

**anica**ASSOCIAZIONE NAZIONALE
INNOVAZIONE COMFORT AMBIENTE

Il calore nel comparto dei processi industriali

Una nuova visione integrata che combina in maniera innovativa i combustibili fossili alle energie rinnovabili termiche

L'anello di congiunzione che mancava tra il riscaldamento a combustibili fossili e le energie rinnovabili termiche, secondo la IEA (International Energy Agency), è ormai maturo ed è un tema prioritario in agenda dell'Unione Europea, che coinvolge le caldaie a condensazione efficienti e digitali, i recuperi dei cascami termici e le pompe di calore industriali.

Un tema che riguarderà migliaia di progettisti termotecnici, energy managers ed industrie da qui al 2030-2050.

A cura di Jacques Gandini (Segretario Generale ANICA), con il contributo tecnico (in ordine alfabetico) di Ing. Nicola Bettio (BNY Engineering), Ing. Andrea Maffezzoli (HOVAL), Ing. Elisabetta Mazzi (EM FORMAZIONE) e Ing. Roberto Torri (GREEN POWER TECHNOLOGIES)

Pubblicazione: TECHNICAL FOCUS - IL CALORE NEL COMPARTO DEI PROCESSI INDUSTRIALI

Data di emissione: APRILE 2025

Copyright © 1981 - 2025 ANICA - ASSOCIAZIONE NAZIONALE INNOVAZIONE COMFORT AMBIENTE

Tutti i diritti riservati in tutti i Paesi.

Riviera A. Mussato, 97 - 35139 Padova (PD)

Email: info@anicacaldaie.it - Web: www.anicacaldaie.it

I testi, i dati, le immagini e le informazioni espresse nella presente pubblicazione sono in larga misura derivanti dal know-how e dalla ricerca primaria e secondaria di ANICA ASSOCIAZIONE NAZIONALE INNOVAZIONE COMFORT AMBIENTE (ANICA) ed hanno carattere informativo generale. I pareri espressi nella presente pubblicazione possono riflettere il parere degli autori e non sempre rappresentare completamente, in maniera esaustiva o univoca la posizione ANICA o dei propri Soci. Nell'ottica del miglioramento continuo delle informazioni fornite, ANICA ha la facoltà di apportare in qualsiasi momento, senza alcun obbligo o impegno, tutte le modifiche ritenute necessarie per il miglioramento del prodotto editoriale, per questa ragione modifiche anche sostanziali possono essere apportate senza preavviso. Le immagini espresse nel presente documento devono essere intese a titolo esemplificativo e non esaustivo, hanno spesso carattere illustrativo generale e dunque eventuali raffigurazioni di prodotti, persone, marchi commerciali, ecc. possono avere carattere di casualità e in caso di pretese di copyright da parte di terze parti, fermo restando il principio della buona fede resta inteso che i contenuti oggetto di eventuale pretesa di copyright rimangono di proprietà dei legittimi proprietari e su semplice richiesta motivata possono essere eliminati dalla presente pubblicazione. Questo documento è stato redatto con la massima cura ed attenzione ai contenuti esposti, ciò nonostante, ANICA non può assumersi alcuna responsabilità derivante da refusi di pubblicazione e/o danni di qualsivoglia natura derivanti dall'utilizzo, diretto o indiretto, volontario o involontario delle informazioni in esso contenute.

INTRODUZIONE

Tra il 2010 ed il 2020, e con una verticalizzazione negli ultimi 5 anni arrivando al 2025, dopo decenni di grande concentrazione da parte dell'industria della "produzione" e dei "policy makers", a livello Europeo ed Italiano, sul risparmio energetico e più in generale sull'efficienza energetica per l'edilizia residenziale e commerciale, il campo industriale, e gli usi termici ad esso collegati, è sempre più considerato da molti esperti come il prossimo grande obiettivo 2030-2050 dell'Unione Europea, in termini di efficientamento e decarbonizzazione. Un obiettivo necessario per poter incidere in maniera forte nell'abbattimento delle emissioni climalteranti connesse alla combustione di combustibili fossili nel comparto industriale e più precisamente dei processi.

Nel campo industriale molta energia viene purtroppo sprecata ed i cosiddetti "cascami termici" risultano, ancora oggi, inutilizzati e/o semplicemente dissipati in atmosfera, generando sprechi di energia ormai inaccettabili ed irrispettosi degli sforzi fatti nel campo residenziale e commerciale attraverso varie tecniche di riduzione dei fabbisogni energetici e di aumento dell'efficienza energetica facendo ampio utilizzo di fonti rinnovabili, ai fini della diminuzione degli usi finali e dell'impiego minimo possibile di energia primaria e secondaria.

IEA (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY) – ANNEX 58: PROSPETTIVE DI SVILUPPO TECNOLOGICO DELLE POMPE DI CALORE AD ALTA TEMPERATURA

Heating Capacity	Temperature	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
200 kW to 10 MW	< 120 °C	Prototypes available		Demonstrators available		Commercial roll-out		Established as preferred technology				
		Prototype developments	Technology advancement, upscaling			Optimization of efficiency, cost, ...			Standardization, further improvements and novel applications			
		Test and demonstration of prototypes	Full-scale demonstrations in industrial environment			Commercial deployment of systems						
	120-160 °C	Prototypes available		Demonstrators available		Commercial roll-out		Established as preferred technology				
		Prototype developments	Technology advancement, upscaling			Optimization of efficiency, cost, ...			Standardization, further improvements and novel applications			
		Test and demonstration of prototypes	Full-scale demonstrations in industrial environment			Commercial deployment of systems						
> 160 °C	Prototypes available		Demonstrators available		Commercial roll-out		Established as preferred technology					
	Prototype developments	Technology advancement, upscaling efficiency, cost, ...			Optimization of efficiency, cost, ...			Standardization, further improvements and novel applications				
	Test and demonstration of prototypes	Full-scale demonstrations in industrial environment			Commercial deployment of systems							
>10 MW	< 120 °C	Technology transfer & commercial project sales		Demonstrators available		Established as preferred technology						
		Technology transfer to HP applications	Technology advancement, upscaling			Optimization of efficiency, cost, ...			Standardization, further improvements and novel applications			
		Integration studies with end-users	Full-scale demonstrations in industrial environment			Commercial deployment of systems						
	> 120 °C	Technology transfer & commercial project sales		Demonstrators available		Established as preferred technology						
		Technology transfer to HP applications	Technology advancement, upscaling			Optimization of efficiency, cost, ...			Standardization, further improvements and novel applications			
		Integration studies with end-users	Full-scale demonstrations in industrial environment			Commercial deployment of systems						

FIGURA 1 - Immagine esemplificativa delle attese di sviluppo delle pompe di calore ad alta temperatura per il settore industriale dai giorni nostri al 2030. Fonte: IEA (International Energy Agency). Technology Collaboration Programme on Heat Pumping Technologies (HPT TCP) "Annex 58 High Temperature Heat Pumps Task 1 – Technologies Task Report" [1]

Per quanto riguarda l'impiego di fonti rinnovabili termiche (anche) nel settore industriale, gli addetti ai lavori hanno certamente già notato il cambio di direzione sempre più evidente tra: la combustione quale elemento di generazione del calore e le pompe di calore, che vengono sempre più chiamate in causa, per i recuperi termici o per la generazione di energia termica, a vari livelli e che vengono spesso definite come:

- **HHP**: Pompe di Calore ad alta temperatura (HHP = High Temperature Heat Pumps). Queste possono arrivare in genere a 100 °C ma anche (in molti casi) agevolmente a 120, 140 ed anche 160 °C a seconda della sorgente di calore disponibile. Talvolta sono a livello prototipale e non ancora largamente diffuse;
- **VHHP**: Pompe di Calore a temperatura molto alta (VHHP = Very High Temperature Heat Pumps) possono andare oltre i 160 °C ma talvolta sono a livello di sviluppo di ricerca di laboratorio e per essere molto efficienti ci si aspetta necessitano ancora di anni per vedere un ampio sviluppo e diffusione.

In tutto questo la IEA (International Energy Agency) ha già le idee molto chiare ed attraverso il proprio "Technology Collaboration Programme on Heat Pumping Technologies" (HPT TCP) e la pubblicazione "Annex 58 High Temperature Heat Pumps Task 1 – Technologies Task Report" [1] ha già offerto una chiara visione su quali siano le straordinarie opportunità di sviluppo delle pompe di calore nel campo industriale, con una roadmap molto interessante nel periodo 2020-2030 di sviluppo di numerosi segmenti di prodotto, in parte maturi ed in parte in maturazione proprio nei prossimi 5 anni nel campo delle HTHP e VHTHP.

Non sarà questo (tra combustibili fossili e le rinnovabili termiche, nel campo industriale) un passaggio facile e neppure veloce, in quanto per molti impieghi termici che eccedono ad esempio i 100-200 °C ancora le applicazioni dominanti sono combustione di gas e gasolio ed elettricità, ma a poco a poco le pompe di calore industriali (HTHP & VHTHP) stanno, anno dopo anno, migliorando la loro efficienza energetica, aumentando i range di temperature a cui possono arrivare e ampliando enormemente il campo di applicazione settoriale, prendendo spazi rilevanti in molte applicazioni.

