



Ricerca di Sistema elettrico

Report su attività di diffusione dei risultati del WP3 - anno 2019

G. Boccardi, F. D'Annibale, A. Mariani, C. Menale,
M. Pieve, R. Trinchieri, A.C. Violante

REPORT SU ATTIVITA' DI DIFFUSIONE DEI RISULTATI DEL WP3 - ANNO 2019

G. Boccardi, F. D'Annibale, A. Mariani, C. Menale, M. Pieve, R. Trinchieri, A.C. Violante ENEA

Dicembre 2019

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Triennale di Realizzazione 2019-2021 - I annualità

Obiettivo: Tecnologie

Progetto: 1.7. Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali

Work package 3: Pompe di Calore

Linea di attività 27: Diffusione dei risultati anno 2019

Responsabile del Progetto: Claudia Meloni ENEA

Responsabile del Work package: Raniero Trinchieri ENEA

Indice

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 ATTIVITÀ DI NETWORKING.....	5
2.1 PARTECIPAZIONE AGLI HTP – TCP DELL’IEA	5
2.2 PARTECIPAZIONE A WORKSHOP ED INCONTRI TECNICI.....	6
3 PUBBLICAZIONI	7

Sommario

L'attività di diffusione dei risultati del WP3 "pompe di Calore" del progetto 1.7 Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali è stata condotta sia attraverso specifiche azioni di divulgazione in congressi specialistici, sia attraverso il supporto ai Ministeri competenti con la partecipazione a gruppi di lavoro internazionali. A questo proposito, ENEA ha partecipato ai lavori del Technology Collaboration Programme on Heat Pumping Technologies (HPT TPC) dell'IEA, dove ha interagito con partner europei ed extraeuropei nel trasferimento delle conoscenze acquisite. Specificamente, ENEA ha svolto alcune attività nell'ambito dell'annex combinato ECES/HPT "Accelerating Development for the Introduction of an Affordable Domestic Combined Thermal Energy Box", che ha l'obiettivo di accelerare la diffusione sul mercato di sistemi combinati PdC - storage termico. Sono state inoltre monitorate e supervisionate altre attività in corso nel medesimo HPT TCP, recentemente avviate e con numerosa partecipazione di Istituti di Ricerca ed industrie italiane, sulla sostituzione degli attuali refrigeranti sintetici con quelli a basso GWP.

1 Introduzione

Nel corso del 2019, il laboratorio DTE-PCU-SPCT ha svolto un'intensa attività di networking e diffusione delle conoscenze e dei risultati ottenuti nel corso dell'attività di ricerca condotta durante l'annualità in questione. L'attività di networking ha incluso sia partecipazioni ai lavori del programma di collaborazione tecnologico (TCP) dell'IEA sulle pompe di calore (HPT: Heat Pumping Technologies), di carattere istituzionale o a livello di riunioni dedicate ad Annex nei quali l'ENEA è direttamente coinvolta, sia partecipazioni a workshop ed incontri tecnici presso Università e Industrie del settore.

Per quanto riguarda le pubblicazioni, sono stati prodotti sia articoli su rivista che memorie presentate in congressi specialistici. Inoltre, sempre in ambito IEA, è stato prodotto un HPT Member country report per l'Italia, che riporta una panoramica aggiornata sul mercato italiano, sui principali attori che conducono attività di ricerca in Italia, sulle tecnologie più diffuse e studiate.

In questo documento si descrivono e specificano più dettagliatamente le attività sopra elencate.

2 Attività di networking

Si riportano in questa sezione gli eventi con presenza di personale del laboratorio DTE-PCU-SPCT dell'ENEA che hanno avuto come oggetto, sotto vari aspetti (tecnologico, commerciale, di ricerca, ecc.) la tecnologia delle pompe di calore.

2.1 Partecipazione agli HTP – TCP dell'IEA

Le partecipazioni in ambito IEA che hanno visto impegnato personale del laboratorio DTE-PCU-SPCT possono distinguersi in attività di supervisione ai lavori dei vari Annex dell'HTP e di partecipazione diretta agli annex stessi.

Per quanto riguarda la prima tipologia di lavori, ENEA ha partecipato ai due "ExCo Meeting IEA TCP on Heat Pump Technologies" tenutisi nel 2019 a Helsinki (Finlandia) e a Gaithersburg (Stati Uniti).

