

Stocarea energiei solare sub formă de energie potențială hidraulică

Există două sisteme de stocare a energiei solare sub formă de energie potențială hidraulică:

1. utilizarea energiei solare pentru pomparea apei din avalul unui baraj în amonte ale acestuia.
2. utilizarea energiei solare pentru pomparea apei din mare la un nivel superior.

În prima variantă, prin ridicarea apei la nivelul deasupra unui lac de acumulare se acumulează energia sub formă de energie potențială, care se utilizează într-o centrală hidroelectrică clasică atunci când este nevoie. Stația de pompare solară, pompează în timpul zilei apa (de exemplu, din mare) într-un lac de acumulare din spatele unui baraj construit pe niște dealuri, figura 3.51. Din acest lac apa se întoarce în mare trecând prin centrala hidroelectrică, și dezvoltând lucru mecanic în turbină, convertit în electricitate prin generatorul antrenat de turbină.

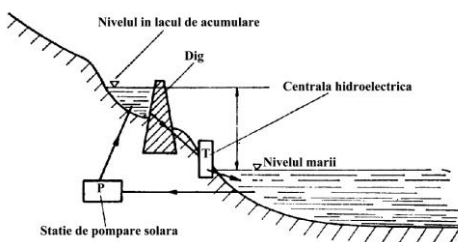


Figura 3.51 Sistem de stocare al energiei solare sub formă de energie hidraulică.

Stațiile de pompare existente folosesc în prezent captatoare solare plane sau cu concentrator cilindro-parabolic. Pentru puteri mari se preconizează utilizarea unor centrale solare de tipul turn cu heliostate, care să dezvolte lucrul mecanic într-o turbină clasică cu abur la 300-500°C.

Al doilea sistem de stocare hidraulică a energiei solare se bazează pe un alt principiu, care poate fi aplicat numai în anumite condiții geografice: este nevoie de existența unei depresiuni sub nivelul mării, în apropiere de mare sau ocean, figura 3.52. Ideea constă în a găsi un sistem de trecere al apei de mare către depresiune, trecând-o printr-o turbină hidraulică. Reîntoarcerea apei în mare din depresiune se face prin ciclul natural al apei, deci fără stații de pompare solară.

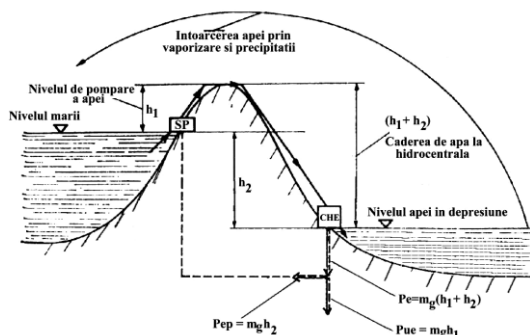


Figura 3.52. Sistem de acumulare a energiei solare sub forma hidraulică. stocarea energiei termice solare, dacă sunt satisfăcute următoarele condiții:

- schimbarea de fază trebuie să fie însoțită de o căldură latentă ridicată și trebuie să se desfășoare ca un proces reversibil pentru un număr foarte mare de cicluri, fără o degradare apreciabilă a materialului.
- schimbarea de fază trebuie să aibă loc cu o subrăcire cât mai redusă.

Folosind o depresiune în vecinătatea mării și ciclul natural al apei: SP- stație de pompare alimentată cu energie electrică de la centrala hidroelectrică CHE. Puterea electrică, ce este folosită în parte pentru antrenarea pompelor, P_{ep} iar restul merge la utilizare, P_{ue} .

Stocarea energiei termice solare cu ajutorul proceselor cu schimbare de fază

Unele materiale care prezintă o schimbare de fază, la o temperatură potrivită anumitor scopuri, pot fi folosite pentru

- trebuie să existe posibilitatea ca materialele supuse procesului cu schimbare de fază să fie închise într-un container, care să permită transferul de căldură către material și de la material.
- costul materialului și al containerelor trebuie să fie rezonabil.

Una dintre primele substanțe folosite pentru stocarea energiei pe baza schimbării de fază, pentru sistemele de încălzire a caselor solare, încă din 1955 a fost $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ care se topește la 32°C având căldura de topire de 243 kJ kg^{-1} . Transformările sunt reversibile în funcție de temperatură:



Stocarea energiei este însoțită de desfășurarea reacției de la stânga la dreapta, cu aport de căldură, ca în orice topire. Energia totală stocată depinde de domeniul de temperaturi în care este încălzit materialul deoarece se va include atât căldura de încălzire a sării până la temperatura de tranziție cât și căldura de topire care determină schimbarea de fază și în continuare dacă topitura se încălzește ea va mai absorbi o altă cantitate de căldură.