Ad esempio, nell'industria cartaria, le temperature in gioco e l'intelligente riutilizzo dei cascami termici, consentono già oggi l'impiego di pompe di calore industriali in maniera sorprendentemente efficiente, a basse emissioni e riducendo moltissimo l'impatto ambientale in termini di emissioni di CO₂ dirette ed indirette.

Il quadro politico e l'ascesa 2030-2050 delle pompe di calore (HTHP & VHTHP) a fianco (e talvolta in sostituzione) dei dispositivi a combustione

Anche la politica si è resa conto del grande potenziale del mondo industriale e ci fa piacere citare una parte del discorso del Commissario Europeo all'Energia Kadri Simpson che nel suo speech presso l'Heat Pump Forum di Bruxelles, realizzato da EHPA (European Heat Pump Association), a settembre 2023, disse esplicitamente:

*"Il futuro del riscaldamento domestico non risiede nella combustione di combustibili fossili. Si baserà sempre più su tecnologie basate su fonti energetiche rinnovabili, nonché nel teleriscaldamento e teleraffreddamento efficiente. Le pompe di calore, in particolare, sono pronte a diventare la tecnologia di riscaldamento tradizionale. La loro introduzione dovrà far parte dei piani di riscaldamento e raffreddamento locali, regionali e nazionali. La loro implementazione dovrebbe essere accompagnata dalla flessibilità necessaria per adattarsi alle esigenze e ai vincoli di edifici, industrie e reti. Esse sono una tecnologia avanzata e matura per la decarbonizzazione degli edifici, delle reti di teleriscaldamento e, **sempre di più, anche dell'industria**, poiché sono riconosciute per la loro elevata efficienza energetica e per il maggiore utilizzo di fonti energetiche rinnovabili".*

In termini legislativi la vera svolta verso le energie rinnovabili arrivò a partire dagli anni 2000, quando l'Unione Europea iniziò a implementare una serie di politiche volte a ridurre le emissioni di gas serra e a promuovere l'uso di energie rinnovabili, oltre che la necessaria riduzione dei fabbisogni.

Con l'aumento della consapevolezza riguardo ai cambiamenti climatici, si iniziò sempre più a promuovere l'uso di fonti rinnovabili. L'energia solare termica diretta o indiretta (ovvero quella catturata dalle pompe di calore con le tipiche fonti aria, acqua e terra) e le biomasse moderne (come pellet di legno) vennero sempre più promosse come alternative sostenibili.

Ad esempio, l'adozione di involucri edilizi sempre più isolati, pannelli solari termici e fotovoltaici, impianti geotermici e pompe di calore si è intensificata, con incentivi e normative che hanno stimolato la transizione energetica. Anche il riscaldamento a biomassa ha conosciuto un rinnovato interesse, grazie anche all'uso di materiali di scarto e colture dedicate e diminuzione delle emissioni inquinanti, anche se la produzione di particolato come prodotto di scarto rimane un problema irrisolto, se immaginato in termini di un impiego su larga scala delle biomasse.

Attualmente, l'Europa è impegnata in una transizione energetica che mira alla completa decarbonizzazione entro il 2050 e tecnologie come le pompe di calore, il teleriscaldamento alimentato da fonti rinnovabili e l'integrazione di sistemi energetici intelligenti rappresentano alcune tra le tecnologie di punta.

La riqualificazione energetica degli edifici esistenti e degli impianti industriali per la produzione del calore anche per gli usi di processo è diventata una priorità, con l'obiettivo di ridurre i consumi energetici e incentivare l'uso di sistemi di riscaldamento a basse emissioni e alimentati il più possibile da fonti rinnovabili di energia.

Tra tutte queste tecnologie, l'adozione di tecnologie come le pompe di calore è incentivata da direttive europee, come ad esempio a titolo esemplificativo e non esaustivo le seguenti tre:

1. **La Direttiva RED III (Renewable Energy Directive III) [2], in vigore dallo scorso 20 novembre 2023.** La Direttiva 2023/2413/UE, che modifica la Direttiva 2018/2001/UE, prevede una serie di novità per gli Stati membri nel settore delle **energie rinnovabili**, in particolare per quanto riguarda la loro promozione e l'aumento della loro quota nel mix energetico dell'Unione. Entro il 2030 l'Europa vuole garantire **una quota**

rinnovabile pari almeno al 42,5% (contro l'attuale 32%) **nel consumo finale di energia**, con l'obiettivo di raggiungere il 45%. Ogni Stato membro si impegnerà a contribuire al raggiungimento degli obiettivi nei settori dei trasporti, dell'industria, dell'edilizia, e dei sistemi di teleriscaldamento e raffreddamento. Tutti gli Stati Membri sono inoltre incoraggiati a destinare almeno il 5% della capacità delle nuove installazioni energetiche a soluzioni innovative. La Direttiva RED III sostituisce la Direttiva 2009/28/UE (RES), che per la prima volta nel 2009 introdusse le fonti aria, acqua e terra come fonti energetiche rinnovabili, abilitando così il mondo delle pompe di calore al segmento delle energie rinnovabili termiche. Fu di fatto proprio la direttiva 2009/28/UE ad essere il primo e determinato tassello mancante per consentire lo sviluppo odierno di questa tecnologia straordinariamente efficiente ed utilizzante grandi quantità di energia rinnovabile. Le pompe di calore sono infatti oggi riconosciute come una tecnologia che sfrutta fonti di energia rinnovabile, come l'energia aerotermica, geotermica e idrotermica, contribuendo direttamente al raggiungimento degli obiettivi fissati dalla direttiva.

2. **La Direttiva 2010/31/UE** [3], nota come **EPBD** (Energy Performance of Buildings Directive), aggiornata nel 2018 (Direttiva 2018/844/UE) [4] e successivamente nel 2024 con la **Direttiva 2024/1275/UE** (Cosiddetta EPBD IV) [5] sulla prestazione energetica nell'edilizia è stata pubblicata l'8 maggio 2024 sulla Gazzetta Ufficiale dell'Unione europea, stabilisce standard minimi di prestazione energetica per gli edifici nuovi e esistenti. Uno degli obiettivi principali della direttiva è che entro il 2050, il parco immobiliare europeo diventi altamente efficiente dal punto di vista energetico e a basse emissioni di carbonio. Le pompe di calore sono considerate una delle soluzioni tecniche più efficaci per raggiungere gli standard energetici previsti dalla direttiva. L'EPBD incoraggia l'uso delle pompe di calore in nuove costruzioni e nelle ristrutturazioni di edifici esistenti attraverso obblighi di prestazione energetica e incentivi economici.

3. Infine a livello legislativo e di indirizzo strategico comunitario, non può certamente non essere menzionato il **"Net-Zero Industry Act"** [6] che è un'iniziativa derivante dal "Green Deal Industrial Plan" che mira ad aumentare la produzione di tecnologie pulite nell'UE. Ciò significa aumentare la capacità produttiva dell'UE di tecnologie che sostengono la transizione verso l'energia pulita e rilasciano emissioni di gas a effetto serra estremamente basse, nulle o negative quando vengono utilizzate. Questa legislazione attirerà investimenti e creerà condizioni migliori e un accesso al mercato per le tecnologie pulite nell'UE. L'obiettivo è fare in modo che la capacità di produzione strategica globale delle tecnologie a zero emissioni nette dell'Unione si avvicini alla capacità di produzione o raggiunga almeno il 40% del fabbisogno annuale di diffusione entro il 2030. Ciò accelererà i progressi verso il conseguimento degli obiettivi dell'UE in materia di clima ed energia per il 2030 e la transizione verso la neutralità climatica entro il 2050. Rafforzerà inoltre la competitività dell'industria dell'UE, creerà posti di lavoro di qualità e sosterrà gli sforzi dell'Unione europea per diventare indipendente dal punto di vista energetico. Il "Net-Zero Industry Act" mira a semplificare inoltre il quadro normativo per la fabbricazione delle tecnologie necessarie. Ciò contribuirà ad aumentare la competitività dell'industria delle tecnologie a zero emissioni nette in Europa e ad accelerare la capacità di stoccaggio delle emissioni di CO₂.

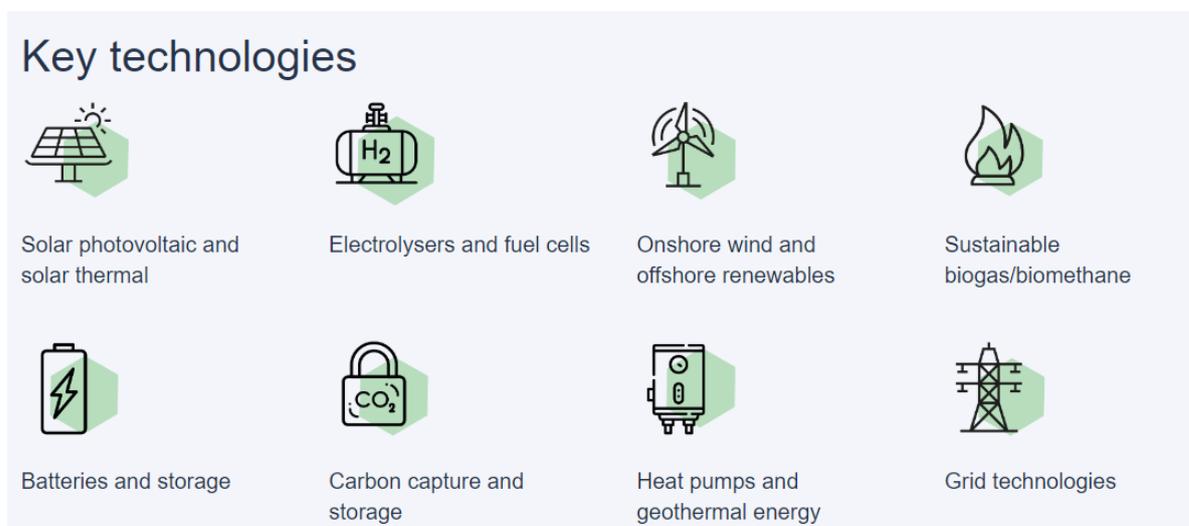


FIGURA 2 - Le 8 tecnologie promosse dal "Net-Zero Industry Act". Fonte: Commissione Europea, https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan/net-zero-industry-act_en

Il “Net-Zero Industry Act” riguarda tecnologie che apporteranno un contributo significativo alla decarbonizzazione. Sostiene, in particolare, le tecnologie strategiche a zero emissioni nette disponibili sul mercato e che presentano un buon potenziale per una rapida diffusione.

