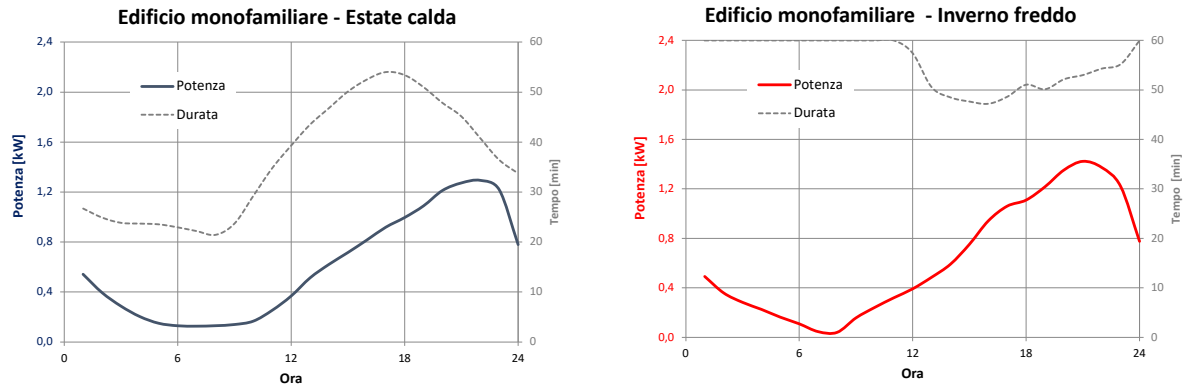


Figura 8 - Stima della flessibilità in potenza e durata conseguente all'attivazione maggiore della PdC di un edificio monofamiliare costruito tra gli anni 1981÷ 1990 nella zona E in un giorno caldo estivo e in un giorno freddo invernale (Fonte: dati RSE).

[11] Potenze e durate sono state stimate, anche in questo caso, tenendo conto dei profili di utilizzo e delle usuali condizioni di funzionamento degli impianti.

Considerando l'attuale stock di PdC, RSE ha stimato che il potenziale di flessibilità, in termini di potenza e di durata ammissibile, ottenibile spegnendo le PdC (servizio a salire) per il settore residenziale varia tra 0,90 GW ("inverno medio") e 4,65 GW ("estate calda"), mentre per il non residenziale è tra 1,46 GW ("inverno medio") e 6,78 GW ("estate calda").
Considerando la somma dei contributi dei due settori i valori massimi della flessibilità in potenza sono compresi tra 1,80 GW ("inverno medio") e 11,22 GW ("estate calda"). Nei tre casi le durate del servizio sono generalmente comprese tra 30 e 60 minuti.

La durata del servizio di flessibilità potrebbe essere allungata, a costo di una minore potenza messa in gioco, utilizzando per l'intervallo massimo ammissibile (prima di uscire da ± 1°C) solo una parte delle pompe di calore disponibili, e successivamente attivando a cascata le rimanenti PdC ("gruppi di rotazione").

Nelle azioni di flessibilità spegnendo le PdC è necessario considerare che al termine del servizio le PdC (tutte o in parte) si riattiveranno per ripristinare le condizioni di comfort precedentemente impostate.
Ciò può dare luogo a effetti "rimbalzo" per il sistema elettrico, ossia sbilanciamenti in senso opposto a quello per cui è stato erogato il servizio, che si possono evitare o mitigare da parte dell'aggregatore con opportune strategie di controllo, ad esempio dilazionando nel tempo il numero delle PdC che si riaccendono.

Analogamente è stata stimata anche la potenza disponibile per servizi a scendere, ottenibile attivando maggiormente le PdC, nel settore residenziale varia tra 0,80 GW ("inverno freddo") e 2,87 GW ("estate calda"), mentre nel settore non residenziale varia tra 1,38 GW ("inverno freddo") e 3,87 GW ("estate media").

Complessivamente la flessibilità per la somma dei due settori varia tra 2,00 GW ("inverno freddo") e 5,12 GW ("estate media") ed ha valori massimi inferiori rispetto a quelli ottenibili spegnendo le PdC.
Le durate del servizio reso sono solitamente comprese tra 15 e 60 minuti.

L'analisi delle potenzialità di flessibilità, come evidenziato nelle Figure 9 e 10, consente di trarre alcune interessanti considerazioni. Per la flessibilità a salire, ovvero nelle condizioni in cui sia necessario spegnere le PdC o ridurne la potenza a seguito di un segnale della rete, durante i periodi estivi, vi è un picco di disponibilità di potenza di circa 5,7 GW durante la sera verso le ore 18; in occasione di un evento estremo (estate calda), la stessa disponibilità raddoppia. Tale comportamento è dovuto alle condizioni climatiche e ai profili di utilizzo delle PdC, soprattutto nel settore residenziale.
In inverno si evidenziano due intervalli di maggiore potenzialità, il primo più elevato alla mattina alle 10, pari a circa 1,8 GW, e il secondo leggermente inferiore verso le ore 18; in presenza di un evento estremo (inverno freddo), la potenzialità aumenta in particolare nelle ore serali.

Per la flessibilità a scendere, ovvero nel caso in cui si richieda di aumentare la potenza per far fronte ad un eccesso di produzione, la situazione appare diversa rispetto a quella precedentemente osservata. In particolare, in estate, i valori massimi ottenibili sono generalmente inferiori rispetto a quelli ottenibili con la flessibilità a salire.
In aggiunta, i valori massimi si verificano nelle giornate mediamente calde o fredde e non in quelle con clima estremo. Ciò è dovuto al fatto che le PdC nelle giornate con clima estremo sono chiamate a lavorare ai limiti della loro potenza massima e non hanno margine, pertanto, di fornire ulteriore energia termica all'edificio.

In sintesi, dunque, la potenzialità di flessibilità in potenza in estate è circa oltre tre volte superiore rispetto all'inverno e la flessibilità a salire è pressoché il doppio di quella a scendere.

