

# STUDIUL METODELOR DE SPORIRE A EFICIENȚEI POMPELOR DE CĂLDURĂ UTILIZATE LA PROCESELE INDUSTRIALE

Igor GÎDEI, Octavian VOINOVAN, Mircea VOINOVAN

Universitatea Tehnică a Moldovei

**Rezumat:** Pompele de căldură pot fi utilizate în mai multe procese industriale. Instalațiile industriale au fluxuri de căldură reziduală și consumatori de căldură. Deșeurile de căldură sunt, de exemplu, apa reziduală, aerul umed cald, căldura condensatorului din sistemele de răcire, care pot fi ușor recuperate și reutilizate cu ajutorul unei pompe de căldură. Sporirea eficienței pompei de căldură prin combinarea acesteia cu diferite tehnologii este un concept foarte atractiv cum ar fi combinarea cu tehnologia solară. Un colector solar sau panou fotovoltaic în instalația cu pompă de căldură sporesc eficiența acesteia, reducând emisiile de CO<sub>2</sub>.

**Cuvinte-cheie:** pompă de căldură (CP); coeficient de performanță (COP); energie; proces; transfer de căldură;

## Introducere

Odată cu creșterea consumului global de energie, problemele energetice și problemele de mediu devin din ce în ce mai proeminente. În prezent, combustibilii fosili sunt principalele surse de energie, iar epuizarea lor reprezintă o provocare majoră pentru omenire. În continuă confruntare cu problemele epuizării treptate a combustibililor fosili și a poluării mediului, cercetătorii depun eforturi în două domenii: dezvoltarea de noi surse de energie, în special din surse regenerabile de energie, cum ar fi energia solară, energia eoliană și energia mareelor și îmbunătățirea eficienței energetice pentru a reduce consumul de combustibili fosili și poluarea cauzată de utilizarea lor.

Procesele industriale sunt unele dintre principalii consumatori de energie. În prezent, eficiența utilizării energiei de către industrie este în creștere, însă mai mult de jumătate din energia consumată în industriile prelucrătoare este transformată în căldură reziduală sub formă de gaze de eșapament și ape uzate. Încălzirea industrială de înaltă calitate poate fi reutilizată pentru producerea de energie electrică. Cantitatea mare de căldură reziduală, cu temperaturi scăzute și moderate (până la maximum 100°C), poate fi utilizată cu ajutorul unei pompe de căldură. Pompele de căldură industriale pot recupera căldura reziduală din procesele industriale și transferă căldura de la mediul cu temperatură scăzută la un mediu cu temperatură ridicată cu ajutorul unei surse externe de energie. Randamentul de căldură de înaltă calitate obținut utilizând pompe de căldură industriale poate fi aplicat în multe procese industriale.

## Pompa de căldură și aplicații în industrie

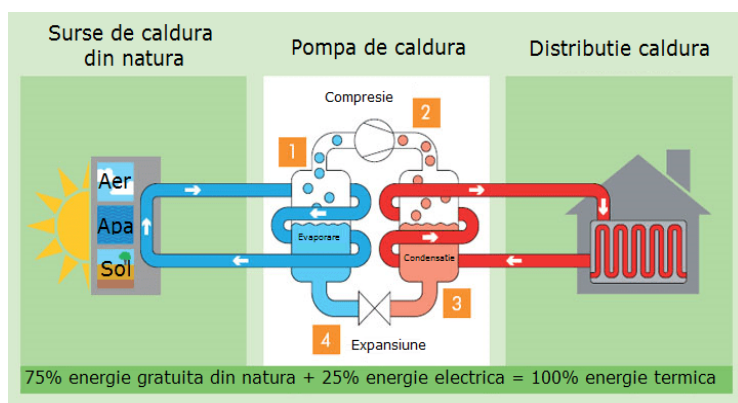


Fig. 1. Principiul de funcționare al pompei de căldură

O pompă de căldură este o mașină sau un dispozitiv care transferă căldura dintr-o locație ("sursă") într-o altă locație ("chiuvetă" sau "radiator") folosind lucru mecanic. Majoritatea tehnologiilor pompei de căldură transferă căldura dintr-o sursă de căldură cu temperatură scăzută către un radiator cu temperatură mai mare. Exemple comune sunt frigiderele și congelatoarele pentru alimente, aparatele de climatizare și pompele de căldură cu ciclu reversibil pentru asigurarea confortului termic. Principiul de funcționare al pompei de căldură este reprezentat în figura 1.