Queste tecnologie tendono a rafforzare la competitività industriale e la resilienza del sistema energetico dell'UE, consentendo nel contempo la transizione verso l'energia pulita. Le tecnologie promosse dal “Net-Zero Industry Act” sono:

- Solar photovoltaic and solar Thermal;
- Onshore wind and offshore renewables;
- Batteries and storage;
- Heat pumps and geothermal energy;
- Electrolysers and fuel cells;
- Sustainable biogas and biomethane;
- Carbon capture and storage (CCS);
- Grid technologies.

Il 6 febbraio 2024 il Parlamento europeo e il Consiglio hanno raggiunto un accordo politico sul regolamento relativo al “Net-Zero Industry Act”. Una volta formalmente adottato, entrerà in vigore.

“Prospettive future ad energia rinnovabile” nell’ambito degli usi termici industriali

Nel settore industriale, le pompe di calore sono oggi spesso impiegate per processi di riscaldamento a bassa e media temperatura, come l'essiccazione, il riscaldamento dell'acqua di processo e il riscaldamento di grandi edifici industriali. Sebbene l'adozione nel settore industriale sia più complessa, essa è in crescita, sostenuta dalla politica europea che favorisce la decarbonizzazione del settore manifatturiero.

Il quadro mondiale espresso dalla IEA (International Energy Agency) mostra secondo il Tracking Clean Energy Progress 2023 (dati 2022) [7] che il settore industriale è stato, direttamente responsabile dell'emissione di 9,0 Gt di CO₂, pari a un quarto delle emissioni di CO₂ del sistema energetico globale (dato questo anche calmierato, in realtà, in quanto tiene conto delle emissioni dirette dell'industria ma non di quelle indirette legate alla produzione di energia elettrica per usi industriali). Le emissioni annuali sono leggermente diminuite sia nel 2020 che nel 2022, ma non abbastanza per allinearsi allo scenario Net Zero Emissions by 2050 (NZE) [8].

Lo scenario Net Zero Emissions by 2050 è uno scenario che mostra un percorso per il settore energetico globale per raggiungere emissioni nette zero di CO₂ entro il 2050, con le economie avanzate che raggiungono emissioni nette zero prima di altre. Questo scenario soddisfa anche i principali obiettivi di:

- sviluppo sostenibile (Sustainable Development Goals - SDG) legati all'energia, in particolare l'accesso universale all'energia entro il 2030;
- importanti miglioramenti nella qualità dell'aria;
- È coerente con la limitazione dell'aumento della temperatura globale a 1,5 °C, in linea con le riduzioni delle emissioni valutate dal Gruppo intergovernativo sui cambiamenti climatici (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) concordate durante l'Accordo di Parigi, firmato nel 2016.

Osservando la ripartizione del consumo di energia per area di applicazione, nel diagramma sottostante, appare evidente che il “riscaldamento degli edifici” (Space heating) è il servizio dominante nei settori residenziale e terziario, mentre il servizio “riscaldamento di processo” (Process Heating) domina nell'industria e vale circa il 32% sul totale.

Il “process heating” nell'industria ha dunque un peso molto importante (32%, circa 2000 TWh) sul totale degli usi di energia e, sebbene in altri settori come ad esempio in quello residenziale siano stati fatti passi da gigante negli ultimi 15 anni ad esempio nel campo dell'efficienza energetica in edilizia (basti pensare alla rifusione della Direttiva sulla prestazione energetica nell'edilizia (EPBD) (UE/2024/1275), adottata di recente, nel maggio 2024, che aumenta ulteriormente i requisiti di prestazione energetica per i nuovi edifici) e nell'utilizzo delle energie rinnovabili (facendo riferimento ad esempio alla Renewable Energy Directive (2018/2001/EU) entrata in forza lo scorso Dicembre 2018, come parte del Clean energy for all Europeans package), in molti settori della produzione di beni e servizi, il parco installato dell'impiantistica commerciale ed industriale del riscaldamento non sempre è aggiornato e molti processi potrebbero essere sicuramente notevolmente più efficienti.

Le cose, comunque, stanno velocemente cambiando a livello europeo anche nel campo industriale e alle aziende viene sempre più chiesto di valutare e gestire l'impatto ambientale delle proprie attività produttive sulla base di framework standardizzati e condivisi che riguardano vari fattori, tra cui a titolo esemplificativo e non esaustivo energia, clima e sicurezza.

RIPARTIZIONE DELL'USO DI ENERGIA PER AREA DI APPLICAZIONE

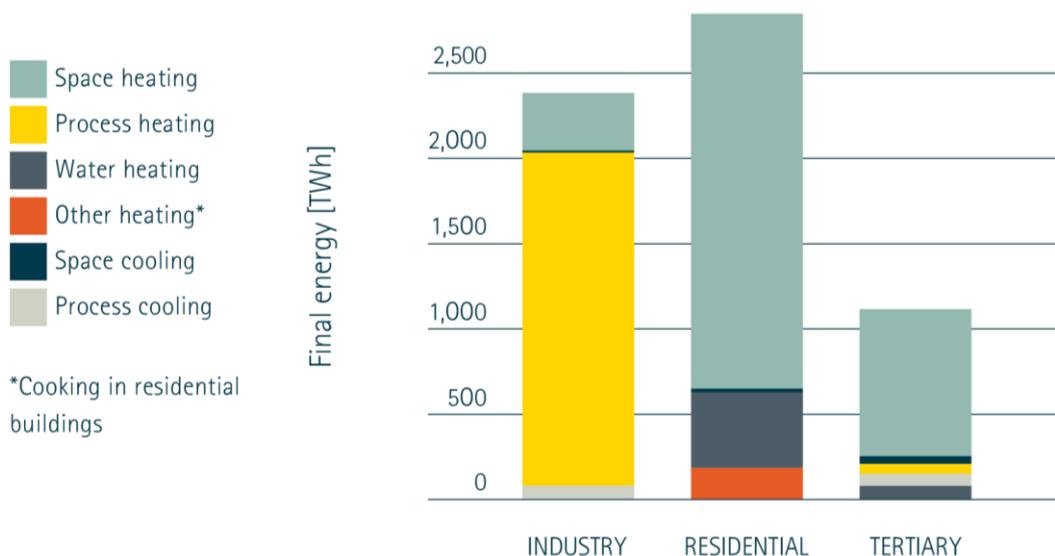


DIAGRAMMA 1 - Pubblicazione “Integrating technologies to decarbonise heating and cooling” realizzata dallo European Copper Institute con il contributo del Fraunhofer Institute e in collaborazione con EHPA (European Heat Pump Association) [10]. Ripartizione dell'uso dell'energia per area di applicazione.

La crescente importanza della gestione della questione climatica per le aziende che deriva da regolamentazioni presenti e future, si unisce alla domanda da parte di investitori e consumatori sempre più attenti ed esigenti rispetto a temi di sostenibilità. Questo implica un cambiamento nelle strategie aziendali, orientando il business verso modelli sempre più “sostenibili e resilienti”. In particolare, la creazione della domanda di “prodotti industriali a emissioni prossime allo zero”, prevede Aziende in grado di contribuire agli obiettivi di decarbonizzazione dell’industria oltre che di puntare a clientela (finale ma anche B2B) sempre più interessata al basso impatto ambientale.