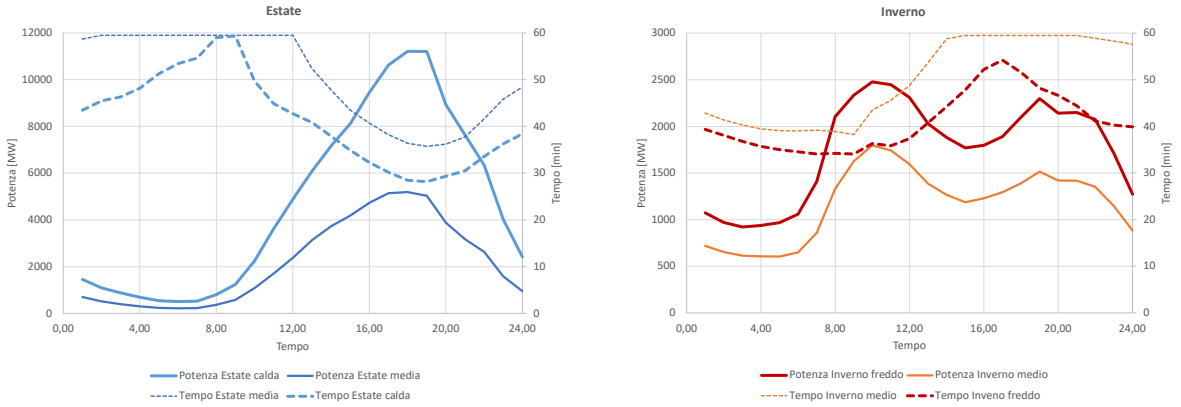


Figura 9 – Italia, settore residenziale + non residenziale al 2021.

Flessibilità spegnendo le pompe di calore in giorni significativi in estate o in inverno (Fonte: dati RSE).

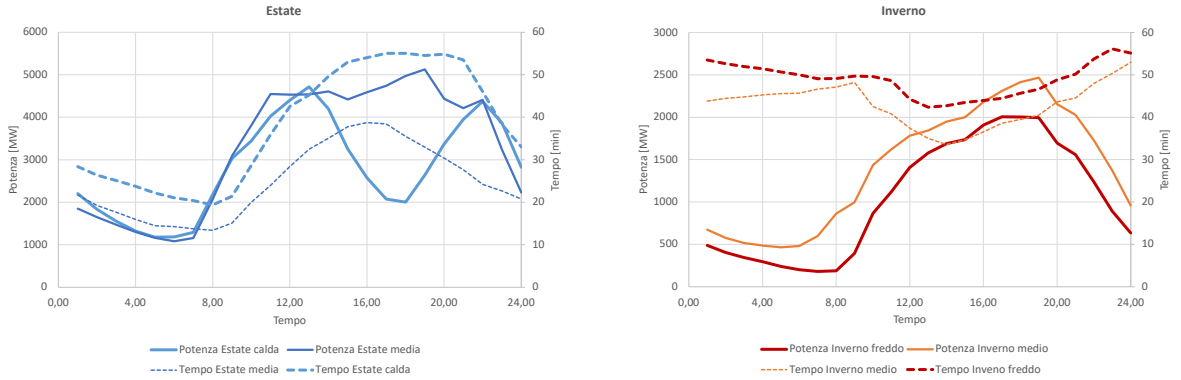


Figura 10 – Italia, settore residenziale + non residenziale al 2021.

Flessibilità attivando maggiormente le pompe di calore in giorni significativi in estate o in inverno (Fonte: dati RSE).

Nelle successive figure sono indicati i valori massimi del potenziale di flessibilità determinati per le varie regioni italiane considerando la somma dei contributi del settore residenziale e non residenziale.

È possibile notare che i valori più alti si verificano in "estate calda" in Lombardia (1644 MW), in Veneto (1168 MW) e in Sicilia (1095 MW); in "inverno freddo" i valori maggiori si riscontrano in Lombardia (470 MW), in Veneto (317 MW) e in Emilia-Romagna (263 MW).

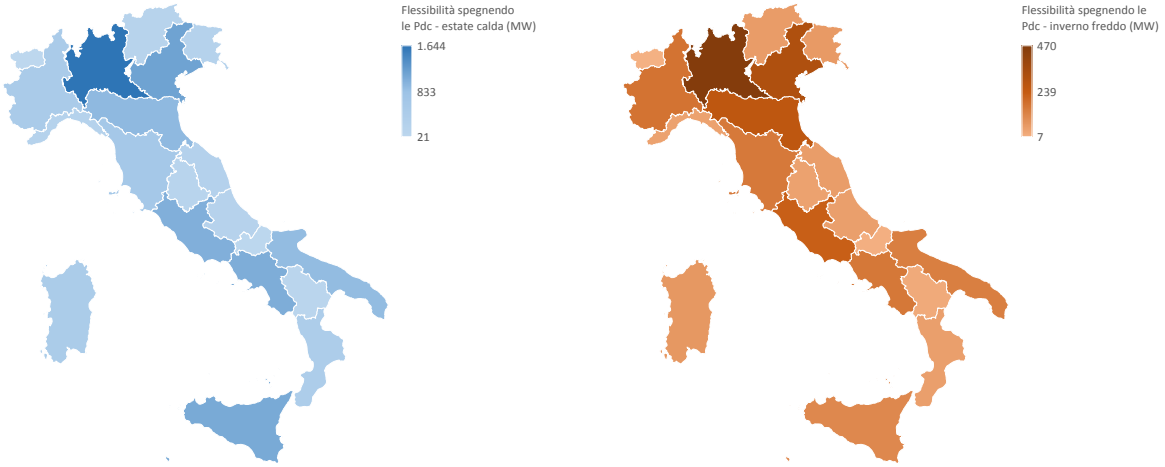


Figura 11 –Valori delle flessibilità (MW) nelle regioni italiane spegnendo le PdC, settore residenziale + non residenziale al 2021 (Fonte: dati RSE).