S-a constatat că performanțele acestui sistem se degradează odată cu efectuarea unui număr mare de cicluri, cu care ocazie capacitatea termică a sistemului scade. Datorită faptului că $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ are un punct de topire incongruent, odată cu creșterea temperaturii peste punctul de topire materialul se separă într-o fază lichidă (soluție) și o fază solidă (Na_2SO_4). Deoarece densitatea sării este mai mare decât densitatea soluției, apare o separare de fază. S-au făcut încercări de folosire a gelurilor sau a altor agenți pentru a evita separarea fazelor. Pentru a evita acest fenomen nedorit, există o serie de alte posibilități. De exemplu un material cu un singur component, având un singur punct de topire, elimină această problemă majoră. Unii compuși cu puncte de topire congruente se topesc în același mod ca substanțele pure, de exemplu $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Se folosesc mult și amestecuri eutectice, dintre care unele sunt prezentate în tabelul 3.7.

Compoziția eutecticului (% din greutate)	Punct de topire °C	Căldura latentă de topire	
		Kcal/Kg	KJ/Kg
$\text{CaCl}_2\text{-MgCl}_2\text{-H}_2\text{O}$ 41 10 49	25	41,7	175
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}\text{-Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 53 47	61	35,4	148
Amidă acetică – Acid stearic 17 83	65	52	218
Uree - NH_4NO_3 45,3 54,7	46	41	172

Tabelul 3.7. Amestecuri eutectice folosite pentru stocarea energiei termice solare, de joasă temperatură.

Una din problemele care apar la alegerea materialului pentru stocarea energiei termice prin schimbare de fază constă în apariția fenomenului de subrăcire, în timpul recuperării energiei stocate. Dacă la solidificare materialul se subrăcește, căldura latentă de topire nu mai este recuperată integral, sau este recuperabilă doar la o temperatură sensibil mai mică decât punctul de topire. Această problemă a fost abordată pe trei direcții: prin selectarea materialelor care nu au o puternică tendință de subrăcire, prin adăugarea de agenți care constituie nuclee de solidificare și prin folosirea ultrasunetelor ca mijloc de generare al centrelor de solidificare.

Transferul de căldură către și de la materialul schimbător de fază ocupă de asemenea un loc important în studiul acestor sisteme. Materialul trebuie să fie conținut într-un container, astfel încât căldura să poată fi transferată către și de la material cu o cădere de temperatură minimă. Acest lucru s-a realizat experimental prin introducerea materialelor în containere mici (cutii cilindrice, tuburi, țevi) aceste containere fiind montate în rezervoare sau în conducte. Fluidul folosit ca agent schimbător de căldură (de obicei aerul) este suflat printre containere ca în cazul stratului de pietre. Problema schimbului de căldură extern în raport cu containerele este similară cu cea din cazul stratului de pietre.

Utilizarea solarelor termice

Este necesar mai întâi să precizăm ce este un solar termic. În principiu solarul termic transformă energia electromagnetică a radiațiilor solare care ating suprafața globului, în căldură, prin absorbția acestora de către anumite materiale. Conceperea unui solar termic are la bază asigurarea captării radiațiilor solare, transformarea lor în căldura care poate fi stocată sau transferată după necesități. Dacă nu se folosesc concentratoare de radiații (utilizate de obicei la centralele heliotermice), nivelul temperaturii atinse de către solarele termice este în general de 30-140°C. Ne vom referi, în mod intenționat, la cele mai importante domenii de aplicare ale solarelor termice, care au cunoscut cea mai mare dezvoltare:

- producerea apei calde sanitare
- producerea aerului cald pentru uscare
- încălzirea locuințelor,
- uscarea produselor (materialelor),
- prepararea alimentelor

Aceasta înseamnă că nu vom face referire la domeniile singulare cu vechi tehnologii însă care se pot dezvolta în viitor (distilatoare solare, desalinizatoare, frigidere, producerea forței motrice, centrale solare).

Uscarea produselor industriale și cele alimentare necesită un consum de căldură foarte mare.

De exemplu uscarea lemnului destinat industriei mobilei, concentrarea soluțiilor prin evaporarea apei, uscarea în diferitele faze ale proceselor tehnologice din industriile chimică, textilă și alimentară necesită o mare cantitate de energie termică. Toate aceste procese de uscare se pot realiza cu căldura de la solarele termice.

Pentru o radiație mai mică de 4-6 kWh m⁻²zi⁻¹ este necesar să se utilizeze și alte surse sau resurse energetice în cuplaj cu sursa solară, mai ales pe timp înnorat, ploios noaptea sau iarna. Un alt inconvenient constă în prețul de cost ridicat al materialelor din care sunt constituite solarele termice: sticla, materiale izolatoare, materiale plastice absorbante rezistente la radiații UV etc. Pentru unele țări aceste materiale se importă.

Un alt aspect important este faptul că unele instalații solare se pot amortiza într-un timp mai scurt iar altele în timp mai mare.