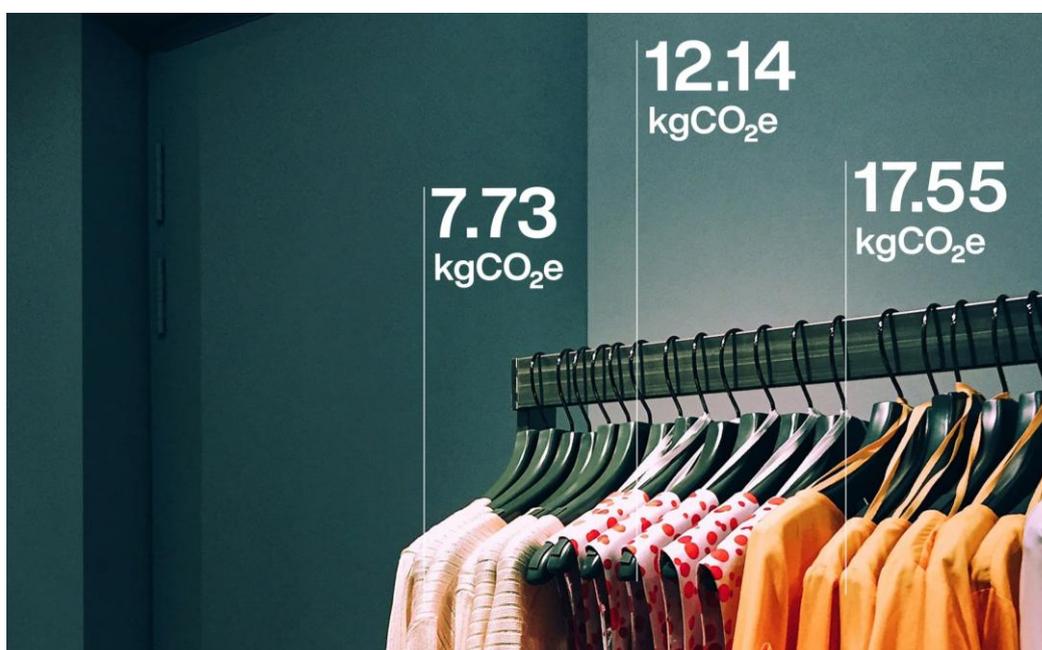


FIGURA 3 - Immagine esemplificativa di come è possibile immaginare le emissioni di CO₂ declinate sui prodotti ed intese come le emissioni equivalenti derivanti dalle diverse fasi (lista non esaustiva che può differire a seconda dei diversi prodotti e servizi): procurement dei materiali, inbound logistic, lavorazioni industriali (area in cui spesso si inserisce il “process heating”), assemblaggio ed eventualmente distribuzione, uso e fine ciclo vita, potranno diventare presto una nuova discriminante di scelta del consumatore oltre al prezzo ed alle caratteristiche dei prodotti e servizi.

In questo quadro, considerando che gli usi termici nel campo industriale hanno un ruolo chiave (si stima circa dal 60% all'80% sul totale nel mondo industriale), l'efficientamento energetico, il recupero energetico e la decarbonizzazione degli impianti termici nell'industria (e della loro eventuale combinazione intelligente con gli impianti frigoriferi) si prevede dominerà molte scelte nel campo degli assets industriali nel comparto dei trattamenti termici, almeno nel prossimo decennio.

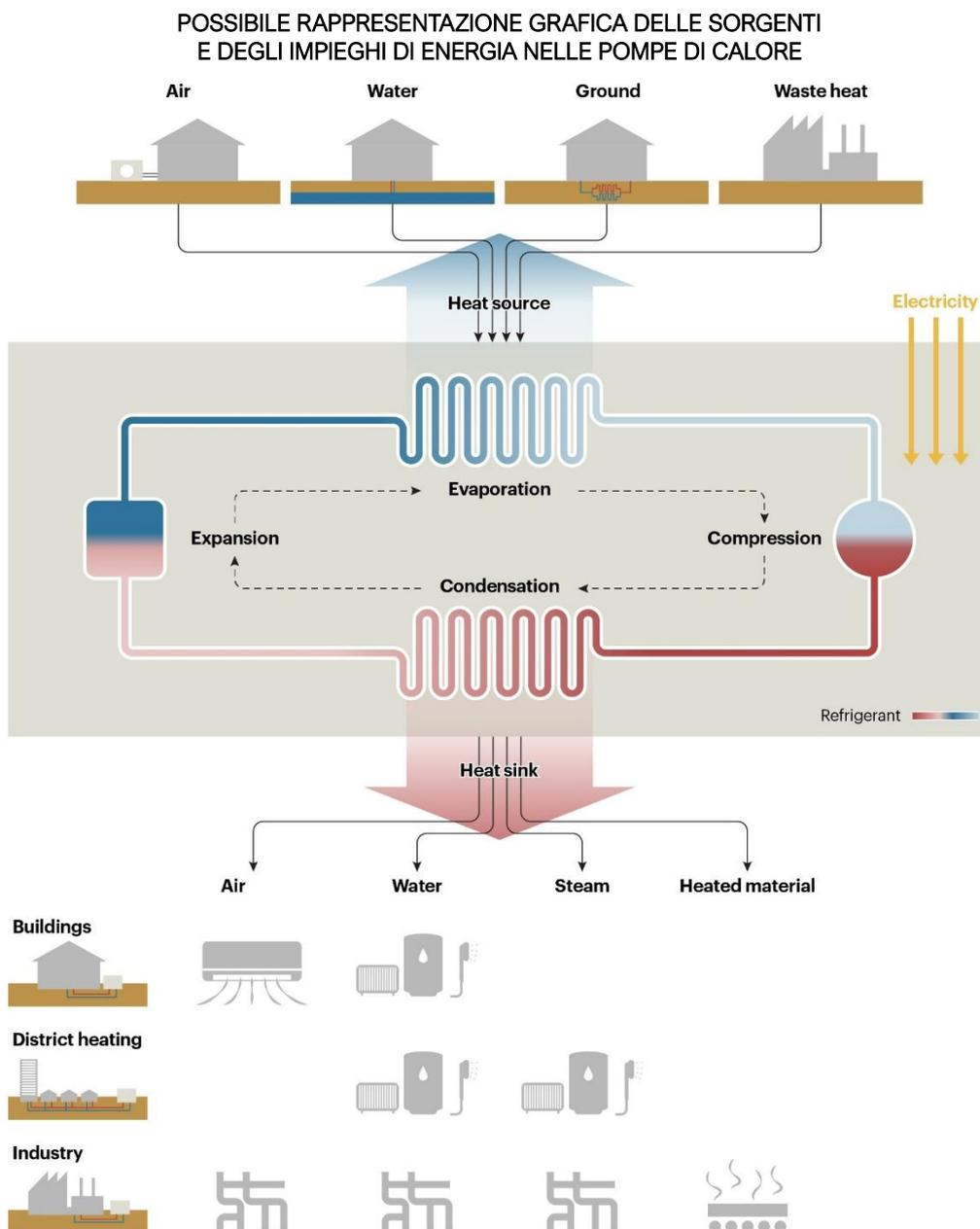


FIGURA 4 - Il concetto del "Waste Heat" che si aggiunge alle sorgenti di energia rinnovabile classiche (Aria-Acqua-Terra) in maniera concettuale come espresso dalla recente (2022) pubblicazione della IEA "The Future of Heat Pumps" [9] addirittura rende ancor più evidente quanto la risorsa industriale da "calore di scarto" possa essere nobilitata in maniera vincente a fonte di energia utile per un riuso sia nell'industria che nel residenziale e per le collettività.

Partendo ad esempio dalle tradizionali tecnologie a combustibili fossili come le caldaie (con diversi combustibili, tra cui a titolo esemplificativo e non esaustivo: carbone, gasolio, gas, ecc.), che per più di un secolo hanno determinato il mondo industriale attuale così come lo conosciamo oggi, ed arrivando fino alle pompe di calore che, con una verticalizzazione negli ultimi 20 anni, hanno saputo prendere il largo in diversi settori applicativi.

In molte applicazioni industriali, le pompe di calore possono produrre il loro effetto termico sostituendo i combustibili fossili con l'energia da fonte rinnovabile o sfruttando l'energia in eccesso altrimenti sprecata (ad esempio nel caso del cosiddetto "Waste Heat" o cascame termico o calore di scarto che nei processi industriali è molto frequente).

Se la tecnologia della pompa di calore fosse in grado, già oggi, ed in maniera efficiente, di riprodurre tutte le temperature necessarie ai diversi processi nel campo industriale, sembrerebbe abbastanza semplice poter scegliere quali tecnologie dovrebbero essere applicate in maniera indistinta ai diversi processi industriali, ovvero: pompe di calore alimentate da energia 100% rinnovabile (es. Fotovoltaico, Idroelettrico, Eolico, ecc.) e con refrigeranti naturali (es. Ammoniaca (R717), Anidride Carbonica (R744) o Propano (R290)), ma purtroppo questa condizione ottimale (che ormai tutti si aspettano molto vicina) non è condizione sufficiente per un largo impiego, nell'immediato, di queste tecnologie anche nel campo industriale.

Ciò è dovuto alla necessità di considerare una ulteriore variabile, ovvero quella delle temperature di esercizio richieste dai vari processi. E' questo uno dei temi di grande dibattito ed attualità, ovvero si parla sempre più spesso di "Technology Readiness Level" (TRL) per classificare il fatto che non tutte le alte temperature richieste nell'industria possono essere raggiunte con le tecnologie più green, anzi (sebbene le cose stiano cambiando velocemente) per i trattamenti termici più impegnativi ad esempio al di sopra dei 160 °C le tecnologie in pompa di calore non sono così diffuse e spesso sono a livello prototipale: parliamo quasi sempre di ricerca di laboratorio e comunque il tutto poi dipende anche dalla temperatura delle sorgenti termiche.

RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLE TEMPERATURE DI SORGENTE E UTILIZZO DEI DIVERSI TIPI DI POMPE DI CALORE

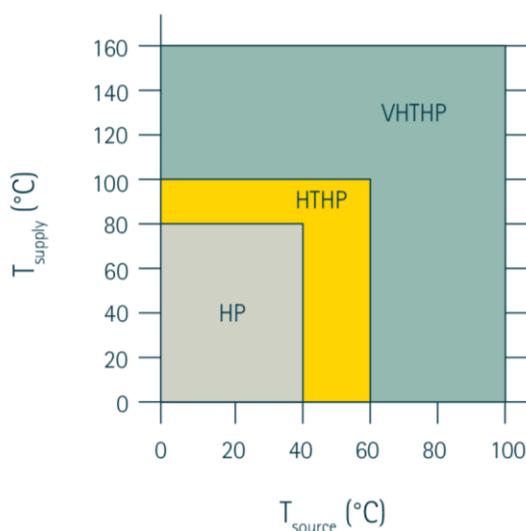


DIAGRAMMA 2 - Possibile rappresentazione grafica dei campi di temperatura delle tre diverse tipologie di pompe di calore.
 Fonte: "High temperature heat pumps: Market overview, state of the art, research status, refrigerants, and application potentials", autori C. Arpagaus, F. Bless, M. Uhlmann, J. Schiffmann, and S. S. Bertsch. [11]

Per quanto riguarda i livelli di temperatura coperti dalle pompe di calore, si può fare una distinzione in tre categorie principali, basate sulla temperatura della fonte di energia (T Source) e il livello di temperatura erogabile (T Supply) come espresso nel Diagramma precedente. In linea di massima le 3 tipologie possono essere così descritte:

- **HP**: Pompe di calore (HP = Heat Pumps) tradizionali. Queste sono largamente diffuse e stabili a livello tecnologico. Vengono tipicamente utilizzate in tutti i settori del comfort, sia nel campo residenziale che commerciale e talvolta per processi a medio-bassa temperatura (ad esempio 35-65-80 °C) anche nel campo industriale;
- **HTHP**: Pompe di Calore ad alta temperatura (HTHP = High Temperature Heat Pumps). Queste possono arrivare in genere a 100 °C ma anche (in molti casi) agevolmente a 120, 140 ed anche 160 °C a seconda della sorgente di calore disponibile. Talvolta sono a livello prototipale e non ancora largamente diffuse;
- **VHTHP**: Pompe di Calore a temperatura molto alta (VHTHP = Very High Temperature Heat Pumps) possono andare oltre i 160 °C ma talvolta sono a livello di sviluppo di ricerca di laboratorio e per essere molto efficienti ci si aspetta necessitano ancora di anni per vedere un ampio sviluppo e diffusione.

La fattibilità della tecnologia delle pompe di calore nelle applicazioni industriali dipende dunque dai livelli di temperatura necessari nella produzione e anche dalla temperatura delle sorgenti. Eurostat, ad esempio, distingue i seguenti settori:

- Iron and steel/non-ferrous metals;
- Chemical and petroleum;

- Non-metallic minerals;
- Paper, pulp and print;
- Food and tobacco machinery;
- Wood and wood products;
- Transport equipment;
- Textile and leather;
- Others.

Dalla lettura della Tabella seguente appare immediatamente evidente che il campo di applicazione delle pompe di calore è certamente molto ampio e adatto a molti settori applicativi, prevalentemente quelli nelle aree verde chiaro e verde scuro.

Le aree gialle e arancioni, sono per ora ancora saldamente dominate dalle applicazioni a combustione tradizionale. Queste includono caldaie a condensazione di tipo evoluto, modulante, con controlli digitali e alimentate a gas: una combinazione che offre certamente buoni livelli di efficienza (all'interno dei parametri di efficienza delle apparecchiature a combustione) per raggiungere alte ed altissime temperature, dove le pompe di calore oggi sono presenti con varie soluzioni ma non ancora così diffuse rispetto al mondo delle caldaie che ancora domina la scena. Laddove sia possibile sostituire, nel campo industriale, sistemi a combustione obsoleti (tipicamente non a condensazione e con controlli rudimentali) con sistemi a pompa di calore, che da un audit delle necessità energetiche e dei rendimenti delle tecnologie HP, HTHP e VHTHP disponibili, dimostrino vantaggio rilevante a livello più parametri, tra cui (a titolo esemplificativo e non esaustivo) di:

- riduzione del consumo di energia primaria;
- riduzione delle emissioni di CO₂;
- riduzione dei costi di esercizio dei cicli produttivi (OPEX – dall'inglese OPerational EXpenditure, in italiano spesa operativa);

rispetto ai sistemi a combustione in essere o ai sistemi alternativi di nuova generazione disponibili, risulta importante optare per queste soluzioni specie se alimentate da energia 100% e con refrigeranti naturali per consentire il raggiungimento dei maggiori livelli possibili di energia rinnovabile oltre che di emissioni dirette ed indirette tendenti allo zero.

Lo scenario, dunque, sta cambiando e con esso anche la prospettiva di vedere la tecnologia delle pompe di calore ampiamente applicata nel campo industriale nelle sue varie declinazioni HP, HTHP e VHTHP con una vera e propria rivoluzione, anche nei range di temperatura dove solo pochi anni fa non ci si aspettava di poter impiegare le pompe di calore.

Approccio olistico necessario: per non perdere opportunità di impiego (anche parziale) delle tecnologie più efficienti

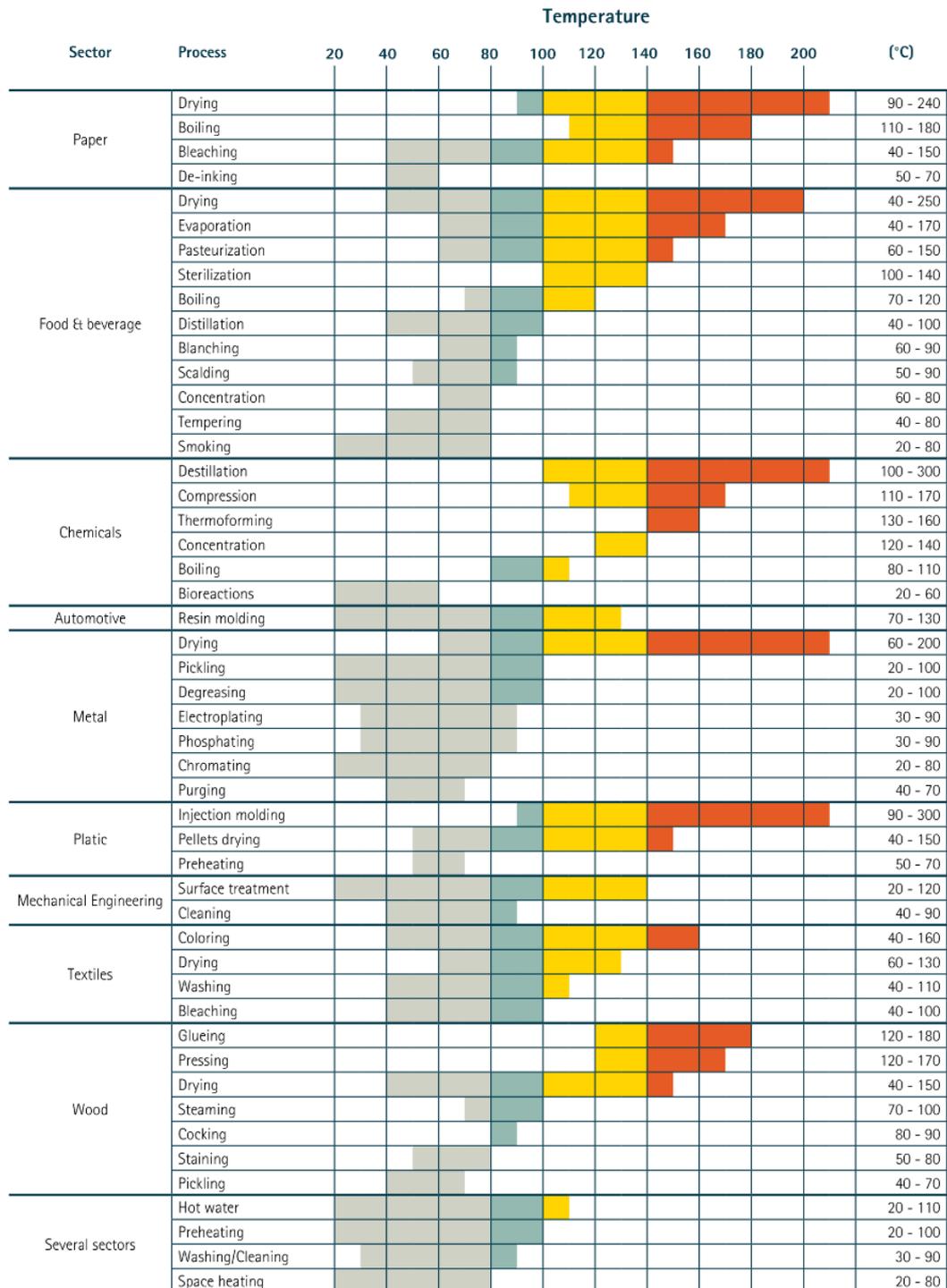
In tutto questa evoluzione dobbiamo probabilmente porre attenzione ad un fatto estremamente importante, ovvero il fatto che l'approccio assolutistico talvolta utilizzato nei confronti delle tecnologie ad energia rinnovabile emergenti, ha rischiato e rischia di pregiudicarmene nel breve periodo uno sviluppo equilibrato.