Ciascuno dei due EXCO meeting è stato preceduto da una giornata di workshop avente lo scopo di presentare alcuni topics di particolare rilievo per la nazione ospitante. In dettaglio, l'ExCo meeting di Helsinki è stato preceduto da "High-level National Heat Pump Event", evento coordinato dalla Associazione delle pompe di calore finlandese. L'evento ha avuto come oggetto principale il ruolo delle pompe di calore nella politica energetica e nella transizione tecnologica verso sistemi più performanti ed ecocompatibili, l'integrazione delle pompe di calore ad altre tecnologie (es solare, eolico, storage) e la loro applicazione alle reti di teleriscaldamento.

Il workshop che ha preceduto l'ExCo meeting di Gaithersburg ha avuto come oggetto l'analisi del mercato, le politiche degli Stati Uniti sulla climatizzazione residenziale e lo stato della ricerca. L'analisi di mercato ha evidenziato, tra l'altro, che le pompe di calore sono installate nel 40% delle case di nuova costruzione negli Stati Uniti e che esse rappresentano circa il 10-15% dell'intero mercato del riscaldamento.

Diverse presentazioni hanno riguardato la mappatura e l'applicazione di refrigeranti a basso GWP.

Le giornate dell'ExCo sono state dedicate, come da prassi, alla condivisione di informazioni sullo stato aggiornato dei vari Annex in corso di svolgimento (durante il cosiddetto Information Meeting) e alla discussione e ratifica dei deliverables previsti dall'iter di esecuzione di ciascuno di essi (durante il Decision Meeting).

Durante l'ExCo meeting di Helsinki, si segnala l'ingresso della Cina come nuovo paese membro del TCP.

Tra gli altri annex, è stato presentato lo stato di avanzamento di quello relativo all'integrazione delle PdC con altre tecnologie in sistemi compatti (Annex 55: "Confort and Climate Box - Speeding up market development for integrating heat pumps and storage packages") a cui partecipa l'ENEA insieme ad altri istituti italiani.

Durante il meeting di Gaithersburg, ha avuto particolare rilievo l'annex relativo ai refrigeranti a basso GWP (Annex 54: "Heat Pump system with low GWP refrigerants"), nel quale sono coinvolti ben quattro partecipanti italiani, di cui uno industriale, due universitari e il CNR.

Infine, durante questo ExCo meeting è stato deciso l'avvio dell'Annex 56 riguardante l'"Internet of things for Heat Pumps", che al momento non prevede la presenza di Istituti italiani, pur avendo riscosso un buon interesse presso alcuni produttori nazionali.

In merito all'Annex 55 "Confort and Climate Box - Speeding up market development for integrating heat pumps and storage packages" a cui l'ENEA partecipa direttamente, nel mese di ottobre si è svolto un incontro tecnico di aggiornamento presso il Fraunhofer Institute di Friburgo. Durante i lavori sono stati presentati i possibili progetti nazionali che possono dare un contributo al raggiungimento degli obiettivi dell'Annex. Tra tali progetti dovrebbe rientrare anche quanto realizzato in alcune LA del WP3 del progetto 1.7. "Tecnologie per la penetrazione efficiente del vettore elettrico negli usi finali" - Piano Triennale di realizzazione 2019-2021.

A conclusione della panoramica sulle attività ENEA afferenti le pompe di calore in ambito IEA si segnala la partecipazione all'"Italian IEA TCP day", svoltosi nel mese di novembre 2019 a Roma.

In tale occasione, nell'intervento relativo all'Heating Pumping Technologies, si è rimarcato come la diffusione delle pompe di calore, in linea con l'obiettivo PNIEC dell'elettrificazione dei consumi, può contribuire anche alla de-carbonizzazione e all'efficientamento del sistema energetico nazionale. Si è inoltre sottolineato che l'Italia partecipa a 6 annex su 12 (di cui 5 tra i più recenti) e che i principali obiettivi dell'HPT nel suo complesso devono indirizzarsi alla de-carbonizzazione, alla ricerca e innovazione su fluidi a basso potenziale di riscaldamento globale (GWP), all'elettrificazione, all'integrazione delle rinnovabili, alla riduzione della spesa energetica. Durante l'analisi dell'attività IEA si è inoltre sottolineato come stia crescendo l'interesse e il contributo dell'industria ai progetti e alla diffusione delle tecnologie. I temi che riscuotono maggiore interesse in ambito industriale sono i fluidi a basso potenziale di riscaldamento globale (GWP), Internet of Things, pompe di calore a gas. Infine, è stata comunicata la costituzione del Tavolo di Filiera delle pompe di calore per gli obiettivi 2030 del PNIEC, a cui partecipano molti attori della filiera (utenti, produttori, progettisti, installatori, produttori e distributori di energia elettrica) per affrontare le problematiche che oggi ostacolano o rallentano lo sviluppo e la diffusione delle pompe di calore.