Este foarte rentabil pentru uscătoarele solare și instalațiile de încălzit serele căci acestea se amortizează în 2, maxim 4, ani în timp ce încălzitoarele de apă pentru uz casnic se amortizează în 5-10 ani. Uneori nu se pot folosi credite pentru construcția instalației solare din cauza dobânzilor și penalizărilor mari.

Deoarece, uneori nu se poate prevedea imposibilitatea utilizării energiei solare, din cauza ploilor, înnorărilor, furtunilor etc., este necesar să se asigure alte surse energetice, fără de care nu s-ar putea asigura desfășurarea normală a unor procese tehnologice ca uscarea materialelor și continuarea unor activități la care se folosește căldura sau apa caldă. În tabelul 3.9. se prezintă unele avantaje și dezavantaje privind utilizarea energiei solare și în special al solarelor termice. Concluzia este clară că pe viitor se vor folosi din ce în ce mai mult solare termice.

Aspecte favorabile	Aspecte nefavorabile
1. Economice/ energetice / Tehnice	
- Energia convențională foarte scumpă	- puțin scumpă
- Energia convențională puțin disponibilă	- disponibilă
- Tehnologia clasică nedisponibilă	- tehnologia clasică și materiale solare disponibile
- Pricepere și competență în domeniul solar (construcții, distribuții, instalații)	- Pricepere și competență în domenii clasice(construcții, distribuții, instalații)
- Avantaje financiare - Stimularea preocupărilor in domeniul solar (beneficii fabricant /vânzător) - Cerere de energie descentralizată, localități izolate.	Stimularea economică a tehnicii clasice (beneficiile vânzătorilor) Cerere mare de energie centralizată
Existența salariilor și inconveniente ale tehnicii clasice(fum, reparații dese etc.)	Sociologice: obișnuința, tradiția utilizării tehnicilor clasice
Dorința de a promova o “modă” solară	Încrederea în tehnologiile clasice (becul electric etc.)
Reclama nefavorabilă tehnicilor clasice	Reclama nefavorabilă utilizării energiei solare
2. Climat și microclimat	
Climat însorit	Climat neînsorit
Climat sec	Climat umed
Acces degajat(zona rurală)	Acces solar incomod(zone urbane, dens populate)

Tabel 3.9. Aspecte favorabile și nefavorabile utilizării tehnologiilor solare pentru rezolvarea necesităților.

Distilatoare solare

Una din utilizările de mare importanță ale energiei solare, mai ales pentru țările cu climă caldă situate în apropierea mărilor și oceanelor, este distilarea apei. Apa distilată poate fi utilizată în scopuri industriale, gospodărești de consum pentru populație etc.

Utilizarea directă a energiei solare pentru evaporarea apei de mare, de ocean sau în general a apei sărate necesită un bazin nu prea adânc prevăzut cu un acoperiș transparent și înclinat. Acoperișul servește la izolarea sistemului și la condensarea apei care s-a evaporat prin încălzire solară. Apa care se condensează pe partea din interior al acoperișului se scurge într-un canal și în continuare într-un bazin sau este preluată direct pentru consum. În figura 3.53. se prezintă schema unui distilator solar simplu, care constă dintr-un bazin care conține un strat de apă de grosime maximum câțiva centimetri, închis de un acoperiș transparent și înclinat. Energia solară incidentă este transformată în căldură la 50-60°C la nivelul fundului bazinului, care produce evaporarea apei și care în continuare se condensează pe partea din interior al acoperișului înclinat. Pelicula de apă condensată se scurge de pe acoperișul înclinat într-un canal.

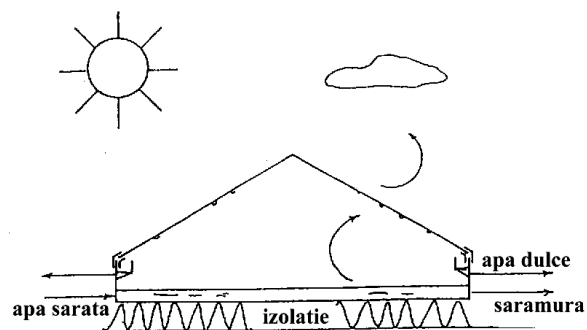


Figura 3.53. Distilator solar simplu.

Acest tip de distilator solar este utilizat de câțiva ani în foarte multe țări. El asigură necesarul de apă potabilă ale regiunilor izolate unde nu există alte surse de aprovizionare a localităților cu apă pentru consumul populației.

În condițiile unei insolații zilnice de 6 kWh m^{-2} , producția de apă distilată este de aproximativ 4 L m^{-2} , ceea ce corespunde la un randament de 40-50%.

Pentru valori de insolare de $2-3 \text{ kWh m}^{-2}\text{zi}^{-1}$, distilatorul nu mai prezintă importanță practică.