Ad esempio può risultare molto calzante il caso dell'auto elettrica, dove a fronte di evidenze tecniche inequivocabili di risparmio fortissimo delle emissioni inquinanti dirette se non del loro azzeramento (rispetto alle emissioni generate dalle auto a combustione interna), una mancata contestualizzazione dei "fattori al contorno" ne sta purtroppo limitando un ampio utilizzo, anche a causa di alcune incomprensioni di fondo circa limiti ed opportunità di una transizione necessaria con i motori a combustione interna ma che deve avvenire in maniera equilibrata, settore per settore, applicazione per applicazione in maniera pesata sotto vari punti di vista (e.g.: emissioni dirette, emissioni indirette, total life cycle emissions, total life cycle cost, sostenibilità, riciclo, ecc.).

Non ragionare in maniera equilibrata e step by step nel campo dell'auto non sta molto favorendo lo sviluppo esponenziale dell'auto elettrica (quantomeno come ce lo si aspettava) ed al contempo sta frenando e penalizzando l'intero comparto automobilistico con motori a combustione interna che di fatto è di fronte ad una riconversione epocale che non potrà avvenire in breve tempo nonostante tutto l'impegno profuso e le politiche a sostegno.

Nel caso delle pompe di calore, probabilmente dovremmo prendere spunto da quanto alcuni settori come l'auto stanno insegnandoci, poiché probabilmente, con opportuni adattamenti potrebbero valere simili considerazioni, ovvero: ad esempio pensare di sostituire caldaie o dispositivi elettrici in interi settori che magari utilizzano temperature di processo dai 200 ai 400 °C, con anche le migliori tecnologie HTHP e VHTHP disponibili, potrebbe risultare una utopia che non solo non darebbe risultati apprezzabili nell'immediato (ad esempio per indisponibilità di tecnologie realmente sostitutive sotto tutti i punti di vista), ma anche rischierebbe di raffreddare bruscamente interessi ed entusiasmi del mondo industriale verso le pompe di calore.

CAMPI DI TEMPERATURA RICHIESTI A SECONDA DEI DIVERSI SETTORI E PROCESSI INDUSTRIALI



Technology Readiness Level (TRL):

- Conventional HP <80°C, established in industry
- Commercial available HP <80°C, established in industry
- Prototype status, technology development, HTHP 100 - 140°C
- Laboratory research, functional models, proof of concept, VHTHP >140°C

DIAGRAMMA 3 - Possibile rappresentazione grafica dei campi di temperature delle tre diverse tipologie di pompe di calore a seconda dei settori applicativi. Fonte: "High temperature heat pumps: Market overview, state of the art, research status, refrigerants, and application potentials", autori C. Arpagaus, F. Bless, M. Uhlmann, J. Schiffmann, and S. S. Bertsch. [11]

Generatori a condensazione efficienti e digitali: una possibilità ad alto valore aggiunto per temperature di processo basse e medie

In un approccio sempre di più orientato all'elettificazione dei sistemi di generazione attraverso l'impiego crescente di soluzioni tecnologiche in pompa di calore, il generatore a condensazione continua ad essere una valida alternativa per ottenere risparmi considerevoli di energia con conseguente riduzione dell'impronta di CO₂, sia impiegato da solo che combinato con pompe di calore in un impianto ibrido, nell'ambito di processi industriali che richiedono basse e medie temperature (fino a 95 °C). I generatori a condensazione più evoluti nascono come apparecchi uniti, ovvero già completi di bruciatore tarato a caldo in fabbrica e caratterizzato da emissioni inquinanti ed assorbimenti elettrici estremamente ridotti, nell'ottica di un'ottimizzazione complessiva dell'efficienza. Come ulteriore, ma non meno importante contributo all'ambiente di tale soluzione, occorre considerare che il bruciatore è spesso già predisposto per funzionare con metano di origine totalmente naturale (il cosiddetto biometano, estratto dal biogas derivante da processi di digestione anaerobica di rifiuti organici), oppure idrometano, costituito da una miscela fino al 20% di idrogeno e metano di origine fossile o biologica.

TECNOLOGIA DELLE CALDAIE A CONDENSAZIONE

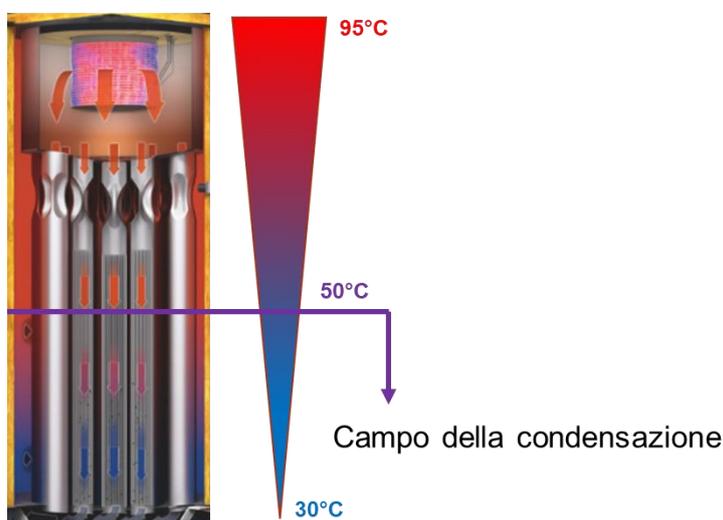


FIGURA 5 - Immagine esemplificativa non esaustiva del principio di funzionamento di una caldaia a condensazione. Grazie all'elevato scambio termico e alla stratificazione di temperatura, un moderno generatore a condensazione consente di sfruttare sia il calore sensibile che il calore latente di condensazione associato al vapore acqueo presente nei gas combusti, elevando il rendimento.

Tecnicamente, il generatore a condensazione presenta delle superfici di scambio termico particolarmente sviluppate ed efficienti, grazie anche all'impiego di accorgimenti particolari quali tecnologie composite che combinano materiali estremamente resistenti alla corrosione, come l'acciaio INOX, con altri caratterizzati da un'elevata conducibilità termica, quali l'Al/Si al fine di garantire, grazie anche ad altri accorgimenti costruttivi finalizzati a mantenere una parte dello scambiatore alla minima temperatura che il sistema di distribuzione mette a disposizione (corpo caldaia ad elevata stratificazione di temperatura), la massima affidabilità di esercizio e un'elevata efficienza di scambio. Tale efficienza di scambio ha un duplice effetto: miglioramento del rendimento anche quando la caldaia è in funzionamento con temperature di ritorno elevate, in quanto i gas combusti vengono espulsi ad una temperatura maggiore da 3 a 15 °C rispetto alla temperatura di ritorno nel generatore, sfruttando al meglio il cosiddetto calore sensibile, ma soprattutto consentire la condensazione del vapore acqueo presente nei gas combusti come prodotto della combustione quando la temperatura dei gas combusti viene portata al di sotto dei 56 °C (se il combustibile è gas metano), rispettivamente al di sotto dei 45 °C (se il combustibile è gasolio), recuperando così anche il calore latente legato alla transizione di fase dell'acqua dallo stato gassoso (vapore) allo stato liquido. L'abbinamento del generatore a condensazione ad una pompa di calore a bassa temperatura in un impianto ibrido consente, in determinate condizioni, di abbattere ancora più efficacemente il fabbisogno di energia primaria e conseguentemente le emissioni di CO₂.

In ogni caso, è essenziale garantire la corretta gestione delle varie componenti di impianto grazie all'utilizzo di sistemi di termoregolazione digitali che, sfruttando la modularità, vengono messi in campo in funzione delle specifiche esigenze dell'impianto ed integrano non solo la gestione dei generatori e degli utilizzatori, ma anche i sistemi di contabilizzazione dei flussi di energia in ingresso ed in uscita; di più, possono essere interfacciati ad una piattaforma di gestione remota in ambiente cloud che consente di implementare la soluzione con servizi digitali innovativi, quali la manutenzione remota predittiva erogata dai partner service e, grazie alla storicizzazione dei parametri di funzionamento e di misurazione, un vero e proprio energy management attraverso l'intervento remoto di un tecnico specializzato, ma anche utilizzando algoritmi di ottimizzazione automatici in funzione, ad esempio, delle previsioni meteorologiche.

Caldaie a vapore

Quando la temperatura richiesta dall'impianto non può essere raggiunta nemmeno con l'installazione di una caldaia a condensazione, è necessario ricorrere all'utilizzo di generatori di vapore o di acqua surriscaldata.

Il vapore è un vettore energetico performante, impiegato in numerosi settori industriali, sia in modo diretto, sia indirettamente come mezzo per trasferire calore ad altri fluidi. Il vantaggio del vapore è la possibilità di regolare facilmente la pressione, parametro direttamente proporzionale alla temperatura: questa relazione consente un controllo preciso dell'energia erogata a parità di volume.

I generatori di vapore di ultima generazione sono dotati delle più avanzate soluzioni tecnologiche, compresi sistemi per il recupero energetico e per la riduzione delle emissioni, garantendo così continuità ai processi produttivi nelle migliori condizioni operative e contribuendo in modo significativo alla riduzione dei consumi e dei costi energetici.