Figura 1. Partecipanti all'Italian IEA TCP Day . ENEA-RSE , Roma, 25 novembre 2019

2.2 Partecipazione a workshop ed incontri tecnici

Nell'anno solare 2019, ENEA ha partecipato ad alcuni workshop ed incontri tecnici sul tema delle pompe di calore. Durante l'evento "Refrigera", svoltosi a Piacenza tra il 20 e il 22 febbraio, è emerso, nel corso dei numerosi spazi di diffusione e nelle conferenze, il complesso tema dei refrigeranti. Su di esso, produttori, fornitori e costruttori di macchine per la refrigerazione e la climatizzazione hanno presentato una serie di proposte che ha evidenziato la vastità del problema della sostituzione degli attuali refrigeranti con altri che siano contemporaneamente efficienti ed a elevata compatibilità ambientale.

Nel mese di settembre 2019, si è tenuto un incontro tecnico presso l'Università di Bologna, per discutere lo stato di avanzamento del WP3 del progetto 1.7 del PTR 2019-2021. I principali temi trattati durante l'incontro tecnico sono stati lo studio dei sistemi integrati, per via modellistica e sperimentale, lo studio di sistemi di sbrinamento e di controllo del brinamento di elevata efficienza, la realizzazione, gestione e monitoraggio di sistemi geotermici a servizio di pompe di calore.

3 Pubblicazioni

Nel corso dell'anno 2019 è stata prodotta una pubblicazione su rivista e due pubblicazioni a congresso.

La pubblicazione su rivista è "The heat-pump market in Italy: an in-depth economic study about the reasons for a still unexpressed potential" degli autori M. Pieve, R. Trinchieri, pubblicata su Clean Energy, Volume 3, Issue 2, giugno 2019, Pages 126–143 (doi: 10.1093/ce/zkz002). L'articolo è stato pubblicato on-line nel marzo 2019 sul sito dello stesso editore.

Di seguito si riporta l'abstract della pubblicazione:

In this paper, the Italian heat-pump (HP) market is presented, with an overview over the past 10 years. In order to highlight market potential and barriers, a comparison is proposed between the economic performances of two different heating and domestic hot-water systems, air-to-water HPs and condensing boilers, based on several factors, such as energy costs, thermal loads, climatic conditions, HP-performance classes and some economic indicators such as the payback time and the interest rate. The results are presented in a parametric form, which may be profitably used for a comparative analysis with other European countries. The first part of the paper deals with the analysis of the current Italian HP market, to show its still unexpressed potential. The second part analyses the HP economic convenience with respect to the most commonly used heating technology, i.e. the gas boiler, under conditions typical of the Italian climate. The comparison is carried out in terms of two economic indicators: additional acceptable cost and net present value. The main results show that HP technology is economically competitive in most Italian climatic zones, with a strong dependence on the HP-performance class. In particular, if the best-performing class was adopted, economic gains would be guaranteed over the gas boiler, even with significant variations in the main influencing variables. Thus, the economic issue does not seem to be a limiting factor for HP technology diffusion, at least if the current incentives are maintained. Rather, some other barriers should be removed, such as the supply chain, the training of installation personnel and the final-user awareness.

Gli argomenti trattati nel suddetto articolo sono strettamente attinenti a quelli trattati in alcune LA del WP3. In effetti, alcuni dei risultati riportati nel documento sono stati inclusi nel rapporto tecnico (Report RdS/PTR2019/024) relativo alla LA 3.7, in cui tra gli altri, sono stati estesamente trattati i temi del mercato delle PdC in Italia (con dati però aggiornati a fine 2019) e il potenziale di diffusione della tecnologia.

Sui medesimi argomenti, ossia trend di mercati in Italia e potenziale di diffusione della tecnologia delle PdC, è incentrata anche la pubblicazione, prodotta per IEA, dal titolo "HPT Member country report 2018", che riporta una panoramica sul mercato italiano, sui principali attori che conducono attività di ricerca in Italia, sulle tecnologie più diffuse e studiate, sui programmi di ricerca in svolgimento. Il documento è stato redatto dagli autori M. Pieve e R. Trinchieri con il contributo di S. Minetto (CNR-ITC), L. Molinaroli e T. Toppi (Politecnico di Milano), M. Barla (Politecnico di Torino), G. Besagni e L. Croci (RSE SpA), R. Lazzarin (Università di Padova), G. Pagliarini (Università di Parma), L. Schibuola (Università di Venezia).