Din punct de vedere economic, de bază este durata de funcționare fără reparații a distilatorului solar timp de zece ani și o întreținere normală, prețul de cost al unui m^3 de apă distilată fiind de maximum 7 \$. Aceasta înseamnă că distilarea solară a apei este cam scumpă. Ea totuși devine rentabilă dacă apa distilată se utilizează în laboratoare chimice și medicale, pentru bateriile electrochimice, în procesele chimice etc. Distilatoarele solare pot fi utilizate eficient pentru distilarea extractelor apoase din flori și plante aromatice sau medicinale.

Utilizarea energiei solare pentru refrigerare

Căldura solară furnizată de un captator plan sau sub vid poate fi utilizată pentru a produce frig. În figura 3.54 se prezintă schema unei mașini frigorifice solare.

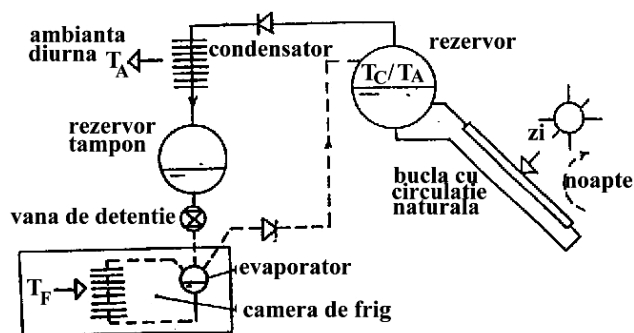


Figura 3.54. Schema unei mașini frigorifice solare.

Principiul de funcționare a unei asemenea mașini este foarte simplu. Un rezervor care conține o soluție apoasă de amoniac și un captator solar formează o buclă de circulație naturală. În timpul zilei, căldura solară produsă de captator provoacă evaporarea refrigerentului (amoniac) sub presiune mare (aproximativ 10 bar), care datorită temperaturii aerului ambiant se condensează și se stochează într-un rezervor tampon. În timpul serii și a

noapții, bucla captator-rezervor se răcește și presiunea scade foarte mult, până la 2-3 bar. Această importantă modificare de presiune permite refrigerentului (amoniacului) lichid stocat să se destindă, ceea ce provoacă răcirea sa, și menținerea la temperatură scăzută a camerei. După evaporare refrigerentul se reîntoarce către rezervorul principal.

Funcționarea este deci intermitentă dependentă de radiația solară. Clapetele antiretur asigură sensul adecvat al circulației refrigerentului. În exemplul prezentat, producerea frigului se face noaptea, însă cu alte mașini se poate realiza frigul ziua sau continuu. Această mașină de produs frig nu are părți mobile, este deci silențioasă, simplă și se întreține foarte ușor.

În prezent se utilizează numeroase variante de frigorifere solare, care sunt concurenți importanți ai frigoriferelor fotovoltaice. Aceste mașini frigorifice solare sunt utilizate pentru conservarea vaccinurilor, producerea gheții, conservarea cărnii, a alimentelor etc.

Performanțele lor sunt echivalente cu frigul care ar produce 4-6 kg de gheață pe zi și metru pătrat de captator.

În diferitele variante, mașinile frigorifice solare pot fi utilizate pentru condiționarea aerului.

Aparate frigorifice cu absorbție

În instalațiile termice solare de refrigerare sau de condiționare a aerului, compresorul mecanic este înlocuit cu un compresor termochimic. El este format din două rezervoare, fiecare conținând un amestec format din două componente: refrigerantul care circulă prin condensator - vană - evaporator, unde produce frigul ca o mașină clasică cu compresiune, și un solvent mult mai puțin volatil, care interacționează puternic cu refrigerantul.

În tabelul 3.11. se prezintă cupluri de refrigerenți-solvenți sau absorbantți.

Refrigerent	Solvent sau absorbant
H ₂ O	LiBr, LiCl, zeolit, silicagel
NH ₃	H ₂ O, CaCl ₂ , cărbune activ
CH ₃ OH	Cărbune activ
Metilamina, diflor- clor- metan	LiCl, diverși solvenți organici

Tabelul 3.11. Principalele cupluri refrigerent-solvent sau absorbant.

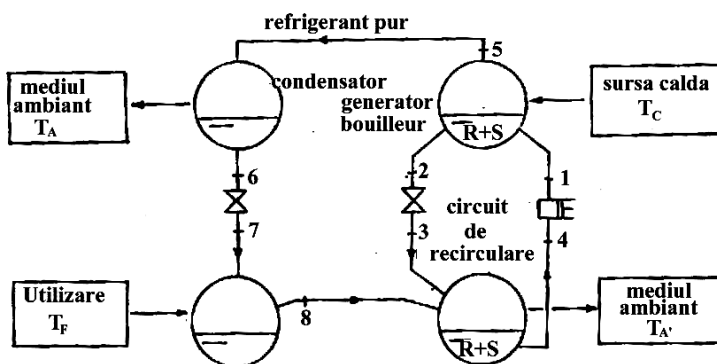


Figura 3.55. Schema de principiu a unei instalații frigorifice de absorbție

compus printr-o reacție chimică cu un reactiv solid. Aceste mașini de absorbție, sau reacție chimică solid-gaz poartă numele generic de mașină cu absorbție. Schema unei asemenea mașini sau instalații de absorbție este prezentată în figura 3.55.

