



COMPETIȚIA DE PROIECTE DE CERCETARE AOSR-TEAMS II



Integrarea soluțiilor digitale pentru controlul parametrilor de funcționare în instalațiile de producere a energiei electrice și căldurii cu zero emisii de CO₂

Asigurarea confortului termic unui spațiu locativ existent fără acces la utilitățile publice

Echipa de cercetare:

As. dr. ing. Daniel DIMA

Drd. ing. Mihnea COSTIN

Drd. ing. Adalia CHELMUȘ

Director proiect:

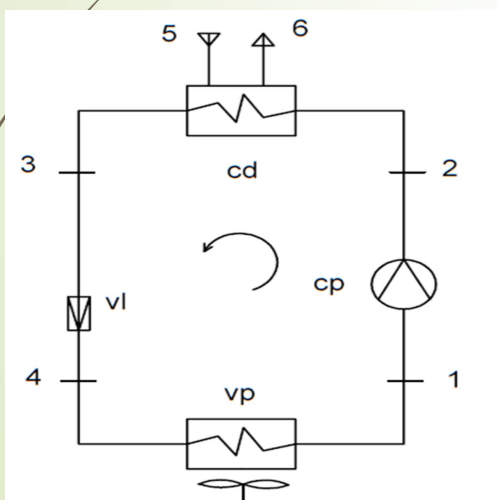
Conf. dr. ing. Cătălina DOBRE

Perioada	Obiective	Activități	Rezultate livrate pe etapă
<p style="text-align: center;">1 Iulie 2023 – 29 Noiembrie 2023</p>	<p style="text-align: center;">Optimizarea structurală și funcțională a ciclurilor pompelor de căldură, bazată pe criterii exergoeconomice</p> <p style="text-align: center;">(în curs de desfășurare la momentul depunerii prezentului raport)</p>	<p>A3.1. <i>Simularea ciclurilor pompelor de căldură</i> pentru încălzirea spațiilor și prepararea apei calde menajere utilizând agenți de lucru care fac parte din biosfera naturală (CO₂ și NH₃)</p> <p>A3.2. <i>Analiza sistemelor de pompă de căldură</i> urmărind ireversibilitățile locale prezente în procesele termodinamice și influența lor asupra ireversibilității globale a sistemului</p>	<p style="text-align: center;">Raport de cercetare științifică privind caracteristicile sistemului de producere a căldurii necesare locuinței</p>

1. Descrierea echipamentului de pompă de căldură

Pompele de căldură sunt sisteme energetice cu ajutorul cărora se pot încălzi sau răci spații, în funcție de anotimp.

Acestea funcționează după un ciclu frigorific, fiind alimentate cu energie electrică. Deși în aplicațiile de încălzire a spațiului sau a apei, foarte populară este utilizarea combustibililor fosili sau direct a energiei electrice, aceste soluții s-au dovedit a fi ineficiente prin comparație cu avantajele pe care utilizarea pompei de căldură le oferă.

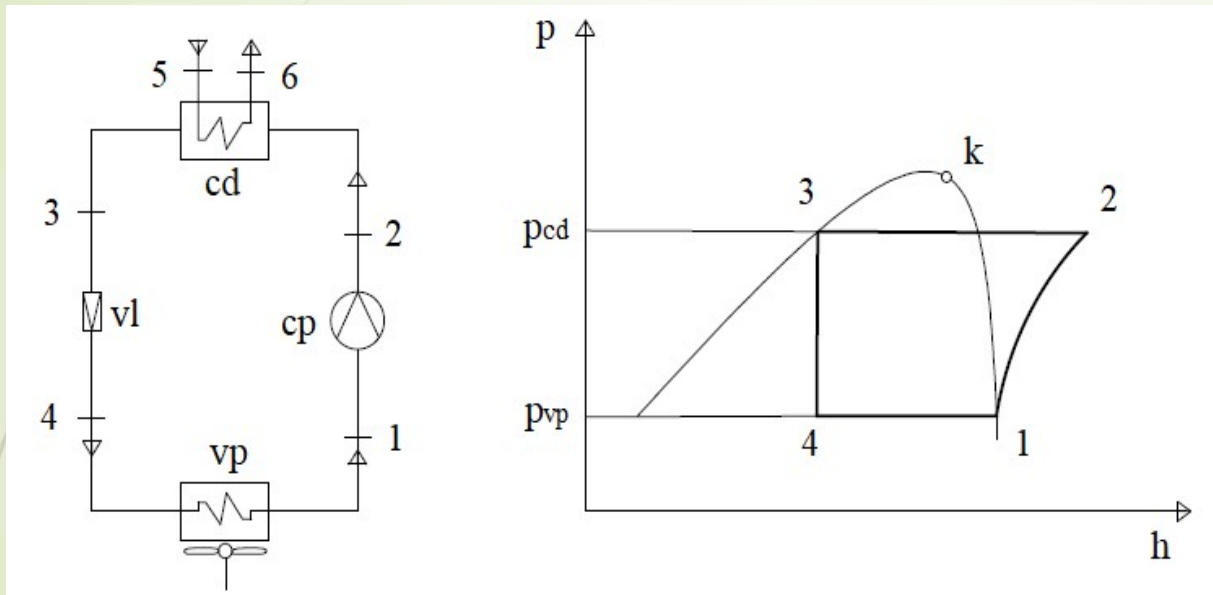


Schema de funcționare a pompei de căldură într-o treaptă de comprimare

Parametrii termodinamici principali impuși

Descriere	Notăție/unitate de măsură	Valoare
Temperatura apei încălzite la intrare	5 [°C]	50
Temperatura apei încălzite la ieșire	6 [°C]	60
Temperatura mediului ambient	t_0 [°C]	0
Temperatura de vaporizare	$t_{vp} = t_0 - \Delta TP$ [°C]	-5
Temperatura de condensare	$t_{cd} = t_6 + \Delta TP$ [°C]	65
Diferența minimă de temperatură în schimbătoarele de căldură	ΔTP [K]	5

2. Analiza ciclului pompei de căldură cu amoniac



Schema de funcționare a pompei de căldură cu amoniac

Diagrama p-h a ciclului de pompă de căldură cu amoniac

Amoniacul, agent de lucru complet ecologic caracterizat de un ODP = 0 și GWP = 0, prezintă bune proprietăți termodinamice.

Printre dezavantaje se pot menționa însă, inflamabilitatea și toxicitatea foarte ridicată.

2.1 Rezultate și discuții privind ciclul pompei de căldură cu amoniac

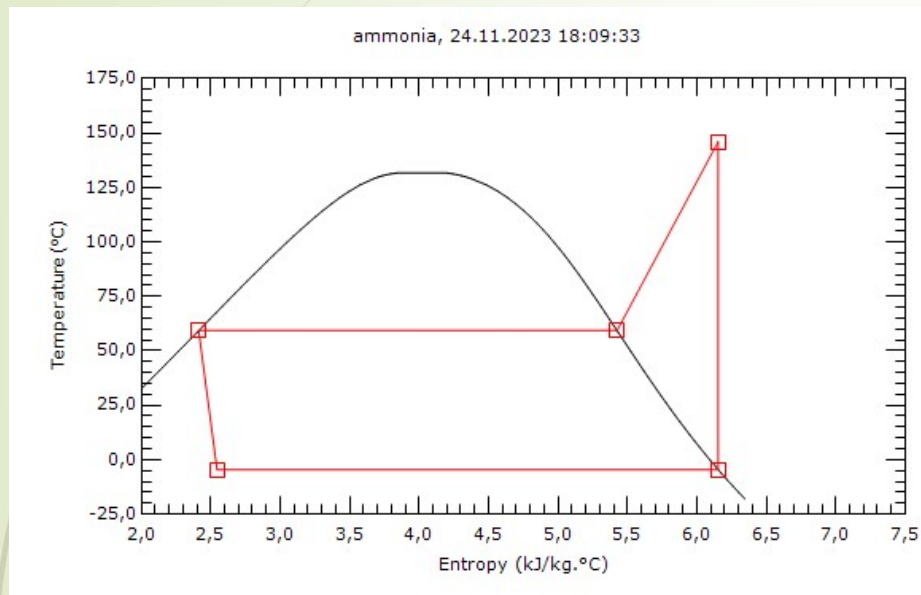


Diagrama T-s a ciclului de pompă de căldură investigat utilizând amoniacul ca agent de lucru

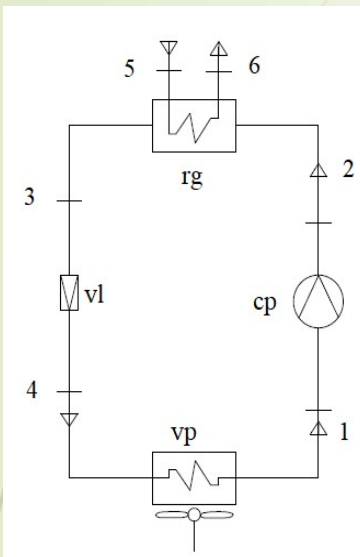
Rezultatele investigații termodinamice în condițiile unei temperaturi de condensare de 65 (°C) respectiv, unei temperaturi de vaporizare de -5 (°C) indică un COP utilizând ca agent de lucru amoniacul egal cu $COP = 4,2$.

Conform diagramei alăturate, amoniacul prezintă o temperatură de descărcare după procesul de comprimare foarte ridicată (150 °C).

Concluzii

Deși amoniacul prezintă bune performanțe în ceea ce privește COP, toxicitatea, inflamabilitatea dar și temperatura ridicată de descărcare fac ca acest agent de lucru să fie limitat în utilizarea aplicațiilor de pompe de căldură.