Există mai multe cicluri de pompă de căldură în aplicațiile industriale. Aceste cicluri pot fi împărțite în următoarele categorii: ciclul de compresie a vaporilor (ciclul de compresie mecanică), ciclul de recomprimare mecanică a vaporilor, ciclul de recomprimare a vaporilor termici, ciclul de absorbție și pompele de căldură chimice. Performanța la starea de echilibru a ciclului pompei de căldură este evaluată printr-un coeficient numit coeficientul de performanță (COP). COP este definită ca:

$$\text{COP} = Q/P \quad (1)$$

în care:  $Q$  este căldura utilă livrată;

$P$  este energia de intrare.

Pompele de căldură au devenit din ce în ce mai importante în lume ca o tehnologie de îmbunătățire a eficienței energetice și de reducere a emisiilor de CO<sub>2</sub>. În special, pompele de căldură industriale (IHP) oferă diferite oportunități pentru toate tipurile de procese și operațiuni de fabricație. IHP utilizează căldura procesului de deșeuri ca sursă de căldură, livrează căldură la temperaturi mai ridicate pentru utilizare în procese industriale, încălzire sau preîncălzire sau pentru încălzirea și răcirea spațiului în industrie. Acestea pot reduce în mod semnificativ consumul de combustibili fosili și emisiile de gaze cu efect de seră într-o varietate de aplicații.

## Metode de sporire a eficienței pompelor de căldură utilizate în industrie

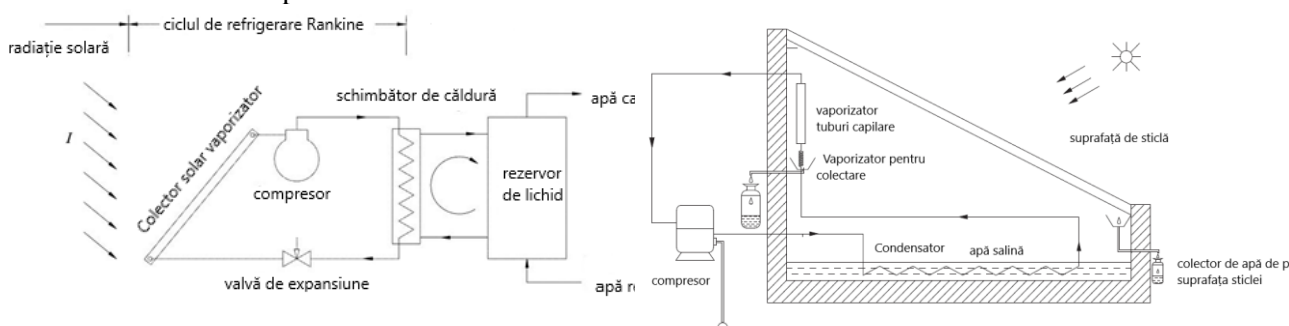
### *Pompa de căldură utilizată la producerea apei calde.*

Ciclul de expansiune directă cu pompă de căldură asistată solar (SAHP) constă dintr-un ciclu de răcire Rankine cuplat cu un colector solar care acționează ca un evaporator. Agentul frigorific este expandat direct în interiorul evaporatorului pentru a absorbi energia solară. Prin proiectarea corectă a ciclului de răcire Rankine și a colectorului pentru o anumită condiție de funcționare, căldura poate fi mai degrabă absorbită din mediul ambiant, decât respinsă, în acesta. Adică, SAHP poate absorbi simultan căldura de la radiația solară și aerul înconjurător. Huang și Chyng (1999) au propus pentru prima dată proiectarea unui încălzitor de apă cu pompă de căldură asistată integral de soare (ISAHP), care integrează colectorul solar la pompa de căldură și rezervorul de stocare a apei împreună pentru a veni cu o singură unitate ușor de instalat (fig. 2)[1].