Încălzind unul din rezervoare (generatorul) până la o anumită temperatura T_c , se generează refrigerantul pur sau cvasi pur la presiune ridicată a condensatorului, în timp ce menținând în alt rezervor (absorbant) în condiții ambiante se absoarbe refrigerantul la presiune joasă din evaporator. Se obține astfel o mașină frigorifică tritermică utilizând numai căldura care provine de la o sursă caldă, de la mediul ambiant și de la sursa rece.

Dacă se dorește o funcționare continuă, este necesar asigurarea unui circuit de recirculare pentru menținerea constantă a compoziției în generator și absorbator. Acest circuit conține o vană și o pompă a cărui consum este foarte mic și care poate fi suprimat printr-un procedeu tehnic (procedeu Serval-Electrolux) utilizat în toate mașinile de absorbție de mică putere (congelatoare cosmice, de camping sau hotel). Din prezentarea de

Menționăm că apa poate fi utilizată la temperaturi mai mari de 0°C iar, NH₃, metanolul și alți solvenți organici se pot utiliza pentru întreaga gamă dorită de temperaturi. interacțiunea refrigerant-solvent sau absorbant este cauza unor fenomene diferite: absorbția refrigerantului în solventul cu care el formează o soluție lichidă, absorbția fizică al refrigerantului în masa solidului microporos numit absorbant sau formarea unui

mai sus rezultă că instalațiile respective au multe caracteristici favorabile de a utiliza căldura solară la temperaturi moderate. Cele mai importante sunt:

- funcționarea se bazează pe schimbul de căldură,
- mașinile de produs frig sunt statice ceea ce garantează o funcționare silențioasă, o mare longevitate, o întreținere limitată și posibilitatea fabricării locale,
- mașinile frigorifice se pot fabrica într-o largă varietate de putere frigorifică de la câțiva zeci de wați (pentru conservarea vaccinurilor) până la mai mulți megawați (condiționarea aerului din hoteluri, depozite etc.),
- funcționarea poate fi intermitentă, ceea ce convine utilizării energiei solare,
- fluidele sau solidele prezente în cele patru rezervoare ale mașinii constituie un stocaj natural sub formă de căldură sensibilă și chimică, care asigură producerea frigului în caz de indisponibilitate temporară a căldurii de către generator.

Randamentul energetic, denumit coeficient de performanță și notat cu COP este definit prin relația:

$$\text{COP} = \frac{\text{energia utilă frigorifică}}{\text{energia furnizată de sursa caldă}} = \frac{Q_F}{Q_C}$$

El depinde de construcția și tipul mașinii, de cuplul solvent-refrigerant și de temperaturile surselor reci (T_F) a mediului ambiant (T_A) și a sursei calde (T_C).

Pentru o anumită mașină de frig și mediu caracterizat, variația COP este prezentată în figura 3.56.

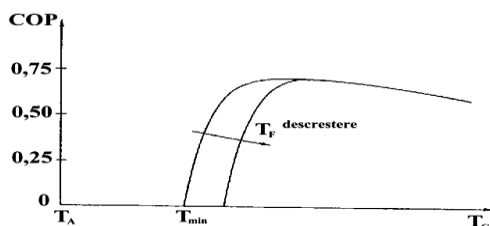


Figura 3.56. Dependența coeficientului de performanță funcție de temperatura sursei calde.

El prezintă următoarele particularități importante:

- a- Există o temperatură minimă (de început) a sursei calde de la care mașina poate să funcționeze: această temperatură crește până la frigul dorit la cea mai joasă temperatură. Invers, la o temperatură dată există o limită inferioară de funcționare pentru T_F . În funcție de cuplul solvent – refrigerant și $T_{F \text{ dorit}}$, acest prag (T_{\min} , temperatura minimă) se situează practic între 45 și 70°C

deasupra temperaturii ambiante sau dacă aceasta este mai mare de 25°C, $T_{\min} = 70-95^\circ\text{C}$.

- b- Plecând de la această limită, COP crește foarte repede, către o valoare maximă apoi descrește foarte lent. Acest maxim foarte plat se situează între 0,2 și 0,7 pentru mașinile cu compresie și care sunt de 1,2 la 4. Reamintim totuși că energia furnizată este căldura și nu lucrul mecanic sau energia electrică.

Existența unei temperaturi minime este principala condiție impusă pentru refrigerarea termică solară. O altă caracteristică impusă rezultă din caracterul intrinsec variabil al aportului solar. Contrar omologilor industriali, mașinile solare trebuie să se adapteze unei funcționări tranzitorii cu opriri și porniri automate de la apusul până la răsăritul soarelui. Pentru asigurarea unui frig continuu este necesar o stocare sub diverse forme:

stocare de frig pentru căldura sensibilă sau schimbare de fază (gheața) sau stocare de căldură sensibilă sau chimică în generator și absorbtor.