Il vapore può essere prodotto impiegando una vasta gamma di combustibili disponibili sul mercato: dai combustibili fossili tradizionali a fonti rinnovabili come biogas o biodiesel. In questi ultimi due casi, il processo rientra pienamente negli obiettivi della direttiva RED III (Renewable Energy Directive).

I moderni generatori di vapore sono inoltre equipaggiati con sistemi di recupero del calore sensibile, aumentando così l'efficienza complessiva dell'impianto stesso. Inoltre, le caldaie a vapore operando a pressioni elevate e temperature comprese tra i 150 e i 200 °C sono dotate di un adeguato isolamento termico dell'involucro, del circuito fumi, delle porte e degli allacciamenti idraulici, per minimizzare le dispersioni di calore.

Attraverso l'installazione di specifici dispositivi, inoltre, è possibile ottenere un risparmio energetico complessivo fino a circa il 20%. Tra questi dispositivi vi sono:

- Economizzatore: recupera il calore dai fumi di scarico per preriscaldare l'acqua di alimentazione. È compatto, integrato nel corpo caldaia, e può incrementare il rendimento fino al 5%;
- Condensatore: scambiatore termico che recupera calore a bassa temperatura dalla condensazione dei fumi. Installato a valle dell'economizzatore, può portare un ulteriore incremento del rendimento, fino al 7%;
- Accessori per il bruciatore: l'adozione di soluzioni tecniche che ottimizzano la combustione contribuisce a mantenere alte le prestazioni, ridurre i consumi e rispettare i limiti normativi in tema di emissioni, come previsto dal D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

Un generatore di vapore è in grado di produrre vapore saturo — in equilibrio tra le fasi liquida e gassosa — che può eventualmente essere surriscaldato a temperature superiori a quella di ebollizione. La classificazione dei generatori si basa sulla pressione operativa:

- Bassa pressione: fino a 1 bar
- Media pressione: fino a 15 bar
- Alta pressione: da oltre 15 bar fino a 100 bar
- Altissima pressione: oltre i 100 bar

Le caldaie industriali si possono suddividere principalmente in due tipologie:

- Caldaie a tubi di fumo: in queste caldaie, il corpo metallico contiene sia la camera di combustione sia i tubi attraverso cui scorrono i fumi caldi generati dalla combustione. Durante il loro passaggio, i fumi cedono calore all'acqua circostante, contribuendo alla produzione di vapore.
- Caldaie a tubi d'acqua: in questo caso, è l'acqua a scorrere all'interno dei tubi, venendo riscaldata direttamente dal calore prodotto dal bruciatore. A questa categoria appartengono anche le caldaie rapide o a vaporizzazione istantanea, ideali per risposte immediate alla richiesta di vapore.

Nelle applicazioni industriali, la soluzione più diffusa è rappresentata dalle caldaie a tre giri di fumo con fiamma passante, caratterizzate da un ampio volume d'acqua. Questa configurazione offre diversi vantaggi:

- maggiore rendimento termico;
- minori emissioni di NOx (ossidi di azoto), con valori inferiori a 80 mg/Nm³;
- miglior capacità di risposta alle variazioni di richiesta di vapore durante il funzionamento.

Fondamentale per tali tipologie di generatori un idoneo trattamento dell'acqua: l'acqua di alimentazione deve essere sottoposta a trattamenti chimico-fisici specifici per prevenire fenomeni di corrosione, formazione di fanghi o incrostazioni.

Tutto questo permette di ottenere efficienze di generazione molto elevate fino a valori in taluni casi superiori al 100% rispetto al potere calorifico inferiore.

Cogenerazione e trigenerazione: in molti processi industriali una grande opportunità di efficienza energetica e sostenibilità, abbinabile ai recuperi dei cascami termici

In determinate situazioni, quando i profili di carico lo permettono e le simulazioni di efficienza energetica del sistema, relative al funzionamento previsto su base annuale, forniscono risultati analitici positivi, l'utilizzo di impianti di cogenerazione può consentire la produzione combinata di elettricità e calore, incrementando l'efficienza energetica complessiva.

Gli impianti di cogenerazione trovano una collocazione ottimale quando sono installati a supporto di impianti già esistenti, migliorandone l'efficienza e il rendimento economico. Tuttavia, possono anche operare come sistemi autonomi, specialmente nelle applicazioni industriali. In generale, rappresentano una soluzione ideale per sistemi che richiedono costantemente energia termica ed elettrica in proporzioni e tempistiche adatte a questa tecnologia.

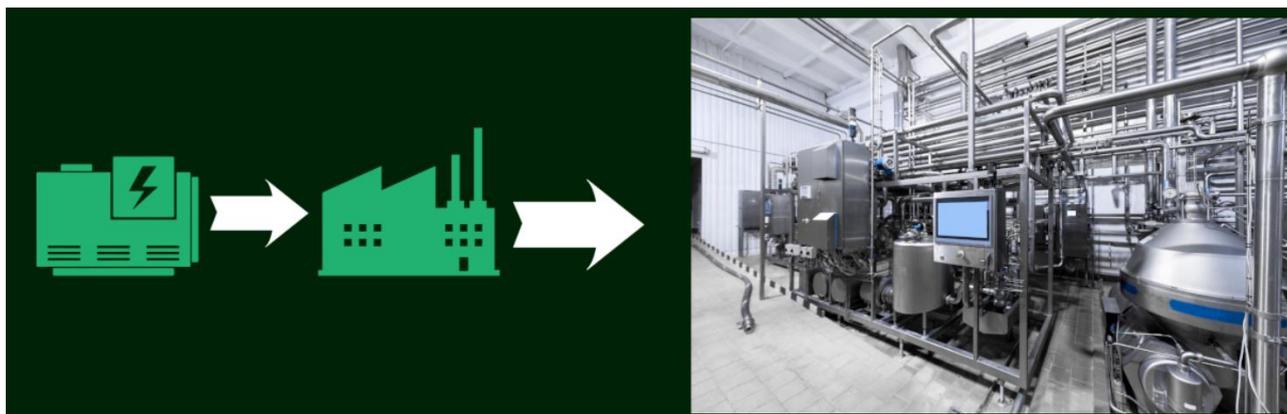


FIGURA 6 - Immagine esemplificativa non esaustiva dell'inserimento del cogeneratore in ambiente industriale

Cogenerazione Tradizionale

La cogenerazione tradizionale (inclusa la micro-cogenerazione) si basa sulla produzione di energia termica e calore a partire da un'unica macchina, spesso alimentata a metano (o biogas, per gli impianti che utilizzano la digestione di materiali organici). Internamente, si caratterizza per una soluzione in grado di trasformare l'energia in ingresso in energia termica ed elettrica, che vengono poi indirizzate verso il sistema utente in cui l'impianto è installato.

La cogenerazione tradizionale si basa principalmente sull'uso di motori a combustione interna (MCI), anche se esistono altre tecnologie, come:

- Sistemi a celle a combustibile (meno diffusi)
- Motori a combustione esterna (meno recenti)
- Sistemi ORC (Organic Rankine Cycle) per grandi produzioni elettriche in contesti complessi, che richiedono impianti a monte più elaborati.

Funzionamento dei Motori a Combustione Interna

Nella cogenerazione tradizionale, i motori a combustione interna azionano un alternatore (generatore) per produrre energia elettrica. Inoltre, sono una fonte di energia termica, recuperata dal monoblocco motore e dal circuito di scarico dei fumi.

Il recupero termico consente di utilizzare un'energia che, nelle normali applicazioni di generazione statica (come i generatori elettrici convenzionali), verrebbe dispersa. Con questo sistema, invece, si ottimizzano i prodotti della combustione, fornendo all'utente:

- Energia termica per supportare i carichi termici (anche in aggiunta ad altri generatori, tradizionali o meno)
- Energia elettrica, che può essere utilizzata per l'autoconsumo o venduta alla rete in caso di produzione in eccesso.

Vantaggi e Versatilità della Cogenerazione

La cogenerazione è una soluzione che può affiancarsi agli impianti tradizionali, contribuendo all'ottimizzazione del sistema del cliente. Permette una produzione di energia termica (il più possibile costante durante l'anno) e la corrispondente produzione di energia elettrica, che può essere facilmente monetizzata.

La cogenerazione (e micro-cogenerazione) è una soluzione valida nella transizione energetica grazie alla sua versatilità, che consente:

- Efficientamento nella produzione di energia termica, anche con temperature di impianto superiori a 75°C.
- Integrazione con impianti a pompa di calore HTHP (High Temperature Heat Pumps) e VHTHP (Very High Temperature Heat Pumps), sempre più presenti anche in applicazioni industriali e produttive.

In quest'ultimo scenario, la cogenerazione è vantaggiosa perché:

- Produce energia termica a temperature che le attuali pompe di calore non sempre riescono a raggiungere con elevata efficienza.
- L'energia elettrica generata può compensare i consumi sia dei normali carichi elettrici dell'edificio (o complesso) sia i consumi elettrici dei generatori per la climatizzazione invernale o estiva.

La cogenerazione offre quindi un'ampia gamma di applicazioni per clienti energivori, consentendo sia un risparmio economico che un efficientamento dei sistemi.

In se bisogna inoltre ricordare quanto la cogenerazione permetta un effettivo abbattimento delle emissioni inquinanti, grazie all'uso di sistemi di catalizzazione, che consentono di ottenere una riduzione delle emissioni, se paragonate a sistemi tradizionali di produzione energia.