### *Procesul de desalinizare a apei cu pompă de căldură.*

Desalinizarea este un ansamblu de procese de separare a sărurilor din apa cu o salinitate nenulă. Este un proces necesar în zonele unde nu e disponibilă apă dulce. Desalinizarea se poate efectua prin distilare cu ajutorul pompei de căldură reprezentată în figura 3.

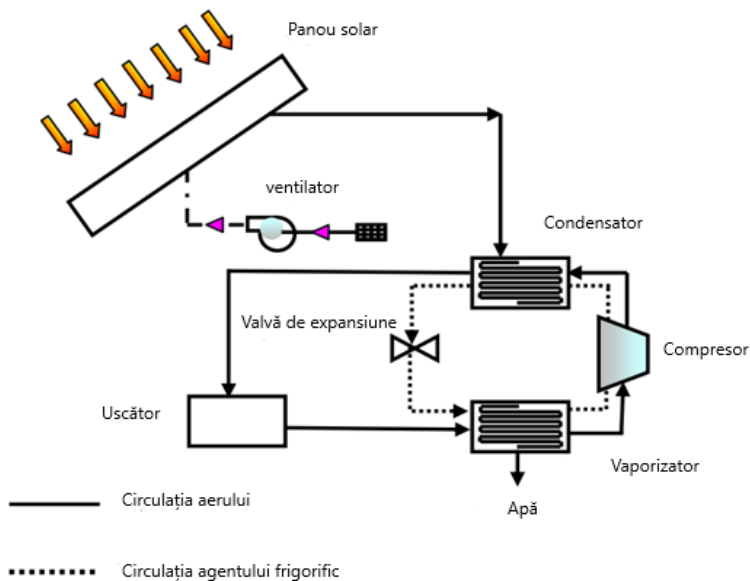
În procedura de desalinizare apa este încălzită atât de soare cât și de condensator după care se vaporizează și ajunge pe suprafața de sticlă unde este colectată de colectorul de apă, de pe suprafața sticlei. Parte mai mare de apă se condensează pe suprafața vaporizatorului cu tuburi capilare după care se captează de colectorul instalat sub vaporizator.



**Fig.2.** Pompă de căldură utilizată la producerea apei calde **Fig. 3.** Schema instalației pentru desalinizarea apei

### *Pompa de căldură asistată de soare pentru uscarea produselor.*

Pompele de căldură sunt cunoscute pentru eficiența lor din punct de vedere energetic atunci când sunt utilizate în operațiunea de uscare. Principalele avantaje ale uscătoarelor cu pompă de căldură rezultă din capacitatea pompelor de căldură de a recupera energia din gazele de refulare, precum și de capacitatea lor de a controla capacitatea lor de a controla temperatura și umiditatea gazului uscător.



**Fig. 4. Schema instalației de uscare cu pompă de căldură asistată de soare (SAHPD)**

Există o varietate de modele de uscare cu pompă de căldură asistată de soare (SAHPD), în funcție de natura aplicației directe, cum ar fi, cu și fără instalație de stocare a căldurii. Figura 4 ilustrează schema unui sistem SHPWD simplificat. Acesta reprezintă o schemă a diferitelor componente de refrigerare și a combinării sistemului solar cu camera de uscare. Aerul la admisie trece prin camera de uscare și preia umiditatea din produs. Aerul cu umiditate este direcționat către bobina vaporizatorului. În timpul procesului de uscare, aerul este mai întâi răcit până la punctul de rouă. Răcirea ulterioară conduce la condensarea apei din aer. Căldura recuperată este pompată la condensator. Colectorul solar ia radiația solară de la soare, care este transformată în căldură. Aerul care trece prin țevile din panou este apoi încălzit într-o cameră de condensare.

Aerul preîncălzit și de umidificat absoarbe mai multă căldură din condensator și apoi cu temperatura mai ridicată procesul de umidificare parcurge în mod corespunzător.[3]

Un sistem de uscare cu pompă de căldură asistată de soare a fost proiectat și fabricat local, după cum se arată în figura 5, performanța sistemului a fost investigată în condițiile meteorologice din Singapore. Sistemul este situat pe acoperișul unei clădiri cu patru etaje de la Universitatea Națională din Singapore. Sistemul constă dintr-un compresor cu piston cu viteză variabilă, evaporator-colector, supapă de expansiune, rezervor de stocare, condensator răcit cu aer, încălzitor auxiliar, suflante, uscător, de umidificator și colector de aer. Detaliile sistemelor sunt explicate în secțiunea următoare. Setarea constă din două căi distincte de circulație: aer și agent frigorific.