3. Analiza ciclului pompei de căldură cu CO₂



Schema de funcționare a pompei de căldură cu CO₂

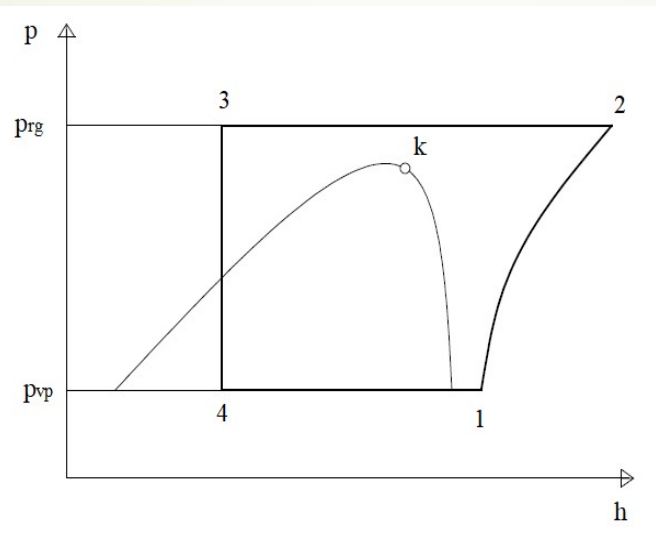
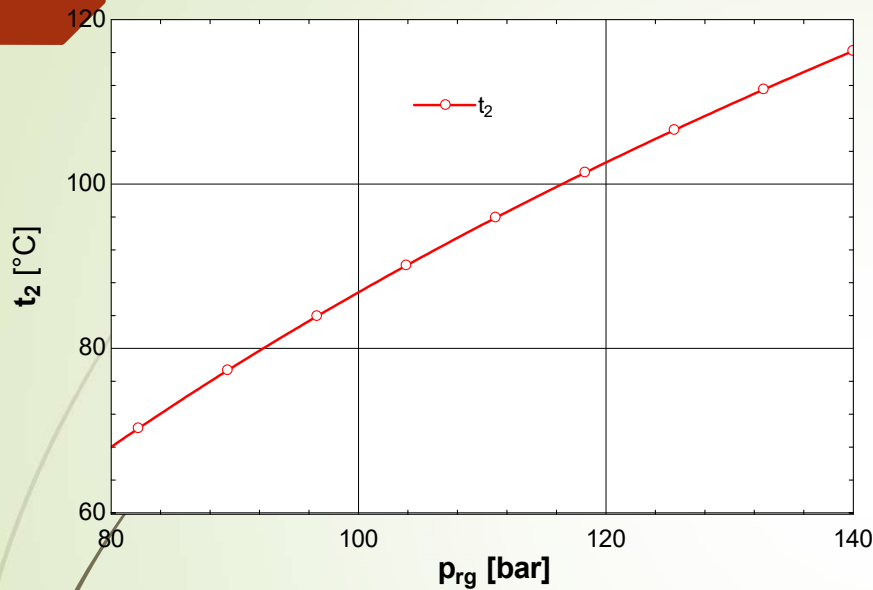


Diagrama p-h a ciclului de pompă de căldură cu CO₂

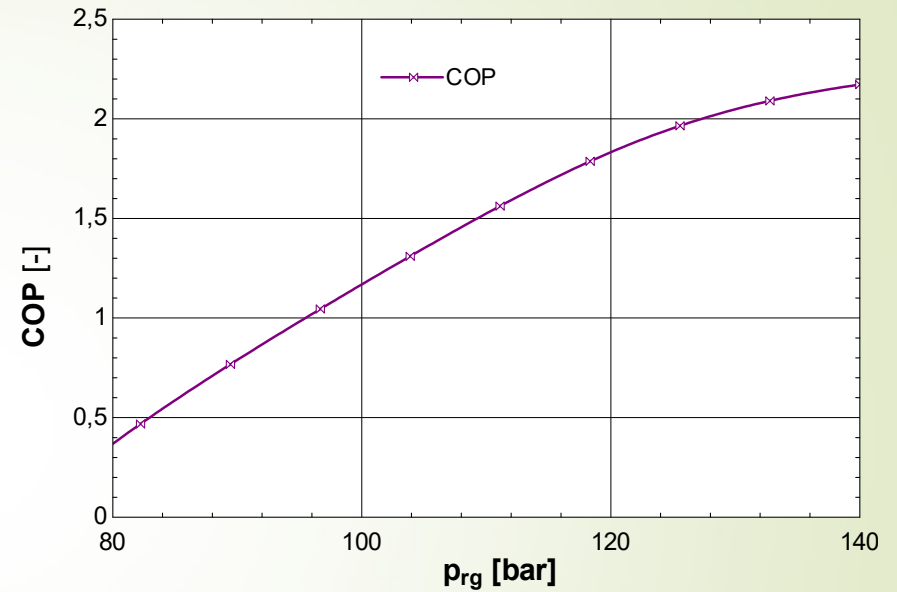
Dioxidul de carbon este un agent de lucru sigur, ușor procurabil și inofensiv față de mediul înconjurător caracterizat de un GWP = 1 și un ODP = 0.

Pompele de căldură care utilizează ca agent de lucru CO₂-ul în domeniul transcritic au fost gândite în întreaga lume datorită caracterului prietenos față de mediul înconjurător și al avantajelor prezentate din punct de vedere termodinamic.

3.2 Rezultate și discuții privind ciclul pompei de căldură cu CO_2



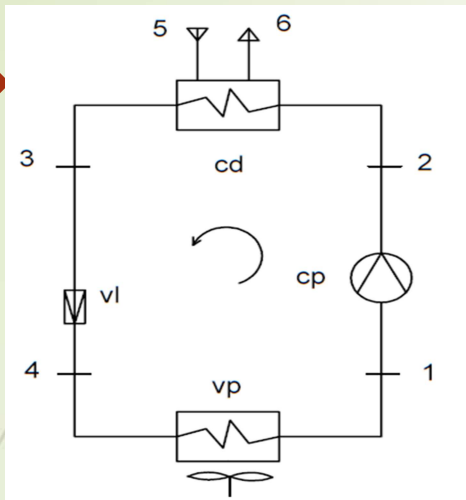
Temperatura de refulare în cazul pompei de căldură cu CO_2



Coeficientul de performanță în cazul pompei de căldură cu CO_2

Ciclul pompei de căldură cu CO_2 elimină dezavantajul ciclului de pompă de căldură cu amoniac în ceea ce privește temperatura de refulare după procesul de comprimare însă prezintă un coeficient de performanță sensibil mai mic.

4. Analiza ciclului pompei de căldură ce utilizează agenți de lucru ecologici



Schema pompei de căldură într-o treaptă de comprimare

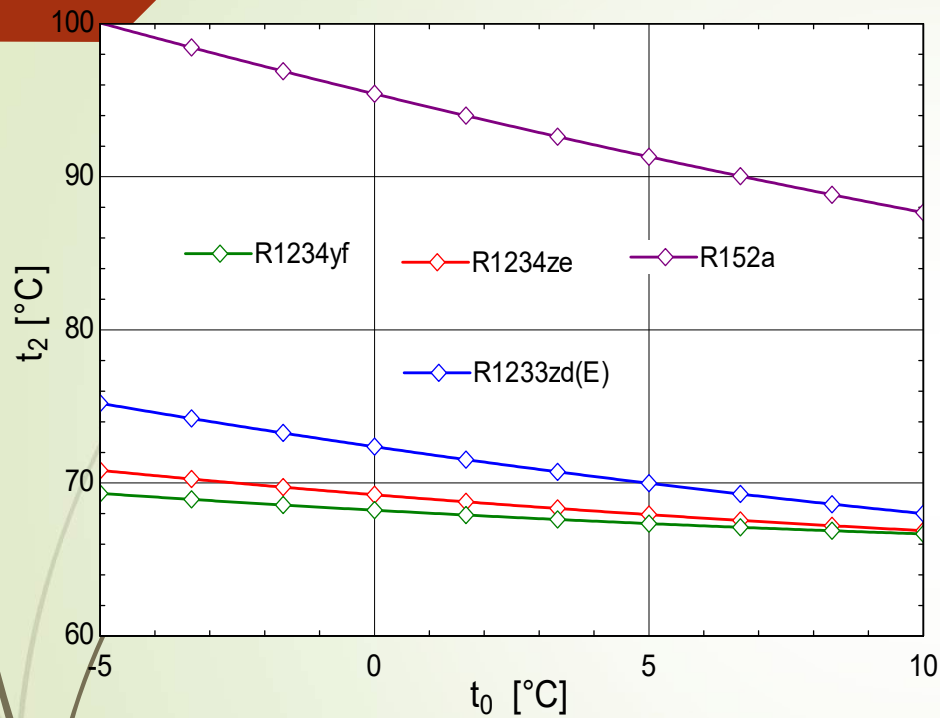
Din cauza dezavantajelor pe care le prezintă atât amoniacul cât și dioxidul de carbon în utilizarea lor în ciclurile de pompe de căldură, studiul a vizat căutarea unor agenți de lucru și cicluri de pompă de căldură care să satisfacă necesitățile impuse de condițiile de mediu, dar totodată să înregistreze și o bună performanță energetică.

În acest sens, au fost selectați patru agenți de lucru ecologici, dar și cu proprietăți termodinamice bune.

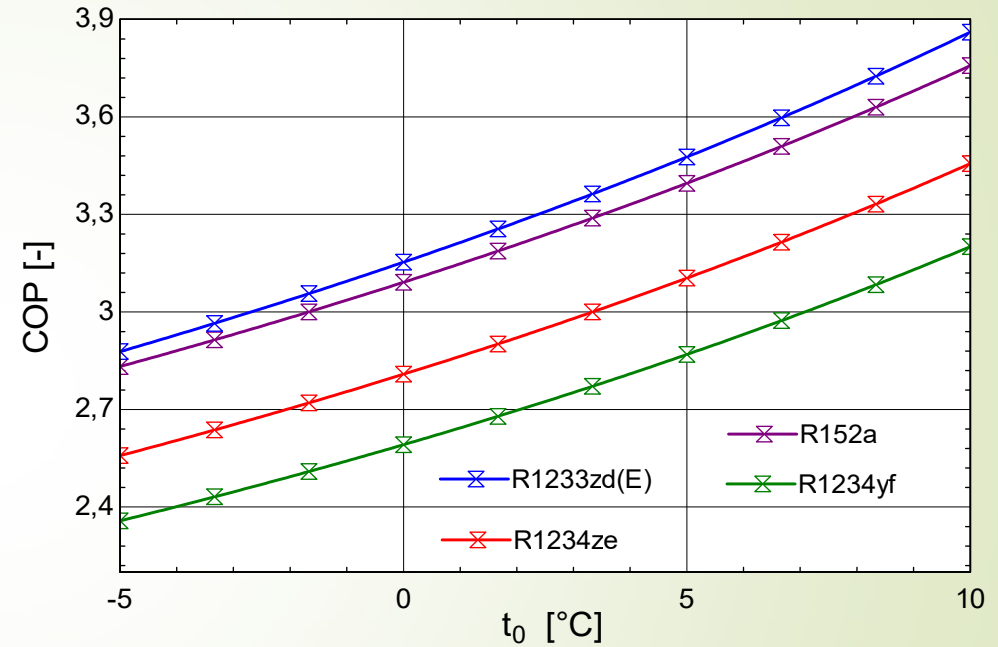
Agenți de lucru pentru pompele de căldură

Agenți de lucru	GWP	Temperatura critică [°C]	Presiunea critică [bar]
R1234ze	7	109.4	36.4
R152A	124	113.26	45.20
R1234yf	4	94.71	33.82
R1233zd(E)	1	165,5	36.23

4.1 Rezultate și discuții privind agenții de lucru ecologici investigați



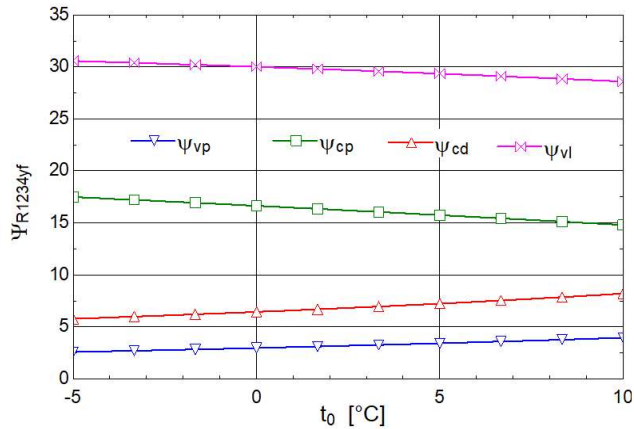
*Temperatura de refulare
pentru agenții de lucru ecologici investigați*



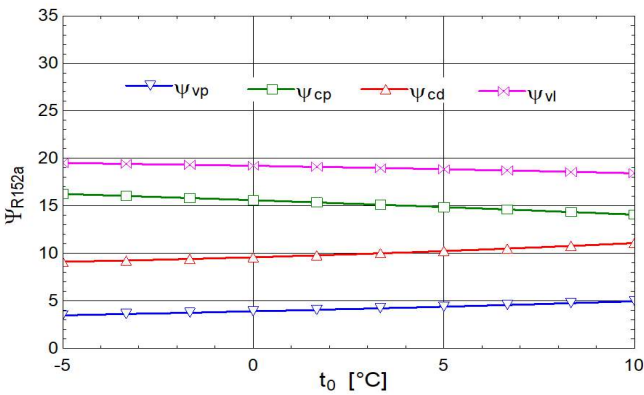
*Coeficientul de performanță pentru agenții de
lucru ecologici investigați*

Studiul arată că natura diferiților agenți de lucru are o mare influență asupra coeficientului de performanță.

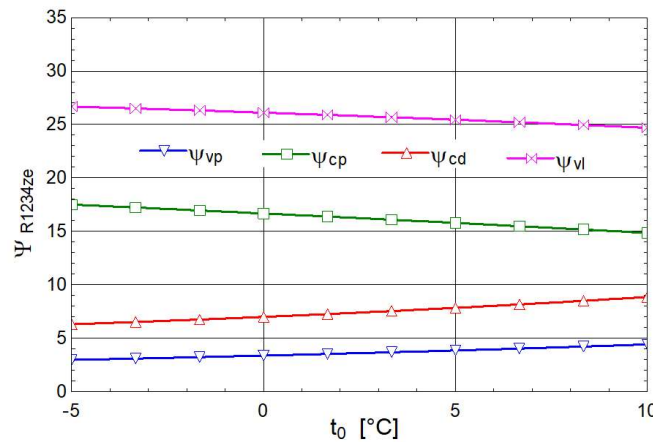
4.2 Investigarea agenților de lucru R1234ze, R152A, R1234yf, R1233zd(E) bazat pe analiza exergetică



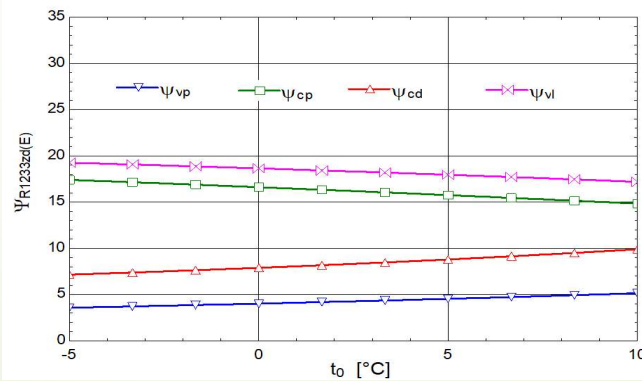
Distrugerile de exergie asociate fiecărui dispozitiv și proces în cazul agentului de lucru R1234yf



Distrugerile de exergie asociate fiecărui dispozitiv și proces în cazul agentului de lucru R152a



Distrugerile de exergie asociate fiecărui dispozitiv și proces în cazul agentului de lucru R1234ze



Distrugerile de exergie asociate fiecărui dispozitiv și proces în cazul agentului de lucru R1233zd(E)

Din cauza caracterului puternic ireversibil, procesul de laminare reprezintă principala distrugere de exergie pentru fiecare dintre cei 4 agenți investigați.

Agentul de lucru R1234yf este cel care înregistrează cea mai mare distrugere a exergiei în procesul de laminare.

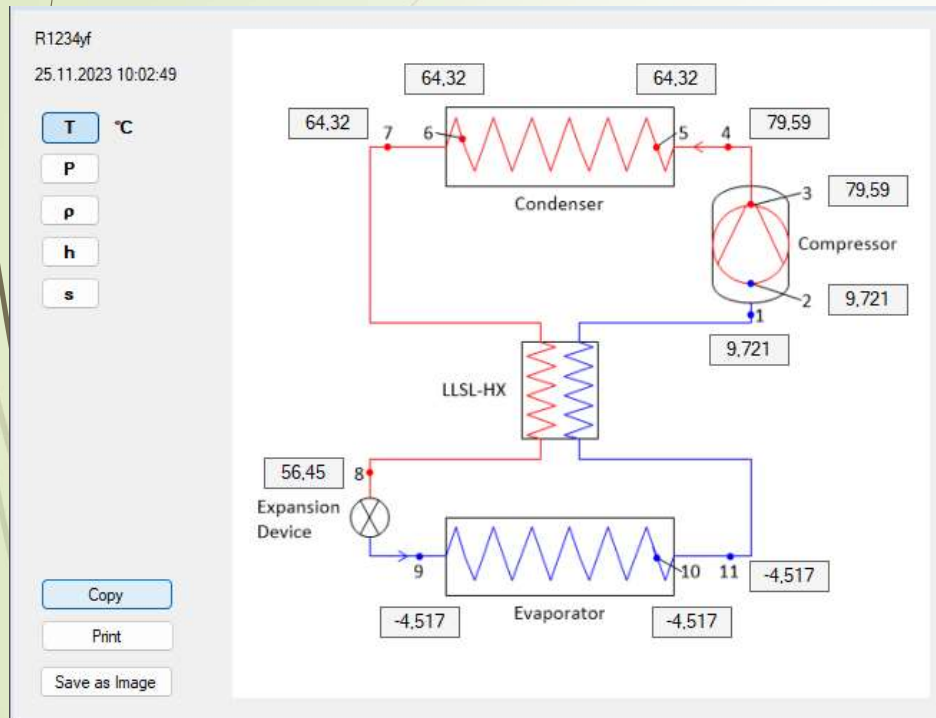
Distrugerea de exergie a procesului de compresie prezintă, de asemenea, valori ridicate.

Pentru a crește performanța se pot aplica următoarele:

👉 în cazul procesului laminare este necesară reducerea temperaturii la intrarea în ventilul de laminare

👉 în cazul procesului de comprimare, compresie în mai multe etape.

5. Pompa de căldură utilizând agenți de lucru ecologici R1234ze, R152A, R1234yf, R1233zd(E) cu subrăcire regenerativă



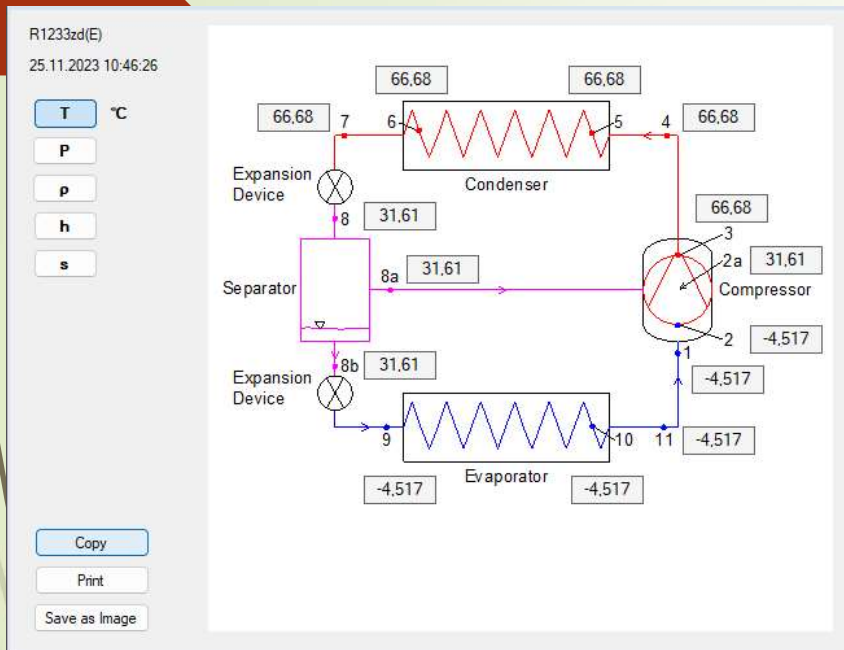
Schema pompei de căldură cu subrăcire regenerativă

Pentru reducerea distrugerii de exergie asociată procesului de laminare cu scopul final de a crește coeficientul de performanță, ciclul standard într-o treaptă de comprimare poate fi îmbunătățit prin aplicarea subrăcirii regenerative.

Comparația COP standard cu COP cu subrăcire

Agenți de lucru	COP (fără subrăcire)	COP (cu subrăcire)
R1234ze	2,8	2.98
R152A	3,11	3,25
R1234yf	2,55	2,85
R1233zd(E)	3,15	3,26

6. Pompa de căldură utilizând agenți de lucru ecologici R1234ze, R152A, R1234yf, R1233zd(E) și comprimare în două trepte



Schema pompei de căldură cu comprimare în două trepte

Comprimarea în trepte duce la o reducere a consumului de lucru mecanic ceea ce conduce la o creștere a coeficientului de performanță.

Comparația COP al ciclului de pompă de căldură standard cu COP al pompei de căldură cu subrăcire și cu COP cu comprimare în două trepte

Agenți de lucru	COP (fără subrăcire)	COP (cu subrăcire)	COP (2 trepte)
R1234ze	2,8	2,98	3,72
R152A	3,11	3,25	4,20
R1234yf	2,55	2,85	3,50
R1233zd(E)	3,15	3,26	3,86

Concluzii

- Studiul prezintă performanța ciclului pompei de căldură folosind agenți de lucru cu impact redus asupra mediului.
- A fost investigată performanța agenților de lucru: R717; R744; R1233zd(E), R1234ze, R152a și R1234yf.
- Amoniacul prezintă cea mai mare performanță însă toxicitatea și inflamabilitatea acestui agent de lucru limitează utilizarea acestuia în echipamentele de pompe de căldură cu detentă directă.
- Dioxidul de carbon este ecologic și inofensiv, însă prezintă cel mai mic coeficient de performanță.
- Utilizarea agenților de lucru sintetici R1233zd(E), R1234ze, R152a și R1234yf într-un echipament într-o singură treaptă de comprimare conduce la obținerea unui COP scăzut.
- Pe baza analizei exergetice a fost posibilă investigarea și identificarea proceselor și dispozitivelor care prezintă cea mai mare distrugere exergetică.
- Distrugerea de exergie de la nivelul procesului de laminare prezintă cea mai mare valoare urmată de distrugerea de exergie de la nivelul procesului de comprimare.
- Introducerea subrăcirii regenerative a condus la o ușoară creștere a COP.
- Comprimarea în două trepte îmbunătățește semnificativ performanța echipamentului de pompă de căldură.
- În condițiile unui regim permanent, studiul arată că amoniacul și agentul de lucru R152a prezintă cea mai bună performanță.

Disiminarea rezultatelor (participare conferințe)

Obiective specifice:

OS 5. Valorificarea rezultatelor cercetării întreprinse prin publicarea acestora în 2 reviste de renume, indexate WOS și creșterea vizibilității lor prin participarea la cel puțin 2 conferințe internaționale.

NACOT 2023

A Review on available solutions for implementation of Small-medium combined heat and power (CHP) systems

M Costin¹, A Dobrovicescu¹, L Grosu² and C Dobre^{1,3}

¹University Politehnica of Bucharest, Faculty of Mechanical Engineering and Mechatronics, 313 Splaiul Independenței, 060042 Bucharest, Romania

²Université Paris Nanterre, IUT Ville d'Avray, Nanterre, France

³Academy of Romanian Scientists, 3 Ilfov, 050044, Bucharest, Romania

catalina.dobre@upb.ro

Abstract. The transition towards a sustainable and renewable energy future is essential to mitigate climate change and reduce greenhouse gas emissions. Small-medium combined heat and power (CHP) systems are increasingly popular for distributed energy generation, as they offer improved energy efficiency and reduced emissions compared to traditional power generation systems. This article reviews recent research articles related to small-medium CHP systems, including their role in renewable energy systems, use of biofuels, steam injection, diagnostics, and carbon capture. Based on the reviewed literature, the highest potential solutions are proposed to be further investigated as an efficient economic solution for generating electricity and heat for various small-scale applications.

TERERD 2023

2023 11th International Conference on Thermal Equipment, Renewable Energy and Rural Development (TE-RE-RD)

Energy and exergy analysis of the heat pump cycle using working fluids with low environmental impact

Daniel DIMA, Alexandru DOBROVICESCU

Faculty of Mechanical Engineering and Mechatronics
University Politehnica of Bucharest
Bucharest, Romania

dimadaniel08@yahoo.com; adobrovicescu@yahoo.com

Cătălina DOBRE*

Academy of Romanian Scientists
Bucharest, Romania
catalina.dobre@upb.ro

Abstract— This study presents the energetic and energetic analysis of the heat pump cycle, used for heating residential spaces. The heat pump is of the air-water type, taking heat at the level of the evaporator from the environment. The working fluids used are: R1233zd(E), R1234ze, R152a, R1234yf. Exergy analysis is used as a research tool. Based on the exergy analysis, the identification of malfunctions at the level of each device and process can be easily achieved. The study shows that the working fluid R1233zd(E) presents the highest coefficient of performance and the highest exergetic efficiency.

Keywords— energy, exergy, analysis, heat pump, ecological

Due to the advantages of these equipment, heat pumps systems are intensively studied subject. Sho F et al. [4] perform a theoretical analysis on low global warming potential fluids R1234ze(E) and R1234ze(Z). The purpose of the research is to investigate the performance of the working fluids at condensation temperatures above 75°C. The comparative analysis demonstrates that the working fluids R1234ze(E) and R1234ze(Z) can successfully replace the R134a. Evaluations have shown that the working fluid R1234ze(Z) is more suitable for applications where the condensation temperature exceeds 100°C.

Disiminarea rezultatelor (Articole indexate WOS)

Obiective specifice:

OS 5. Valorificarea rezultatelor cercetării întreprinse prin publicarea acestora în 2 reviste de renume, indexate WOS și creșterea vizibilității lor prin participarea la cel puțin 2 conferințe internaționale.

entropy

Submit to this Journal

Review for this Journal

Propose a Special Issue

Article Menu

Academic Editors

Daniel Flórez-Orrego

Meire Ellen Ribeiro Domingos

Rafael Nogueira Nakashima

Subscribe SciFeed

Recommended Articles

Open Access Article

Exergoeconomic Analysis of a Mechanical Compression Refrigeration Unit Run by an ORC

by Daniel Taban¹, Valentin Apostol¹, Lavinia Grosu², Mugur C. Balan³, Horatiu Pop¹, Catalina Dobre^{1,4,*} and Alexandru Dobrovicescu^{1,*}

¹ Department of Engineering Thermodynamics, National University of Science and Technology Politehnica Bucharest, 060042 Bucharest, Romania

² Lab Energet Mech & Electromagnetism (LEME), University of Paris Nanterre, 50 Rue Sevres, F-92410 Ville d'Avray, France

³ Department of Thermodynamics, Technical University of Cluj-Napoca, 400114 Cluj-Napoca, Romania

⁴ Academy of Romanian Scientists, Ilfov 3, 050044 Bucharest, Romania

* Authors to whom correspondence should be addressed.

Entropy 2023, 25(11), 1531; <https://doi.org/10.3390/e25111531>

Received: 12 October 2023 / Revised: 29 October 2023 / Accepted: 30 October 2023 / Published: 10 November 2023

(This article belongs to the Special Issue Thermodynamic Optimization of Industrial Energy Systems)

Download | Browse Figures | Review Reports | Versions Notes

ENTROPY		
Publisher name: MDPI		
Journal Impact Factor™		
2.7	2.6	
2022	Five Year	
JCR Category	Category Rank	Category Quartile
PHYSICS, MULTIDISCIPLINARY in SCIE edition	40/85	Q2
Source: Journal Citation Reports 2022. Learn more		
Journal Citation Indicator™		
0.66	0.63	
2022	2021	
JCI Category	Category Rank	Category Quartile
PHYSICS, MULTIDISCIPLINARY in SCIE edition	39/111	Q2