Se mai definește și un alt tip de coeficient de performanță și anume coeficient de performanță zilnică notat cu COPS exprimat prin relațiile:

$$\text{COPS} = \frac{\text{frigutil}}{\text{energiesolaradisponibila}}$$

$$\text{COPS} = \eta_{\text{conversie termica}} \cdot \text{COP}$$

În prezent se fac numeroase cercetări pentru a utiliza cât mai avantajos energia solară la mașinile frigorifice.

Aparatele de producere a frigului prin utilizarea energiei solare pot acoperi întreaga gamă de necesități concretizată pe următoarele domenii:

- +15 la +2°C: condiționarea aerului, conservarea vaccinurilor și medicamentelor, alimentelor, băuturilor, produselor lactate, ouălelor,
- +3 la -30°C : conservarea căinii, peștelui, producerea gheții, conservarea cremelor congelate și a înghețatelor,
- -20 la -30°C: conservarea produselor supracongelate.

Mașini frigorifice cu funcționare continuă și discontinuă

Mașinile frigorifice care funcționează utilizând energia termică solară sunt concepute într-o gamă variată

de modele. Dintre acestea prezentăm mașinile sau aparatele cu absorbție care funcționează continuu ziua și intermitent cu producerea frigului noaptea.

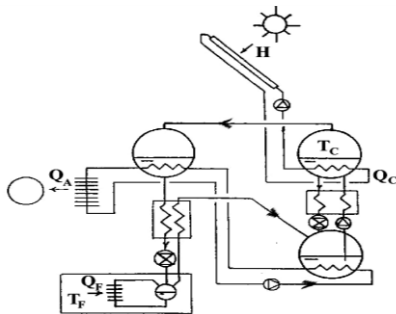


Figura 3.57. Schema unei mașini frigorifice solare a absorbției amoniac-apă.

Mașina de produs frig cu funcționare continuă în timpul zilei este prezentată schematic în figura 3.57.

Prezența a două schimbătoare de recuperare asigură o mare performanță. Cele trei pompe de recirculare, două pentru mașina frigorifică și una pentru circuitul solar au o putere neglijabilă (câteva procente) în raport cu contribuția solară. Cu toate acestea trebuie să se prevadă o alimentare la rețea sau prin module fotovoltaice. Deoarece contribuția solară intrinsecă este variabilă și periodică în 24 de ore, este necesar să se construiască mașini de produs frig ținând cont de aceste realități.

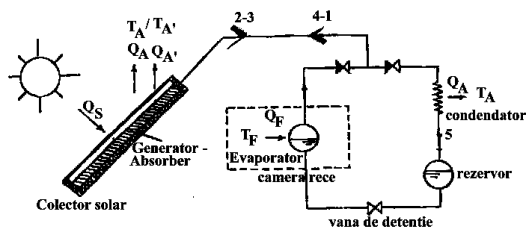


Figura 3.58. Refrigerator solar cu absorbție.

unde același rezervor joacă rolul de generator în timpul zilei, alimentat la rețeaua solară prin circulație naturală și absorbant în timpul nopții, răcit de către temperatura din exterior, prin circulație naturală via rețeaua solară.

În figura 3.58 se prezintă o mașină cu absorbție amoniac-apă

În timpul zilei, amoniacul este desorbit de către generator, condensat și stocat. În timpul nopții, presiunea soluției amoniacale diminuează în așa fel amoniacul încât lichidul din condensator se destinde, se evaporă producând frig și se returnează către absorbator. Clapetele anti-retur impun sensul transferului refrigerantului.

În comparație cu mașina frigorifică solară cu absorbție amoniac-apă, se observă o importantă simplificare a mașinii și absența totală a contribuției mecanice sau electrice. Caracterul intermitent al energiei solare și al mașinii cu absorbție a fost perfect integrat. Mașinile cu absorbție sau cu reacție chimică unde solidul (CaCl_2 , zeolitul etc.) este integrat în absorbitorul captatorului solar, se supune aceleiași concepții: producerea nocturnă a frigului și regenerarea reactivilor în timpul zilei.

Performanțele reale ale mașinilor frigorifice

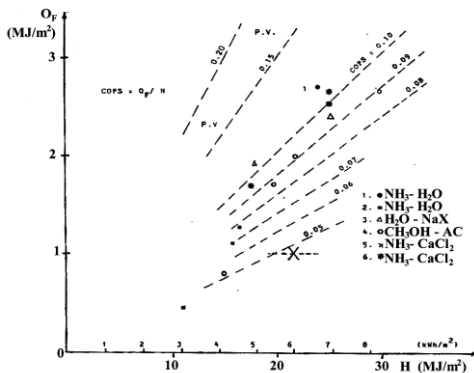


Figura 3.59. Performanțele zilnice ale mașinilor frigorifice solare.