**Calea fluxului de aer.** Traseul debitului de aer se ocupă de aer, care trebuie menținut într-o stare dorită la intrarea în uscător. Diferitele componente ale traseului aerului sunt: colector solar de aer, condensator răcit cu aer, încălzitor auxiliar, suflante, unitate de uscare, de umidificator, regulator de temperatură și amortizoare. Camera de uscare conține un număr de țevi de nailon pentru a ține materialul de uscare și a-l expune la fluxul de aer. Un sistem de conducte bine proiectat livrează aerul către locațiile dorite. Canalul este izolat termic pentru a avea un mediu adiabatic. Aerul curat este încălzit de colectorul de aer solar și apoi curge peste bobina condensatorului, unde este încălzit în continuare de căldura eliberată de agentul frigorific la condensare. Aerul la starea de uscare prestabilită intră în admisia uscătorului și efectuează uscarea. Aerul care iese din uscător este răcit și de umidificat, pentru a scăpa de umiditatea absorbită în uscător, astfel încât la de-umidificator să apară o respingere a căldurii. Ulterior, această căldură este disponibilă la condensatorul răcit cu aer pentru re-procesarea aerului pentru următorul ciclu. Ciclul se repetă până la atingerea nivelului de umiditate necesar al materialului de uscare.

**Calea de curgere a agentului frigorific.** Calea de curgere a agentului frigorific este reprezentată cu linie continuă în Figura 3. Componentele din fluxul de agent frigorific sunt: de umidificator, evaporator colector, compresor de tip deschis cu piston, regatoare de presiune în vaporizator, supape de expansiune, condensator, rezervor și o unitate de ventilare. De umidificatorul și colectorul de vapori sunt conectate paralel cu supapele individuale de expansiune, așa cum se arată în figura 3. Agentul frigorific la ieșirea din condensatorul răcit cu aer, trece prin bobină într-un rezervor și încălzesc apa din rezervor prin eliberarea căldurii, asigurând astfel o condensare completă. Agentul frigorific utilizat în sistem este R134a.

La finalul studiului detaliat experimental și analitic s-au formulat următoarele concluzii: eficiența colectorului de aer, cu și fără de umidificator, sa dovedit a fi între 0,72 - 0,76 și respectiv 0,42 - 0,48. A fost obținută o eficiență maximă a colectorului - vaporizator de 0,87 față de o eficiență maximă a colectorului de aer de 0,76. Rezultatele arată că COP scade odată cu creșterea vitezei compresorului, în timp ce fracția solară crește odată cu creșterea vitezei compresorului. Atât COP, cât și colectarea energiei soarelui cresc odată cu creșterea debitului de masă a aerului. Fracția solară scade odată cu creșterea temperaturii de

uscare. A fost obținută o valoare COP de 6,0 la o viteză a compresorului de 1200 RPM și o valoare a fracțiunii solare de 0,81 pentru o temperatură de uscare de 55 °C.