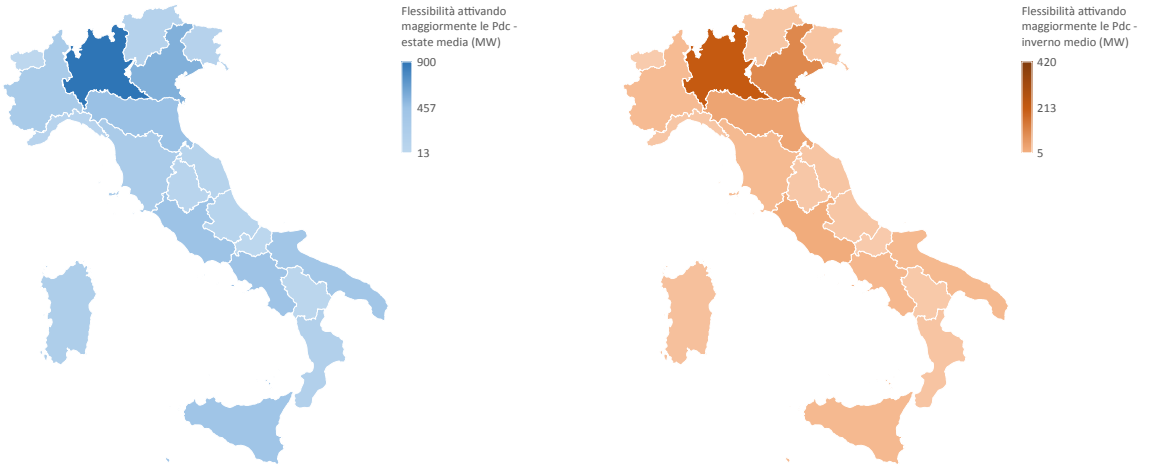


Figura 12 –Valori delle flessibilità (MW) nelle regioni italiane attivando maggiormente le PdC, settore residenziale + non residenziale al 2021 (Fonte: dati RSE).

In prospettiva RSE ha stimato che vi sarà una maggiore potenza di flessibilità nel 2030, rispetto al 2021, attribuibile principalmente a un maggior numero di PdC installate e al loro utilizzo prevalente negli edifici, soprattutto nel settore residenziale.

Nelle seguenti figure è evidenziato come le PdC possano contribuire alla flessibilità nel servizio a salire, in cui le durate sono generalmente comprese tra 30 e 60 minuti (Figura 13) e nel comportamento a scendere (Figura 14) in cui le durate del servizio reso sono solitamente comprese tra 15 e 60 minuti.

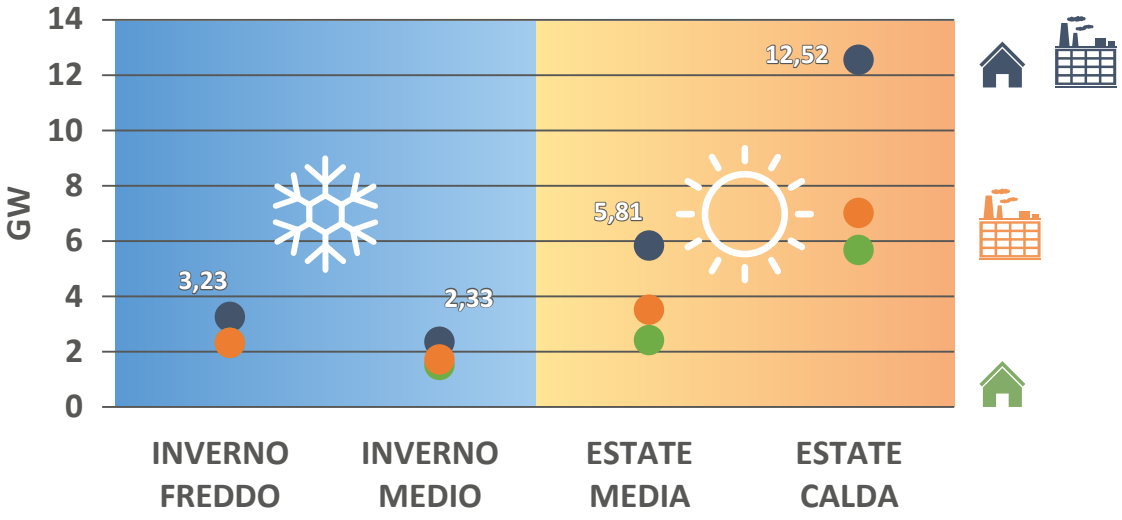


Figura 13 – Le stime per servizi a salire ottenibili spegnendo le pompe di calore, nel settore residenziale sono comprese tra 1,54 GW ("inverno medio") e 5,66 GW ("estate calda"); mentre nel settore non residenziale sono comprese tra 1,67 GW ("inverno medio") e 7,09 GW ("estate calda") determinando una potenzialità complessiva sommando i due contributi pari a 2,34GW ("inverno medio") e 12,52 GW ("estate calda") (Fonte: dati RSE).

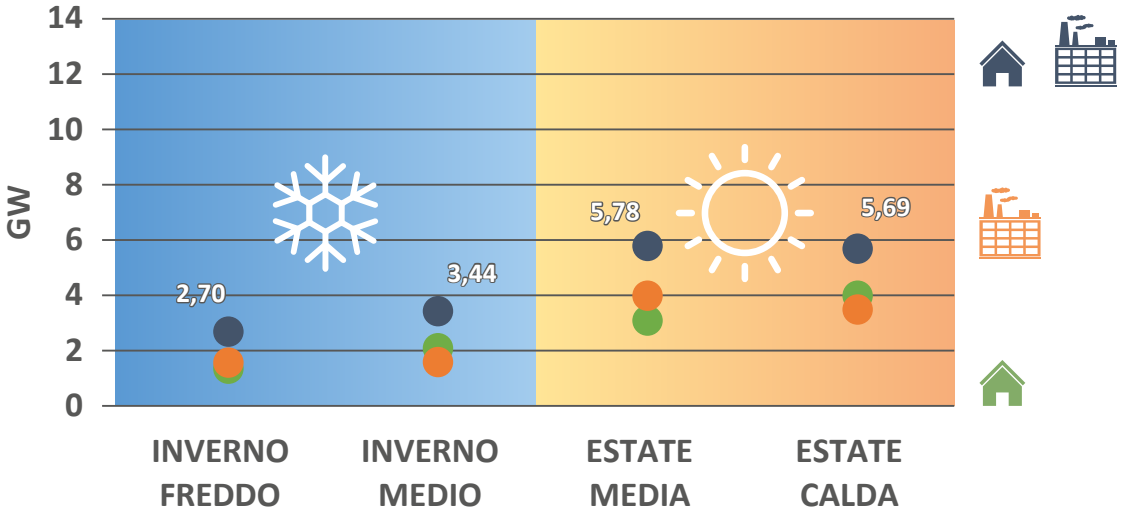


Figura 14 – Le stime per i servizi a scendere, ottenibili attivando maggiormente le PdC, nel settore residenziale variano tra 1,36 GW ("inverno freddo") e 4,06 GW ("estate calda"), mentre nel settore non residenziale sono comprese tra 1,59 GW ("inverno freddo") e 4,01 GW ("estate media"), determinando una potenzialità complessiva sommando i due contributi pari a 2,70 GW ("inverno freddo") e 5,79 GW ("estate media") con valori massimi inferiori rispetto a quelli ottenibili spegnendo le PdC (Fonte: dati RSE).

SOLUZIONI TECNOLOGICHE PER L'APPLICAZIONE DELLE SMART HEAT PUMP

La partecipazione ai servizi di flessibilità implica la necessità di poter modulare, in tempo reale, la potenza prelevata dal carico (cosiddetto Demand Response esplicito) dietro comando che il gestore di rete invia all'aggregatore.

Soprattutto in passato, in molti casi la modifica del profilo di consumo si traduceva nella disalimentazione a monte del carico; tuttavia, tale metodo può comportare inconvenienti e problemi di affidabilità e potrebbe anche danneggiare la macchina se viene utilizzato frequentemente e compromettere, una volta ripristinata l'alimentazione, il corretto ripristino del ciclo di funzionamento.
Un'alternativa, specialmente per le pompe di calore di piccola taglia, consiste nell'emulare il telecomando utilizzando un fotodiodo collegato al ricevitore dell'apparecchio: con questo metodo è possibile inviare comandi per accendere/spegnere o variare le principali impostazioni, ma non è possibile ottenere informazioni sullo stato di funzionamento dell'apparecchio o misure di assorbimento elettrico.

La tendenza più recente vede dispositivi nativamente dotati di interfaccia di comunicazione, attraverso la quale è possibile interagire con la macchina e scambiare informazioni più complesse.
Nella quasi totalità dei casi l'interazione con l'apparecchio non avviene tramite una interfaccia locale ma con un collegamento WiFi attraverso la piattaforma cloud del produttore, che di solito offre un'applicazione per smartphone o tablet che consente di monitorare e controllare l'apparecchio anche da fuori casa.

È una sfida tecnologica che ogni produttore sta cercando di affrontare sviluppando un proprio standard; in sintesi, acquistando apparecchiature di marche diverse è necessario installare applicazioni specifiche sul proprio smartphone e non è agevole interagire con dispositivi di provenienza diversa tramite un'unica interfaccia. Nel caso di applicazioni di Demand Response, in particolare, l'aggregatore deve creare le interfacce con i sistemi cloud dei vari produttori: la grande varietà di soluzioni disponibili rende pertanto difficile e costoso creare un aggregato di PdC per fornire servizi di rete.

Le macchine idroniche e quelle a fluido refrigerante variabile VRF, inoltre, dispongono spesso di una porta di comunicazione che consente di variare l'assorbimento elettrico del compressore in base a un segnale esterno (funzioni Demand Limit o Smart Grid). In genere, queste funzioni sono utilizzate per comunicare in tempo reale con un sistema di supervisione o semplicemente un inverter fotovoltaico evoluto, e consentono di accumulare calore nel serbatoio dell'acqua calda sanitaria o nell'impianto di riscaldamento aumentando la temperatura di set point nei periodi di maggior produzione fotovoltaica. Le PdC Smart Grid Ready risultano, dunque, un buon punto di partenza per applicazioni di Demand Response esplicito.

Per valutare le diverse soluzioni percorribili e promuovere lo sviluppo di tecnologie per consentire alle PdC di fornire il loro contributo al mercato dei servizi di rete è stato creato un gruppo di lavoro organizzato da Assoclima con la partecipazione di importanti interlocutori, fra i quali RSE, Terna ed Enel.
È un percorso per trovare una soluzione condivisa fra gli operatori, che possa essere tecnologicamente percorribile, che abbia limitati costi per non compromettere la competitività del prodotto e che sia applicabile all'intero mercato europeo. È un lungo percorso di ricerca che ha già dato un primo risultato rappresentato da una survey svolta presso i costruttori di PdC sulle dotazioni per il controllo/monitoraggio da remoto già presenti oggi sulle macchine in commercio, i cui risultati sono sinteticamente riportati di seguito.

Il questionario è stato inviato a 11 produttori di PdC rappresentativi del mercato italiano con lo scopo di fare il punto sulle dotazioni per il controllo/monitoraggio da remoto presenti a oggi sulle macchine commercializzate.

Nella Tabella 2 si riportano le principali informazioni relative alla presenza di dotazioni per il controllo e il monitoraggio da remoto su unità esterne e interne a espansione diretta (monosplit, multisplit e a fluido di refrigerante variabile VRF) e sulle macchine idroniche[12].

Macchine a espansione diretta - Unità esterna	**Monosplit**	**Multisplit**	**VRF**
Presenza di una scheda in grado di calcolare o misurare la potenza elettrica assorbita	21%	14%	56%
Presenza di una scheda in grado di calcolare o misurare la potenza elettrica assorbita e di un sistema di comunicazione per limitarne il valore da remoto	9%	0%	37%
Presenza di un ingresso analogico o digitale per ridurre/azzerare da remoto il consumo elettrico	15%	29%	61%
Macchine a espansione diretta - Unità interna	**P < 7 kW**	**P > 7 kW**	**VRF**
Presenza di una porta wi-fi per controllare da remoto la temperatura o il consumo elettrico	94%	96%	77%
Presenza di un ingresso analogico o digitale per ridurre/azzerare da remoto il consumo elettrico	68%	67%	74%
Macchine idroniche	**Tutte le potenze**		
Presenza di una porta bus per agire da remoto sulla frequenza del compressore o limitare il consumo elettrico.	57%		
Presenza di un ingresso analogico/digitale per il controllo remoto del consumo elettrico	75%		
Presenza per le unità idroniche ibride di una porta bus in grado di gestire il vettore energetico in riscaldamento	32%		

Tabella 2 – Quota di macchine per la climatizzazione dotate di sistemi di controllo e di monitoraggio da remoto (Fonte: dati Assoclima).

I dati riportati nella tabella relativi alle macchine idroniche sono particolarmente interessanti in quanto queste sono ritenute maggiormente indicate per svolgere servizi di flessibilità grazie al serbatoio inerziale di cui sono generalmente dotate.

Come si può osservare, nel 75% di queste macchine è presente una porta bus che consente di agire da remoto sulla frequenza del compressore o limitare il consumo elettrico, e il 75% di queste macchine dispone di un ingresso analogico/digitale per il controllo remoto del consumo elettrico.

[12] La quota di mercato rappresentata nella tabella è pari a oltre il 50% per le PdC ad espansione diretta e circa 70-80% per le PdC idroniche.

Sempre per le macchine idroniche, le informazioni sopra riportate vengono maggiormente dettagliate nelle tre figure seguenti suddividendole per fascia di potenza.

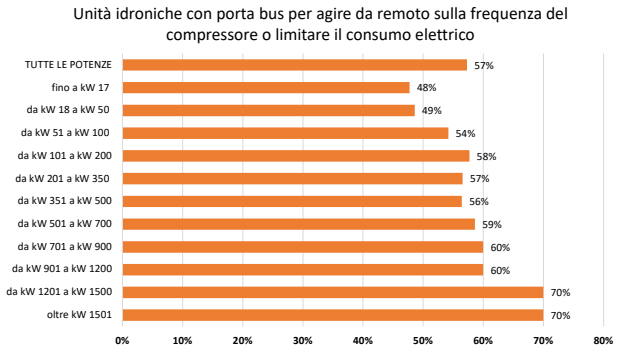


Figura 15 - Presenza nelle macchine idroniche di una porta bus per agire da remoto sulla frequenza del compressore o limitare il consumo elettrico
(Fonte Assoclima).

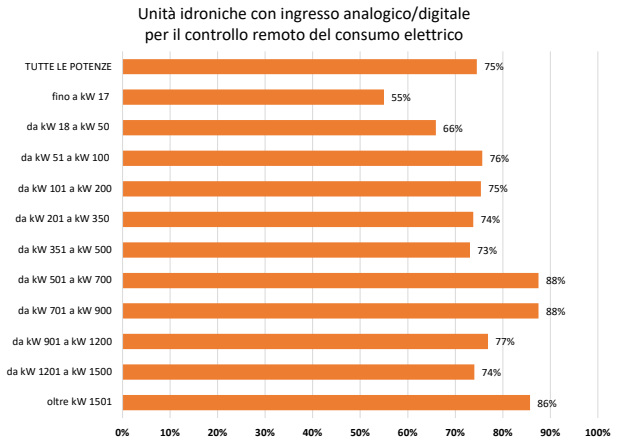


Figura 16 - Presenza nelle macchine idroniche di un ingresso analogico/digitale per il controllo remoto del consumo elettrico
(Fonte Assoclima).

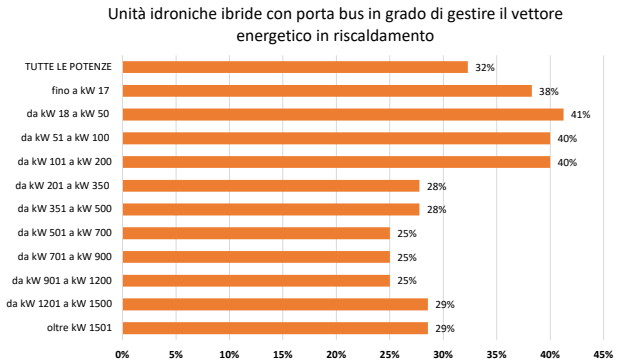


Figura 17 - Presenza nelle macchine idroniche ibride di una porta bus in grado di gestire il vettore energetico in riscaldamento
(Fonte Assoclima).

Ulteriori scenari si potrebbero aprire declinando per le pompe di calore quanto si sta studiando in ambito CEI per la mobilità elettrica con il CIR – Controllore di Infrastruttura di Ricarica. Questo oggetto, che ha il compito di far interagire l'auto elettrica con la rete, consente ai veicoli attraverso le infrastrutture di ricarica di ottimizzare la potenza destinata alla ricarica in funzione dell'assorbimento degli altri carichi utilizzatori presenti nell'utenza e dell'eventuale produzione locale di energia; rende disponibili risorse di modulazione affinché possano essere offerti servizi ancillari e contribuisce alla sicurezza del sistema elettrico essendo in grado di interrompere l'erogazione di potenza in determinate situazioni di stress della rete.

BIBLIOGRAFIA

- European Union (EU), **«Guidelines on State aid for environmental protection and energy 2014-2020»** Communication from the Commission, (2014/C 200/01), 2014.
- European Commission (EC), **«Clean energy for all Europeans package»** [Online]: https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans_en.
- European Union (EU), **«Common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 2003/54/EC (Text with EEA relevance)»** Directive 2009/72/EC of the European Parliament and of the Council of 13 July 2009.
- European Union (EU), **«Common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU (Text with EEA relevance)»** Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019.
- ARERA, **«Testo Integrato del Dispacciamento elettrico (TIDE) - Orientamenti complessivi»**, Documento per la Consultazione 322/2019/R/eel, 23 luglio 2019.
- L.Croci, S.Viani et altri **«Fabbisogno di climatizzazione invernale ed estiva degli edifici residenziali e del terziario»**. Rapporto RdS, Dicembre 2018, n. 18007687.
- Vincenzo Corrado, Ilaria Ballarini, Francesco Madonna, Simona Paduos, Franco Ravasio, **«Energy refurbishment of the Italian residential building stock: energy and cost analysis through the application of the building typology»**; Energy Policy, volume 105, June 2017, Pages 148-160
- Capozza A, Carrara F, Gobbi ME, Madonna F, Ravasio F, Panzeri A, **«Analisi tecnico-economica di interventi di riqualificazione energetica del parco edilizio residenziale italiano»**. 2014
- ANSI/ASHRAE, **«Standard 55 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy»**, 2013.
- O. P. Fanger, **«Thermal Comfort: Analysis and applications in environmental engineering»**, McGraw-Hill, 1970.
- UNI EN 15251:2008, **«Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica»**.
- UNI EN ISO 7730:2006, **«Ergonomia degli ambienti termici - Determinazione analitica e interpretazione del benessere termico mediante il calcolo degli indici PMV e PPD e dei criteri di benessere termico locale»**.

Capitolo 11

CONTRIBUTO ENEL SpA

A cura di: Sonia Sandei

L'ELETTRIFICAZIONE DEI CONSUMI: IL PUNTO DI VISTA DI ENEL

TRANSIZIONE ENERGETICA, SVILUPPO ECONOMICO E OCCUPAZIONALE ATTRAVERSO L'ELETTRIFICAZIONE

La transizione energetica e la decarbonizzazione di usi e consumi tramite l'elettrificazione è un processo inarrestabile e già in corso, come già evidenti sono i benefici che se ne possono ricavare in termini economici, ambientali, sociali, occupazionali.

Accelerare questo processo significa ottenere vantaggi ancora più apprezzabili sia nel breve che nel lungo periodo, perché in entrambi gli orizzonti temporali la strada dell'elettrificazione e delle fonti rinnovabili può conciliare la convenienza economica e una maggiore efficienza energetica e salvaguardia ambientale.
Le potenzialità del vettore elettrico nel sostituire le fonti fossili nel settore trasporti, riscaldamento e raffrescamento e nell'industria sono immediatamente sfruttabili, le relative tecnologie sono disponibili ed economicamente vantaggiose. La penetrazione del vettore elettrico nel sistema energetico può essere spinta molto più in alto del livello attuale.

La crescita della capacità di generazione di energia rinnovabile unita a una spinta allo sviluppo della filiera italiana del settore, che conta oggi quasi 800 imprese con oltre 12 miliardi di euro di fatturato, può portare notevoli benefici economici, sociali e di indipendenza energetica. Oggi l'Italia è il secondo produttore europeo di tecnologie per le rinnovabili (dopo la Germania) e il sesto paese esportatore di tecnologie rinnovabili nel mondo.
Un incremento della potenza rinnovabile di 85 GW al 2030 e lo sviluppo della filiera tecnologica può portare fino a 361 Miliardi di euro di benefici economici e 540.000 nuovi posti di lavoro al 2030, oltre che ridurre di 160 miliardi di metri cubi le importazioni di gas con un risparmio di 110 miliardi di euro[13].

Per accelerare la transizione energetica è necessario investire nello sviluppo di tecnologie, coltivare competenze, rafforzare la catena del valore di tutta la filiera nazionale, creando le basi per un'Italia protagonista, con piena sovranità energetica e tecnologica, nello scenario internazionale.
Il raggiungimento di obiettivi di decarbonizzazione sempre più ambiziosi richiede però una trasformazione del sistema energetico, puntando su fonti rinnovabili ed elettrificazione dei consumi per massimizzare l'utilizzo di energia rinnovabile in ogni applicazione finale. Per supportare questo nuovo paradigma energetico, è allo stesso tempo fondamentale l'adozione di tecnologie per l'accumulo di energia, nonché lo sviluppo di reti intelligenti.

Questa evoluzione richiede inoltre, come conseguenza indiretta, una forte crescita di tecnologie abilitanti, ad esempio robotica e digitalizzazione. Tale dinamica si traduce anche in un crescente fabbisogno di materie prime. La transizione di Enel verso un nuovo paradigma energetico richiede quindi l'approvvigionamento di tecnologie che vanno analizzate nel complesso, prendendo in considerazione componenti ambientali, sociali, commodity e, dove necessario, valutazioni geopolitiche[14].

[13] La Filiera italiana delle tecnologie per le energie rinnovabili e smart verso il 2030, Enel Foundation, Elettricità Futura, Althesys, febbraio 2023

[14] Viaggio nell'Economia Circolare del Gruppo Enel, Enel, 2023

IL RUOLO STRATEGICO DELLE POMPE DI CALORE NEL PERCORSO DI ELETTRIFICAZIONE

Le città generano circa il 70% delle emissioni globali di CO_2, rappresentano oltre il 60% dell'uso delle risorse e producono il 50% dei rifiuti globali. Numeri destinati a crescere, stando alle stime di popolamento delle città. Si rende altresì necessario massimizzare l'efficacia di interventi sui principali ambiti della vita urbana.

La crescente richiesta di "servizi elettrici" (pompe di calore, condizionamento e usi cottura) sembrerebbe essere compensata dal miglioramento delle prestazioni medie delle appliance (in particolare elettrodomestici e ampia diffusione dei LED nell'illuminazione), aspetto da accelerare tramite una politica di promozione degli elettrodomestici di nuova generazione più efficienti con nuova etichettatura energetica (classi da A-G)[15].

Tra le azioni che nel breve termine possono avere maggiore impatto, in termini assoluti, sulla sicurezza energetica nazionale e l'indipendenza dal gas naturale, ma anche sulla decarbonizzazione e sull'incremento dell'efficienza energetica, vi è sicuramente l'elettrificazione dei sistemi di riscaldamento attraverso l'utilizzo delle pompe di calore, ancor più efficace se accompagnata da una accelerazione nello sviluppo delle rinnovabili.

Il nuovo REPowerEU sostiene questa linea d'azione incoraggiando gli Stati membri ad accelerare la diffusione e l'integrazione di pompe di calore su larga scala, consigliando di utilizzare misure di sostegno in materia di prezzi per incentivare il passaggio alle pompe di calore.
La domanda attesa di pompe di calore favorirà la messa a terra di nuova capacità manifatturiera, avviando un ciclo virtuoso di progressiva riduzione della dipendenza da importazioni extra-europee.

La caratteristica preponderante della pompa di calore è l'alta efficienza energetica, nettamente superiore a quella di impianti alimentati ad idrocarburi (quali gas o a gas di petrolio liquefatto).
Le pompe di calore sono fino a 4 volte più efficienti delle caldaie a condensazione più moderne.

La pompa di calore ha un impatto molto positivo sulle spese energetiche delle famiglie.
Nel caso di una famiglia italiana, considerando l'utilizzo di una pompa di calore per il riscaldamento degli ambienti e dell'acqua sanitaria in sostituzione di una tradizionale caldaia a gas, si arriva a ridurre il consumo energetico del 75%, con un conseguente risparmio dei costi in bolletta di circa il 30%[16] e un abbattimento delle emissioni di circa il 70%[17]. Inoltre, la pompa di calore è in grado di ottemperare anche alle richieste di raffrescamento estivo degli ambienti, e non solo a quelle di riscaldamento invernale.

[15] Scenari e valutazioni di impatto economico degli obiettivi "Fit for 55" per l'Italia, Confindustria – RSE, Marzo 2023

[16] Prezzi Eurostat 2022

[17] Valore considerando il mix energetico attuale

LO STUDIO ENEL – AGICI SULL'ELETTRIFICAZIONE DEGLI IMPIANTI DOMESTICI PER RISCALDAMENTO E ACQUA CALDA SANITARIA

Lo studio realizzato da Agici per Enel (settembre 2022) ha analizzato costi e benefici di una massiccia sostituzione degli impianti di riscaldamento e di produzione di acqua calda sanitaria esistenti nel residenziale, con pompe di calore.

In particolare, lo studio identifica il potenziale di elettrificazione dei consumi finali domestici per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria, e sviluppa un'analisi dei benefici ambientali, economici e sociali e del loro bilancio rispetto ai costi. Il progetto ha previsto una modellizzazione degli impatti dell'elettrificazione dei consumi finali in modo quanto più realistico e preciso possibile, includendo nel modello tutte le variabili rilevanti (quali, ad esempio, consumi reali pesati per le condizioni climatiche locali, caratteristiche degli impianti e degli edifici e relativi rendimenti delle tecnologie di origine e di destinazione) con alto dettaglio geografico e tecnologico. Il lavoro è composto di tre fasi:

a. Stima del parco impianti esistente e dei relativi consumi.
b. Analisi comparata del Total Cost of Ownership (TCO). Per valutare la fattibilità di mercato della sostituzione degli impianti con alternative elettrificate, è stato realizzato un confronto del Total Cost of Ownership tra le soluzioni alimentate a combustibili fossili e quelle elettrificate, evidenziando la convenienza economica della sostituzione dal punto di vista dei cittadini.
c. Analisi Costi-Benefici (ACB). L'ACB, punto di arrivo dell'intera analisi, valuta gli impatti della sostituzione degli impianti in termini di costo e di beneficio economico, ambientale e sociale, nelle fasi di investimento e di esercizio, dal punto di vista della società.

L'analisi è stata completata nell'aprile 2022 e comprende ipotesi sui prezzi dell'energia formulate allora.

Per quanto riguarda la stima del parco impianti esistente, i risultati dello studio sono riassunti nella tabella di seguito.

Fasce climatiche	F	D, E	A, B, C
Numero abitazioni	432.000	12.668.000	3.803.000
Consumo complessivo (TWh)	11	186	45
Consumo per abitazione (kWh)	24.453	14.721	13.593
Quota consumi metano	86%	91%	79%
Quota consumi gasolio	8%	3%	4%
Quota consumi gpl	6%	6%	17%

Tabella 1 – Risultati della stima del parco impianti in scope e dei loro consumi, per fasce climatiche.
Sono esclusi riscaldamento elettrico, teleriscaldamento ed edifici in classe energetica A, B e C

ANALISI COMPARATA DEL TOTAL COST OF OWNERSHIP (TCO)

La Tabella 2 presenta invece i risultati dell'analisi del Total Cost of Ownership, ipotizzando una vita utile di 20 anni sia per le pompe di calore che per le caldaie convenzionali e riflettendo l'andamento dei prezzi dell'energia e del gas in linea con uno scenario di sviluppo delle rinnovabili "PNIEC accelerato".

Nelle fasce A, B e C l'impianto o gli impianti preesistenti vengono sostituiti con un impianto aria-aria per svolgere la funzione di riscaldamento e con un dispositivo aria-acqua per la sola produzione di acqua calda sanitaria.

Nelle fasce D ed E e nella fascia F gli impianti sono invece sostituiti con un unico sistema che fornisce sia riscaldamento che acqua calda sanitaria: nel caso delle fasce D ed E si tratta di una pompa di calore aria-acqua, mentre in fascia F si tratta di un sistema ibrido (PdC aria-acqua con caldaia a gas di backup).

Dai risultati dell'analisi emerge come, in tutti i casi ipotizzati, la soluzione elettrificata è conveniente rispetto alla tecnologia convenzionale più economica (caldaie a metano).

Fasce climatiche A, B, C	
PdC aria-aria per riscaldamento	4.427
PdC aria-acqua per acs	13.114
PdC aria-aria + PdC aria-acqua per acs	**17.541**
Caldaia metano	18.499
Caldaia gpl	23.290
Caldaia gasolio	29.421
Fasce climatiche D, E	
PdC aria-acqua	**21.646**
Caldaia metano	22.413
Caldaia gpl	33.051
Caldaia gasolio	40.882
Fascia climatica F	
Ibrido	**29.635**
Caldaia metano	31.658
Caldaia gpl	55.762
Caldaia gasolio	56.272

Tabella 2 – Risultati analisi Total Cost of Ownership (€)

ANALISI COSTI-BENEFICI

Il periodo di riferimento per l'analisi è 2022-2030 per quanto riguarda le installazioni e fino al 2050 per la valutazione dei benefici e dei costi complessivi.
È stato applicato un tasso di attualizzazione reale del 2%. Per la modellizzazione dell'Analisi costi-benefici si è ipotizzata la sostituzione degli impianti nel 60% delle unità abitative in scope.
Ciò si traduce in un totale di circa dieci milioni di unità abitative.
Sulla base di questo gruppo di partenza, sono stati sviluppati diversi scenari, con riferimento a:

diverse configurazioni tecnologiche, in particolare si sono sviluppati:

- Scenario tecnologico A:
  in cui le sostituzioni avvengono come descritto nella sezione del TCO;
- Scenario tecnologico B:
  in cui le sostituzioni nel cluster climatico delle fasce D ed E avvengono per il 50% con impianti aria-acqua e per il 50% con sistemi ibridi. Questo scenario risponde alla necessità, da un lato, di prevedere maggiore flessibilità installativa per le ragioni sopra discusse, e dall'altra di seguire in modo più coerente le installazioni rispetto ai segnali di mercato attuali, in cui i sistemi ibridi sembrano ricoprire una quota crescente del mercato.
  Tali scenari si differenziano in termini di rendimenti e di riduzione nel ricorso a combustibili fossili.

diversi scenari di sviluppo del mix di generazione elettrico, in particolare:

- Scenario generazione 1: mix energetico attuale.
  Scenario base utilizzato come punto di riferimento, nel quale i nuovi impianti sono alimentati secondo il mix di generazione attuale, senza sviluppo di nuove rinnovabili;
- Scenario generazione 2: PNIEC.
  Scenario che prevede la realizzazione di impianti rinnovabili secondo il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima;
- Scenario generazione 3: PNIEC accelerato.
  Scenario che prevede un'accelerazione delle installazioni FER in coerenza con l'obiettivo di installare 60 GW di rinnovabili in tre anni;
- Scenario generazione 4: 100% FER.
  Scenario ipotetico in cui tutta l'alimentazione delle nuove pompe di calore avviene esclusivamente con energia da fonti rinnovabili.

Questi scenari hanno impatti sul profilo dei consumi per la generazione elettrica a supporto della produzione elettrica addizionale richiesta dalle nuove installazioni, con ripercussioni sulle emissioni da generazione addizionale, sui costi per l'energia elettrica, e sulle ricadute sulla filiera delle rinnovabili.

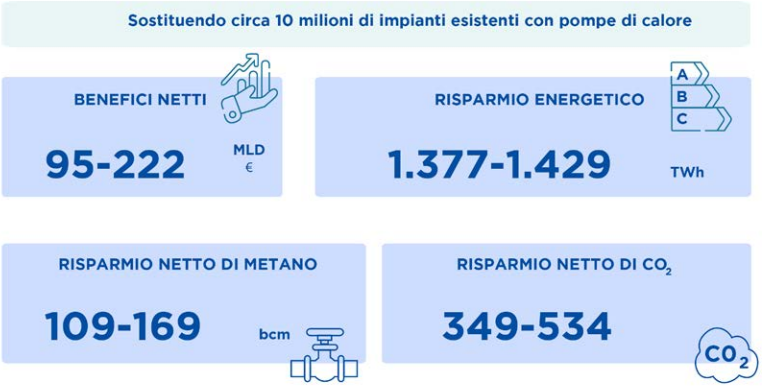
In Tabella 3 sono riportati i risultati riassuntivi delle combinazioni rilevanti di tali scenari.

Dal confronto tra i casi sopra riportati si evince come in ogni caso il progetto di elettrificazione porta benefici per la società che superano notevolmente i costi.
Tale beneficio è massimo nei casi in cui il fabbisogno energetico delle pompe di calore è soddisfatto quanto più possibile con l'utilizzo di fonti rinnovabili, come nei casi "PNIEC accelerato" e "100% FER".
Anche in un worst case di business as usual sul mix di generazione elettrica, tuttavia, si otterrebbe un valore attuale netto di quasi 95 miliardi di euro, e un risparmio di metano complessivo di oltre 100 miliardi di metri cubi nell'intero periodo (sei miliardi di metri cubi all'anno).
Tali risultati portano a ritenere l'elettrificazione dei consumi per riscaldamento e acqua calda sanitaria nel contesto domestico una strategia estremamente positiva per i risvolti economici e ambientali che può portare.

	Tecnologie A		Tecnologie B (+ ibride)		
	PNIEC	**100% FER (best)**	**Mix attuale (worst)**	**PNIEC**	**PNIEC accelerato**
TOTALE COSTI attualizzati (MLD€)	146	161,2	170,5	143,4	133,4
TOTALE BENEFICI attualizzati (MLD€)	316,5	486,3	265,4	307,6	340,4
VAN (MLD€)	170,4	222,3	94,9	164,3	207,1
Tasso interno di Rendimento Economico - TIRE	16,90%	26%	10,40%	16,50%	24%
Benefici/Costi	2,17	2,7	1,56	2,15	2,55
Risparmio energetico (TWh)	1.429		1.377		
Risparmio di metano (bcm)	142	169	109	137	153
Risparmio netto di CO_2 ($MtCO_2$)	460	534	349	443	491

Tabella 3 – Sinossi risultati ACB

Ricapitolando, in sintesi, sostituendo il 60% degli impianti di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria più inefficienti con sistemi a pompa di calore, circa 10 milioni di impianti, si potrebbe generare un beneficio netto economico, ambientale e sociale, compreso tra 95 miliardi di euro in assenza di ulteriori investimenti sulle rinnovabili, e fino a 222 miliardi nel caso in cui le pompe di calore fossero completamente alimentate con fonti rinnovabili.



Questo si traduce in un risparmio di gas compreso tra i 5,6 e gli 8,9 miliardi di metri cubi all'anno (tra -18% e -28% del totale dei consumi di gas residenziali, pari al consumo di 4,3-6,8 milioni di famiglie), e a un risparmio netto di emissioni di CO_2 compreso tra 18 e 28 milioni di tonnellate all'anno (fino al 7% del totale delle emissioni dell'economia italiana).

ASSOCLIMA
Via A. Scarsellini, 11/13 - 20161 Milano
tel. +39 0245418.500
assoclima@anima.it
www.assoclima.it
www.anima.assoclima.it
www.anima.it

Questa copia è offerta da:

Copyright © Assoclima – Costruttori sistemi di climatizzazione