Incentivi e Sostenibilità Economica

La presenza di incentivi e sostegni economici (come i Certificati Bianchi per la Cogenerazione ad Alto Rendimento, forniti dal GSE - www.gse.it) supporta l'investimento, rendendo la cogenerazione una soluzione ottimale per l'integrazione di impianti, sia quelli a combustione tradizionali esistenti sia le nuove tecnologie presenti sul mercato.

L'utilizzo di soluzioni di micro-cogenerazione, inoltre, sono applicabili anche nei contesti CER (Comunità Energetica Rinnovabile), previo il rispetto di determinati requisiti di rendimento e performance.

Limiti della Cogenerazione

Uno dei principali limiti della cogenerazione è che sia l'energia termica che quella elettrica prodotte devono trovare profili di assorbimento adeguati a ottenere elevati livelli di rendimento complessivo. Questo non è sempre possibile per molti processi che, per loro natura, possono presentare carichi termici ed elettrici disallineati, intermittenti e difficilmente programmabili. Tuttavia, quando i profili di carico lo consentono, la cogenerazione rimane una soluzione spesso insuperabile.

Trigenerazione

La trigenerazione estende i vantaggi della cogenerazione producendo anche freddo attraverso l'uso di assorbitori. Questa soluzione è particolarmente utile in settori con elevata domanda di raffreddamento e riscaldamento contemporanea, come l'industria alimentare. Anche in questo caso, è fondamentale che l'energia termica, frigorifera ed elettrica prodotta trovino profili di assorbimento adeguati per ottenere elevati livelli di rendimento complessivo.

Il recupero dei cascami termici

Gli scambiatori di calore possono essere utilizzati per recuperare il calore dai fumi di scarico dei processi industriali. Questo calore può essere riutilizzato per il riscaldamento di ambienti, acqua o per altri processi produttivi.

Anche l'installazione di economizzatori sui sistemi di combustione consente di pre-riscaldare l'acqua di alimentazione delle caldaie, migliorando l'efficienza complessiva, poiché i bruciatori della caldaia lavoreranno per meno ore, visto che il salto termico da produrre (essendo l'acqua in ingresso preriscaldata dall'economizzatore) sarà minore. Il recupero del calore di scarto industriale, infine, anche in abbinamento alle 3 tecnologie appena descritte (Caldaie a condensazione, cogenerazione, trigenerazione) consentirebbe infatti alle aziende industriali di aumentare la loro efficienza energetica, riducendo così l'impatto ambientale e migliorando la competitività e la sicurezza energetica per l'intera comunità. Tuttavia, i progetti di recupero del calore di scarto, in generale nel mondo industriale, presentano ancora un enorme potenziale di ottimizzazione. Il loro tasso di implementazione è ancora basso e la dissipazione del calore in atmosfera è ancora una prassi molto utilizzata attraverso unità di tipo dry coolers, torri evaporative, condensatori remoti, free coolers e quant'altro.

Infine, tramite le tecnologie HP (Heat Pumps), HTHP (High Temperature Heat Pumps) e VHTHP (Very High Temperature Heat Pumps) applicate ai cascami termici per catturare e riutilizzare il calore residuo generato nei processi industriali si sono fatti in questi anni passi da gigante e dunque è auspicabile l'industria ponga sempre più in primo piano queste tecnologia sia per la generazione di energia termica che nei recuperi termici proprio partendo dal "Waste Heat" che di fatto passa da fonte di spreco e costo a fonte di risparmio energetico ed economico per l'industria direttamente ed indirettamente per l'uomo e per l'ambiente. Un esempio straordinario di questo è certamente l'impianto di recupero calore dei fumi del "Waste to Heat" plant di Brescia realizzato da A2A.

Conclusioni

In conclusione quindi, la messa in campo di strategie di efficientamento, recupero energetico e decarbonizzazione degli impianti termici nell'industria è una strada percorribile con numerose tecnologie ormai mature e disponibili perlomeno fino agli 80-100 °C attraverso le tecnologie HP (Heat Pumps = Pompe di Calore) ed HTHP (High Temperature Heat Pumps = Pompe di Calore ad Alta Temperatura), possibilmente alimentate da energia 100% rinnovabile (es. Fotovoltaico, Idroelettrico, Eolico, ecc.) e funzionanti con refrigeranti naturali (es. Ammoniaca (R717), Anidride Carbonica (R744) o Propano (R290)).

Tale limite di temperatura (80-100 °C) si sta sempre più alzando, attraverso le VHTHP (Very High Temperature Heat Pumps = Pompe di Calore ad Altissima Temperatura), che sono già in grado, in maniera efficiente e a basse emissioni, di arrivare a 120 °C e oltre i 160 °C in un breve futuro come prospettato dalla IEA che attraverso la pubblicazione ANNEX 58 - High-Temperature Heat Pumps (Agosto 2023).

Laddove, dunque, non sia ancora possibile sostituire integralmente, per le alte temperature richieste, nel campo industriale, sistemi a combustione obsoleti (tipicamente non a condensazione e con controlli rudimentali) con sistemi solamente a pompa di calore, la combinazione delle pompe di calore con tecnologie come le caldaie a condensazione di ultima generazione, i recuperi termici lato fumi, gli economizzatori, la cogenerazione e la trigenerazione (laddove applicabili efficientemente) costituirà comunque un grande passo in avanti ed abilitante per ridurre gli sprechi e condurci gradualmente verso una società decarbonizzata anche nel campo industriale, garantendo così maggiore sostenibilità e competitività all'industria Europea.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano i Soci ANICA per il contributo tecnico nella realizzazione del presente technical focus, ed in particolare, per i contributi editoriali tecnico specialistici:

- BNY ENGINEERING, nella persona di Ing. Nicola Bettio, per il contributo tecnico nella sezione "POMPE DI CALORE";
- HOVAL, nella persona di Ing. Andrea Maffezzoli, per il contributo tecnico nella sezione "CALDAIE A CONDENSAZIONE EFFICIENTI, DIGITALI";
- GREEN POWER TECHNOLOGIES, nella persona dell' Ing. Torri Roberto Pietro, per il contributo tecnico nella sezione "COGENERAZIONE E TRIGENERAZIONE";
- EM FORMAZIONE, nella persona di Ing. Elisabetta Mazzi, per la rilettura critica ed il contributo nella sezione Caldaie a Vapore.

BIBLIOGRAFIA

- [1] IEA (International Energy Agency). Technology Collaboration Programme on Heat Pumping Technologies (HPT TCP) “Annex 58 High Temperature Heat Pumps Task 1 – Technologies Task Report”;
- [2] DIRETTIVA RED III (UE) 2023/2413 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 18 ottobre 2023 che modifica la direttiva (UE) 2018/2001, il regolamento (UE) 2018/1999 e la direttiva n. 98/70/CE per quanto riguarda la promozione dell'energia da fonti rinnovabili e che abroga la direttiva (UE) 2015/652 del Consiglio;
- [3] DIRETTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 19 maggio 2010 sulla prestazione energetica nell'edilizia;
- [4] DIRETTIVA (UE) 2018/844 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 30 maggio 2018 che modifica la direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia e la direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica;
- [5] DIRETTIVA (UE) 2024/1275 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 24 aprile 2024 sulla prestazione energetica nell'edilizia, cosiddetta EPBD IV, nota come "Case Green", è l'aggiornamento delle normative europee per la riduzione delle emissioni degli edifici, puntando a un parco immobiliare a emissioni zero entro il 2050. Introduce obiettivi ambiziosi come edifici nuovi a emissioni zero dal 2028 per il pubblico e dal 2030 per i privati, e prevede un Passaporto di Ristrutturazione per pianificare interventi e migliorare l'efficienza energetica;
- [6] Net-Zero Industry Act: Accelerating the transition to climate neutrality. Regulation (EU) 2024/1735 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 on establishing a framework of measures for strengthening Europe's net-zero technology manufacturing ecosystem and amending Regulation (EU) 2018/1724;
- [7] IEA (International Energy Agency) - Tracking Clean Energy Progress 2023 (<https://www.iea.org/reports/tracking-clean-energy-progress-2023>);
- [8] IEA (International Energy Agency) - Net Zero Emissions by 2050 Scenario (NZE) (<https://www.iea.org/reports/global-energy-and-climate-model/net-zero-emissions-by-2050-scenario-nze>);
- [9] IEA (International Energy Agency) - The Future of Heat Pumps (<https://www.iea.org/reports/the-future-of-heat-pumps>);
- [10] EHPA (European Heat Pump Association) - "Integrating technologies to decarbonise heating and cooling", European Copper Institute (https://www.ehpa.org/wp-content/uploads/2022/10/White_Paper_Heat_pumps-1.pdf);
- [11] High temperature heat pumps: Market overview, state of the art, research status, refrigerants, and application potentials - Autori: C. Arpagaus, F. Bless, M. Uhlmann, J. Schiffmann, and S. S. Bertsch.



Pubblicazione: TECHNICAL FOCUS - IL CALORE NEL COMPARTO DEI PROCESSI INDUSTRIALI

Data di emissione: APRILE 2025

Copyright © 1981 - 2025 ANICA - ASSOCIAZIONE NAZIONALE INNOVAZIONE COMFORT AMBIENTE

Tutti i diritti riservati in tutti i Paesi.