Di seguito si riporta il Sommario del documento.

Italian HP market is one of the most important in Europe, in terms of number of unit sold, but its potential is still largely unexpressed. In fact, a big share of market concerns low thermal capacity air-air devices, predominantly used for cooling applications. In the past three years the air-water HP sales increased by more than 27%.

Main competing system in the heating sector is the gas boiler.

The constant increase of electricity costs, compared to the rather stable gas cost in the past ten years, could result in a cut down of the HP diffusion.

Italian climate would allow a profitable use of heat pumps, but relevant obstacles to their diffusion must be overcome, such as the high capital costs and suitability to renovation building and new constructions with low heating thermal loads.

Key messages

- *Incentive policies are expected to increase market penetration of HPs in the residential sector.*
- *A further boost of the HPs diffusion may come from their integration with other technologies, as gas boilers (hybrid HPs) and solar (PV-PVT) collectors.*
- *Research activities on HPs are ongoing all over the country, both among the research institutes and the industrial companies.*

Nel corso del 2019 sono stati presentati due articoli al 37th UIT Heat Transfer Conference, tenutasi a Padova da 24 al 26 giugno 2019, sulla tecnologia delle pompe di calore. Di seguito si riportano i titoli, gli autori e i relativi abstract.

- **Experimental analysis of a CO₂ heat pump for instantaneous domestic hot water production**
Autori: R. Trinchieri, M. Pieve, G. Boccardi, N. Calabrese, P. Rovella e L. Saraceno
Abstract. The performance of a CO₂ (R744) heat pump (HP) depends strongly on the application and on the environmental operating conditions. In particular, the CO₂ HP becomes competitive compared to traditional heat pumps using halogenated refrigerants in applications characterized by a high hot water demand (hospitals, sport centres, etc.). This paper deals with the experimental analysis of an air-to-water commercial R744 HP tested in ENEA laboratories for instantaneous production of domestic hot water (DHW). The results show that HP efficiency is strongly affected by the inlet water temperature at the gas cooler. A test equipment capable of maintaining the ambient temperature at a desired value (between -10 °C and +20 °C), and managing water flow and water temperature (between 15 °C and 45 °C) is used to evaluate the machine COP as a function of the boundary conditions (inlet gas cooler water temperature, water flow rate, external ambient temperature). The analysis shows the considerable potential of R744 heat pumps for the instantaneous production of DHW, combining a high performance and relevant energy saving. As well, it points out that, to maximize the COP it is necessary to combine the HP with a high stratification storage system, which ensures a suited inlet water temperature, and with a correct value of water flow.
- **A new semi-empirical correlation for driving mass-flow rate calculation through ejectors for CO₂ heat pumps. Comparison with predictions of other methods.**
Autori: G. Boccardi, G. Lillo, R. Mastrullo, A. W. Mauro, M. Pieve e R. Trinchieri
Abstract. Carbon dioxide (CO₂) is an interesting substitute of traditional HFCs in vapor compression systems, due to its environmentally friendly characteristics: zero ODP and extremely low GWP. Nevertheless, the use of CO₂ heat pumps in residential heating and cooling applications actually is still limited, due to the different operating conditions of gas cooling, they can perform significantly worse than conventional.
The use of ejection systems for the fluid expansion in a refrigeration cycle can contribute to recovery part of the mechanical energy otherwise dissipated as friction, leading to significant benefits in terms of performance. The ejector sizing is a critical point for the balancing of components and the correct operation of the CO₂ heat pump; in this regard, the availability of reliable methods for calculating the motive flow rate would be useful. In recent years, ENEA Laboratory DTE-PCU-SPCT of the Casaccia research center, along with the Industrial Engineering Department of Federico II University of Naples, carried on a project aimed at evaluating experimentally the effect of several ejectors geometries on the global performance of a CO₂ heat pump working with a transcritical cycle.
This paper presents a new semi-empirical correlation for the ejector primary mass flow rate calculation, developed by the experimental data, based on the hypothesis of isentropic and choked flow. The correlation is then tested on other experimental data available in the literature for different

ejectors. Finally, the predictions are compared to others semi-empirical correlations present in the literature.