În figura 3.59. se prezintă producția zilnică a frigului pe m^2 și COPS în funcție de expunerea energetică solară zilnică, H , a unor mașini frigorifice solare cu absorbție sau adsorbție (sorbție) din care rezultă că este necesară o valoare minimă a lui H , de aproximativ 10 MJ m^{-2} - 3 kWh m^{-2} , producția de frig Q_F crește repede cu H începând de la această valoare minimă, performanțele slabe ale sistemului 2 sunt date de funcționarea sa în mediu umed și puțin insolat, ciclul continuu de

absorbție cu cele mai bune performanțe este cel mai complex, sub o insolare suficientă $H > 20 \text{ MJ m}^{-2} = 5,5 \text{ kWh m}^{-2}$ toate mașinile bune au un $\text{COPS} = 8-11\%$ ceea ce corespunde la o producție de gheață zilnică de $4-6 \text{ kg/m}^2$ de colector solar.

Cuptoare solare

Denumirea de cuptor solar este dată unui sistem format în principal dintr-o instalație de captare-concentrare a radiației solare și un receptor, situat în zona focală, în care se obțin temperaturi foarte înalte. Pentru obținerea unor factori de concentrare foarte ridicați sunt utilizate concentratoare adecvate, care pot fi de tip reflectant- cu oglinzi cave sau de tip refractant- cu lentile. Cuptoarele solare cu concentratoarele de tip reflectant s-au dovedit a fi mai practice și mai ușor de realizat comparativ cu cele de tip refractant și de aceea s-a renunțat la acestea

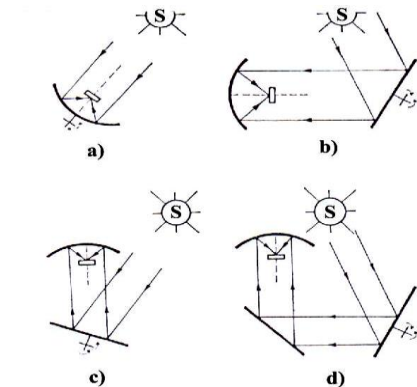


Figura 3.60. Aranjamente geometrice posibile pentru cuptoare solare cu concentratoare parabolice. a) cu axa îndreptată mereu spre Soare; b) axa în poziție orizontală, îndreptată spre nord; c) axa este verticală; d) axa este verticală însă primește radiațiile prin reflexie de la două oglinzi oblice.

din urmă.

Concentratorul optim pentru cuptoarele solare de tip reflectant este cel de forma unui paraboloid de revoluție, eventual ușor modificat. Există mai multe posibilități de realizare a cuptoarelor cu concentratoare

parabolice, utilizarea unui tip sau al altui tip depinzând de cerințele specifice pe care trebuie să le satisfacă cuptorul. Cel mai simplu aranjament geometric se obține montând oglinda parabolică astfel încât axa sa să fie îndreptată mereu spre Soare (figura 3.60,a). Cu toată simplitatea sa, sistemul are o serie de dezavantaje și anume:

- focarul cuptorului se află deasupra oglinzii, ceea ce face dificil accesul în zona de lucru;
- cuptorul este greu de folosit pentru topirea metalelor, deoarece practic creuzetul este răsturnat cu gura în jos;
- structura necesară pentru susținerea și ghidarea oglinzii parabolice devine foarte grea și costisitoare.

Cel mai important avantaj al acestei geometrii este absența oglinzilor plane secundare, necesare în celelalte aranjamente. Acest lucru conduce la pierderi minime de energie. O altă posibilitate este aceea de a monta cuptorul solar cu oglinda parabolică având axa în poziție orizontală, îndreptată spre nord (în emisfera nordică), fără a se deplasa după Soare (figura 3.60,b). Razele solare cad pe una sau mai multe oglinzi plane (heliostate) și sunt reflectate spre oglinda parabolică. De data aceasta heliostatele urmăresc mișcarea aparentă a Soarelui. În această configurație zona focală rămâne fixă față de sol și este ușor accesibilă. Se pare că ea constituie singura configurație practică și economică pentru cuptoarele solare de mari dimensiuni.

Un al treilea tip de geometrie a cuptorului solar este acela în care axa paraboloidului este verticală. Cuptorul solar parabolic cu axa verticală are proprietatea de a oferi condiții de lucru foarte convenabile pentru topirea metalelor deoarece reprezintă singura geometrie în care creuzetul se află în poziție verticală normală.