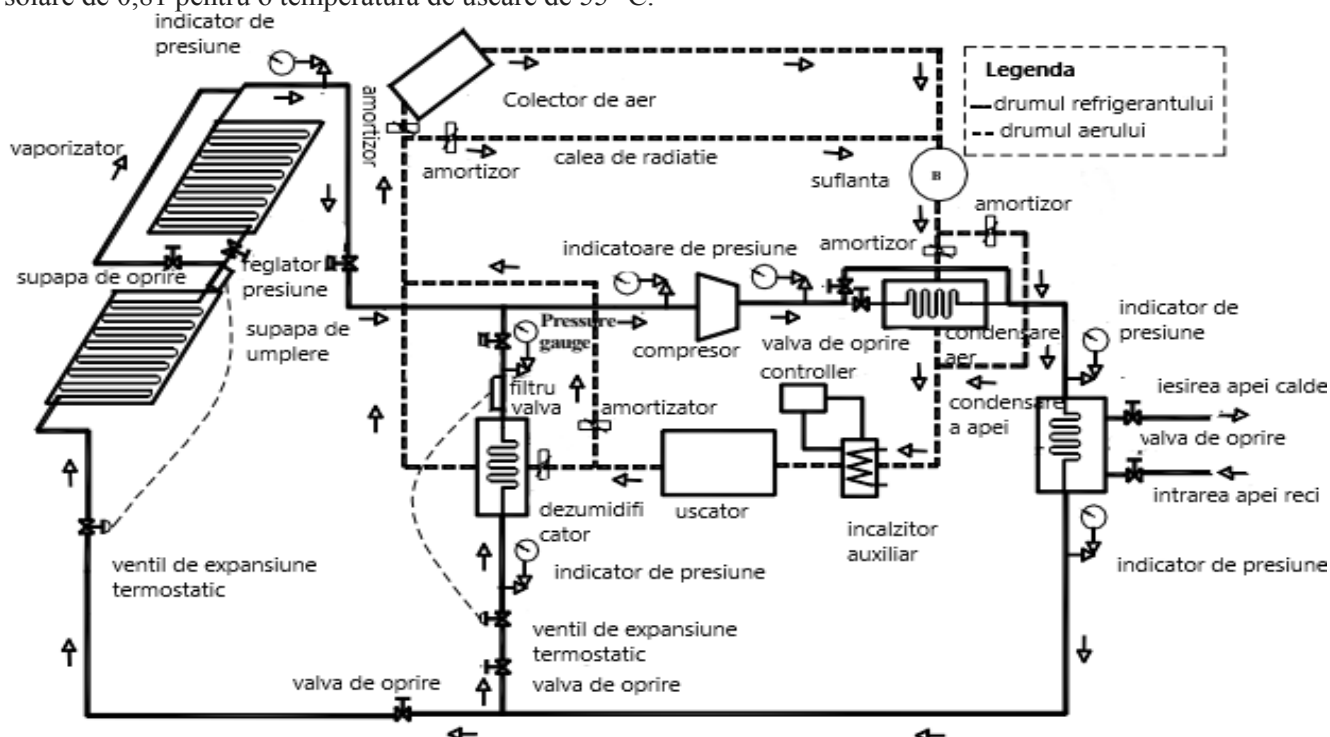


Fig. 5. Schema sistemului de uscare solară asistată de pompă de căldură

## Concluzii

Pompele de căldură asistate de energia solară oferă una dintre cele mai profitabile posibilități pentru viitoarele sisteme de uscare ecologice. Aceste sisteme sunt potențial mai eficiente decât cele convenționale. În plus, în aceste sisteme a fost redus consumul de energie datorită coeficientului de performanță ridicat al panourilor solare și eficiența termică ridicată al uscătorului atunci când este proiectat corespunzător. La folosirea pompei de căldură împreună cu colectorul solar în rezultat obținem o eficiență cu 30% mai mare.

## Referințe bibliografice

1. Huang, B.J., Chyng, J.P., 1999. Integral type solar-assisted heat pump water heater. *Renew. Energy* 16, 731–734.
2. <https://www.researchgate.net/publication/319647846> Research and developments on solar assisted compression heat pump systems - A comprehensive review Part-B Applications
3. R. DAGHIGH, K. SOPIAN, M.H. RUSLAN, M. A. ALGHOUL, C. H. LIM, S. MAT, B. ALI, M. YAHYA, A. ZAHARIM, M.Y. SULAIMAN - Survey of Hybrid Solar Heat Pump Drying Systems, Solar Energy Research Institute, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), 43600, Bangi, Selangor, MALAYSIA. ISSN: 1790-5095, ISBN: 978-960-474-055-0
4. R. Best, W. Soto, I. Pilatowsky, J.L. Gutierrez, Evaluation of a rice drying system using a solar assisted heat pump. *Renewable Energy*, Vol. 5. Pergamon press, 1994, pp. 465 - 468.
5. MNA. Hawlader, SK. Chou, KA. Jahangeer, SMA. Rahman, KW. Eugene Lau, Solar-assisted heat-pump dryer and water heater. *Applied Energy* 74, 2003, pp.185–193. Proceedings of the 4th IASME / WSEAS International Conference on ENERGY & ENVIRONMENT (EE'09).