Primul cuptor solar modern, utilizând o oglindă parabolică cu deschidere mare, a fost utilizat în 1935 pentru

topirea oxidului de zirconiu. Cel mai mare cuptor solar realizat până în prezent este cel de la ODEILLO - Franța (figura 3.61) situat în Pirinei, la o altitudine de cca 1820 m unde numărul anual al zilelor senine ajunge la 180 iar densitatea puterii radiante incidente atinge frecvent 1 kW/m^2 . Acest cuptor a fost dat în folosință în anul 1970 și furnizează o putere maximă în zona focală de 1000 kW permițând obținerea unor temperaturi de peste 3500°C . Cuptorul are un concentrator parabolic cu

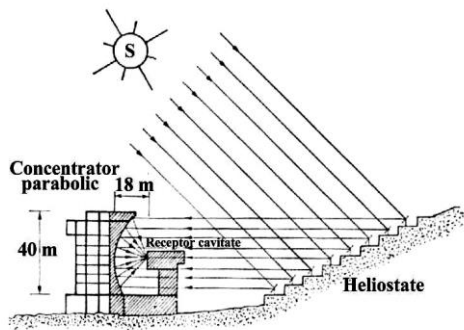


Figura 3.61.

Schema constructivă a cuptorului solar de 1000 kW de la Odeillo (Franța).

axa orizontală fixă, distanța focală a acestuia fiind de 18 m,

înălțimea de 40 m iar lățimea maximă de 54 m. În anul 1976 instalația cuptorului solar a fost transformată într-o centrală solar-electrică care furnizează sistemului energetic al Franței o putere electrică de 64 MW. Au fost realizate numeroase cuptoare solare în Franța, SUA, fosta URSS, Japonia, Israel etc.

Principalele domenii de utilizare a cuptoarelor solare sunt cele care implică obținerea unor temperaturi înalte și a unor fluxuri termice foarte mari. Cuptoarele solare oferă un plus față de cuptoarele convenționale privind condițiile de lucru extrem de avantajoase și anume: atmosfera poate fi controlată, materialul studiat este ușor accesibil iar mediul contaminant, flăcările, câmpurile electrice și magnetice sunt absente. În cuptoarele

solare existente s-au obținut densități ale puterii radiante de ordinul a 14 MW m^{-2} și printr-o îmbunătățire constructivă s-ar putea atinge valori de cca 26 MW m^{-2} corespunzător unei temperaturi de 4600 K .

Principalele aplicații ale cuptoarelor solare sunt:

- pentru topirea materialelor cu refractabilitate ridicată ca: dioxidul de zirconiu, cuarțul, corindonul, carburi, nitruri, boruri etc, pentru care tehnicile de topire convenționale prezintă o serie de inconveniente;
- purificare prin topire zonală (exemplu purificarea aluminei în vederea obținerii corindonului de înaltă calitate);
- centrale electrice cu putere deocamdată mică;
- în realizarea unor procese chimice cum ar fi: extragerea oxidului de zirconiu din zircon (silicat de zirconiu), prepararea zirconatului și aluminatului de calciu, a sulfurilor refractare, a cimenturilor refractare, a nitrurilor metalice etc.

În tabelul 3.12 sunt prezentate succint câteva dintre caracteristicile unor cuptoare solare.

Țara	Localitate	Concentrator	T max (°C)	Utilizare
Franța	Montlouis	2 paraboloidi, axă verticală, din sticlă argintată, 2 heliostate $(3 \times 3) \text{ m}^2$ din sticlă argintată	3200	Studiul mat.refractare, top. metale și aliaje, reacții în gaze, studiu fluxuri termice
Franța	Montlouis	1 paraboloid, axă orizontală din sticlă argintată, 1 heliostat $(13 \times 10,5) \text{ m}^2$ din sticlă argintată	3000	Idem și în plus fabricarea semiind. a mat. refract.
Algeria	Bouzareah	1 paraboloid orientabil din sticlă argintată	3000	Cercetări asupra sintezelor în gaze
Algeria	Alger	1 paraboloid orientabil din tablă de aluminiu	1000	Idem
SUA	Pasadena	38 lentile și 18 oglinzi orientabile, focar fix	3200	Top. mater. refract, stud. spectroscopice
SUA	Tampa (Arizona)	1 paraboloid, axă orizontală din cupru aluminat plus heliostat	3000	Cercet. asupra materialelor
Japonia	Nagoya	1 paraboloid, axă orizontală din sticlă argintată plus heliostat	3400	Studii la temp. înalte

Tabelul 3.12. Câteva caracteristici ale unor cuptoare solare

Pentru obținerea de exemplu a oxidului de zirconiu se amestecă silicatul de zirconiu cu carbonat de sodiu apoi se încălzește la temperaturi de peste 1400°C când se formează zirconat de sodiu și silice. Zirconatul de sodiu este dizolvat în apă și din soluție se separă hidroxidul de zirconiu care prin încălzire în cuptor trece în ZrO_2 .

A fost studiată sinteza acidului azotic în cuptoarele solare, prin trecerea aerului la temperaturi foarte mari când se formează NO și apoi NO_2 și care se răcesc brusc. În continuare NO_2 urmează fluxul normal de obținere a acidului azotic:

