

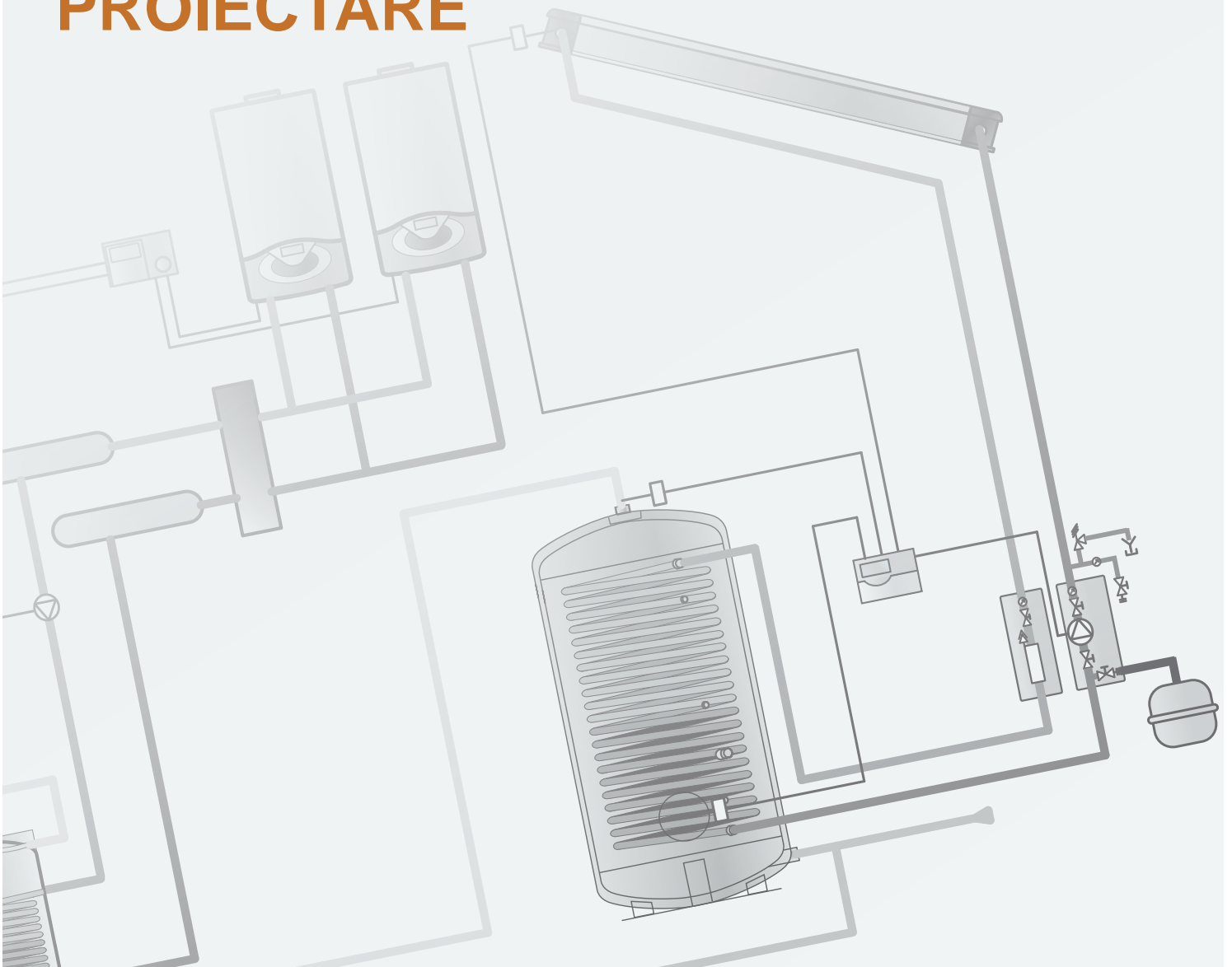


ARISTON

SISTEME SOLARE



PROIECTARE



SISTEME SOLARE

PROIECTARE

CUPRINS

1. INTRODUCERE ÎN SISTEMUL SOLAR TERMIC	5
1.1. Lumina	5
1.1.1 Lumina ca radiație electromagnetică	5
1.1.2 Interacțiunea radiației solare cu atmosfera	5
1.1.3 Radiația globală și componentele sale	6
1.2 Energia solară	6
1.2.1 Variabilitatea energiei solare	6
1.2.1.1 Variabilitatea geografică	6
1.2.1.2 Variabilitatea anuală	7
1.2.1.3 Variabilitatea zilnică	8
1.3 Sisteme solare termice	8
1.3.1 Principii de bază	8
1.3.2 Utilizări principale	8
1.3.3 Tipuri principale de instalații solare	9
1.3.3.1 Circulația naturală	9
1.3.3.1.1 Sisteme de circulație naturală cu schimb direct	10
1.3.3.1.2 Sisteme de circulație naturală cu schimb indirect	10
1.3.3.2 Circulația forțată	11
1.3.3.2.1 Sisteme de circulație forțată „convențională”	12
1.3.3.2.2 Sisteme de circulație forțată „cu golire”	12
1.3.4 Concepte fundamentale ale sistemelor solare termice	13
1.3.4.1 Acoperire	13
1.3.4.2 Randament	13
1.3.4.3 Acoperire/randament	14
1.3.4.4 Integrare energetică a sistemului solar	15
1.3.4.4.1 Integrare în timpul consumului (instantanee)	15
1.4 Componente ale sistemului solar termic	16
1.4.1 Colector solar	17
1.4.1.1 Colector fără geam	17
1.4.1.2 Colector cu geam plan	18
1.4.1.2.1 Funcționarea unui colector plan	19
1.4.1.2.2 Detalii de construcție a colectorului	20
1.4.1.3 Colectoare cu tuburi vidate	21
1.4.1.3.1 Funcționarea unui colector cu tuburi vidate	22
1.4.1.3.2 Detalii de construcție a unui colector cu tuburi vidate	22
1.4.1.4 Concepte fundamentale privind colectoarele	25
1.4.1.4.1 Capacitatea selectivă a geamului	25
1.4.1.4.2 Izolarea termică a colectoarelor	25
1.4.1.4.3 Capacitatea de absorbție și emisie a plăcii selective	26
1.4.1.4.4 Randamentul unui colector solar termic	26
1.4.1.4.5 Proces verbal de testare și certificare a colectoarelor	28
1.4.2 Rezervoare de acumulare solară	33
1.4.2.1 Caracteristici importante ale rezervoarelor de acumulare solară	33
1.4.2.2 Tipuri de rezervoare de acumulare solară	34
1.4.2.2.1 Aplicare și poziționare	34
1.4.2.2.2 Schimbător de căldură	35
1.4.2.2.3 Dispozitiv de stratificare	36
1.4.3 Unitatea de comandă a sistemului solar și senzorii instalației	36
1.4.3.1 Funcționarea unității de comandă a sistemului solar	36
1.4.3.2 Senzorii de temperatură	37
1.4.4 Grup de circulație	37
1.4.4.1 Tipuri de grupuri de circulație	39
1.4.5 Alte accesorii solare	40
1.4.5.1 Vasul de expansiune	40

1.4.5.2 Mixer termostatic	40
1.4.5.3 Supapă de derivație motorizată	40
1.4.5.4 Glicol.....	41
1.4.5.5 Schimbătoare de căldură externe.....	42
1.4.5.6 Degazor instalație și supapă de evacuare.....	42
2. PROIECTARE DE INSTALAȚII SOLARE.....	43
2.1 Introducere	43
2.2 Dimensionarea termică a instalației solare	44
2.2.1 Informații generale privind necesarul termic	44
2.2.2 Informații generale privind poziționarea colectoarelor	47
2.2.2.1 Azimutul și înclinarea colectorului.....	47
2.2.2.2 Umbrire din cauza obstacolelor	48
2.2.3 Dimensionare sistemelor solare pentru apă caldă menajeră.....	49
2.2.3.2 Calcularea numărului de colectoare necesare și	
a coeficientului de acumulare termică	51
2.2.3.3 Verificarea soluției.....	52
2.2.4 Dimensionare sistemelor solare pentru încălzire și	
apă menajeră casnică.....	53
2.2.5 Dimensionare sistemelor solare pentru piscine	55
2.3 Dimensionare hidraulică a instalației solare	57
2.3.1 Debit total al instalației solare	57
2.3.1.1 Debit normal sau debit scăzut	57
2.3.1.2 Colectoare așezate în serie sau în paralel	58
2.3.2 Dimensiunea conductelor	58
2.3.3 Calcularea pierderilor de presiune și alegerea grupului pompă	60
2.3.4 Dimensiunea vasului de expansiune	64
2.3.4.1 Stabilirea volumului instalației.....	64
2.3.4.2 Baza de calcul a dimensiunii vasului de expansiune.....	65
2.3.4.3 Metoda 1	65
2.3.4.4 Metoda 2.....	66
2.3.4.5 Anexă pentru dimensionarea vasului.....	68
2.3.4.6 Rezervor de protecție	68

PROIECTARE

Tehnologia sistemelor solare termice există de cel puțin treizeci de ani, totuși, în România, interesul și acceptarea instalațiilor solare a crescut abia în ultimii ani.

Instalațiile solare trebuie aproape întotdeauna integrate în alte instalații termice (existente sau care vor fi realizate), astfel fiind obținute sisteme complexe, atât din punct de vedere al proiectării, cât și al comenzilor.

Din acest motiv, proiectarea sistemelor termo-tehnice va deveni în următorii ani o profesie din ce în ce mai importantă, nu numai pentru instalațiile de mare anvergură, ci și pentru instalațiile casnice de dimensiuni mici, cu colector solar și centrală termică murală.

Această broșură prezintă principiile generale ale sistemelor solare termice, concentrându-se în principal asupra componentelor și caracteristicilor instalației; de asemenea, va fi prezentată gama de produse Ariston Thermo și, în final, diversele procedee de lucru pentru dimensionarea instalației solare în diverse aplicații.

Desigur, nu intenționăm să epuizăm toate subiectele privind sistemele solare termice, care sunt vaste și complexe.

În această secțiune vom trata aspecte tehnice generale ale sistemelor solare termice care trebuie cunoscute în mod necesar de către proiectant.

1. INTRODUCERE ÎN SISTEMUL SOLAR TERMIC

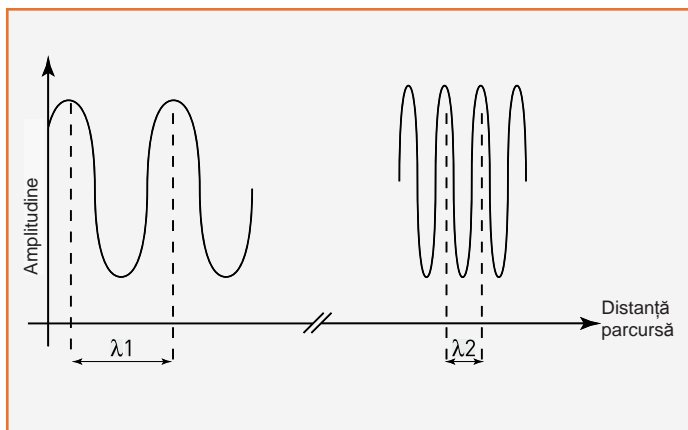
1.1. Lumina

1.1.1 Lumina ca radiație electromagnetică

Lumina este o undă electromagnetică care se propagă în direcție rectilinie cu viteza de 300.000 km/s.

Spre deosebire de undele mecanice, precum vibrațiile, aceasta nu are nevoie de un material (lichid, gaz sau solid) pentru a se mișca, ci se poate propaga și în vid.

Făcând o fotografie într-un moment dat unui segment de undă electromagnetică, vom vedea un parcurs sinusoidal cu vârfuri ale câmpului electromagnetic. Înălțimea vârfurilor se numește „amplitudine A”, iar distanța între aceste vârfuri este „lungimea de undă λ ”.



Lungimile de undă sunt clasificate în grupe și această clasificare compune „spectrul electromagnetic” care se întinde de la razele Gamma (pentru care λ = picometri) până la undele radio (pentru care λ = kilometri).

În partea mediană, între 0,3 și 10 nanometri, există ceea ce noi numim „lumină”.

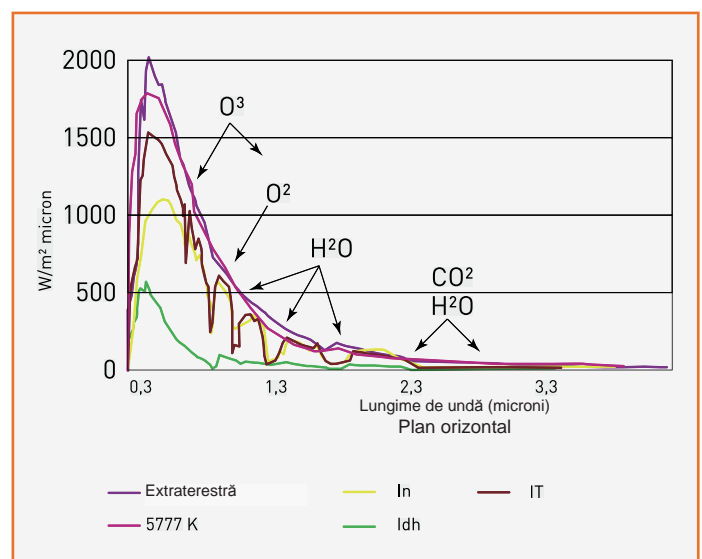


Radiația solară (numită impropriu lumină) este compusă dintr-un fascicul de unde electromagnetice cu lungimi de undă și amplitudini variate, care transportă o cantitate de energie E.

În lumina soarelui care călătorește în spațiu există toate frecvențele spectrului electromagnetic, în cantități și intensități (W/m^2) diferite.

1.1.2 Interacțiunea radiației solare cu atmosfera

Radiația solară traversează atmosfera și, în timpul acestei traversări, sunt supuse unor variații de intensitate și direcție, ca urmare a interacțiunii cu substanțele care compun atmosfera. Interacțiunea cu atmosfera este „selectivă”, adică anumite lungimi sunt absorbite sau deviate în proporție mai mare sau mai mică.



Interacțiunile principale sunt de două tipuri:

- Absorbția

Unele elemente atmosferice „de dimensiuni mai mari” (în raport cu lungimea de undă a radiației solare) pot absorbi total fasciculul de radiație incidentă, reducând intensitatea radiației. Astfel, ele își sporesc energia internă și, prin urmare, temperatura, devenind emițătoare de radiație cu undă lungă, care ajunge și ea parțial pe pământ, unindu-se cu radiația difuză.

- Difuzarea

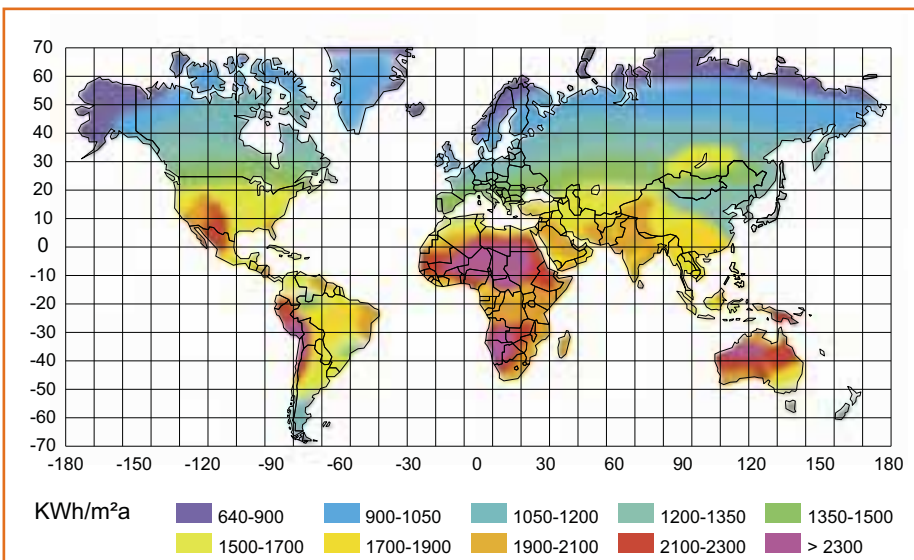
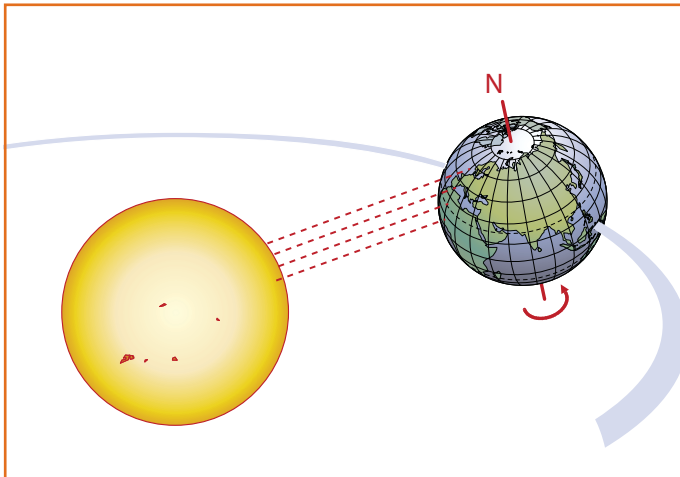
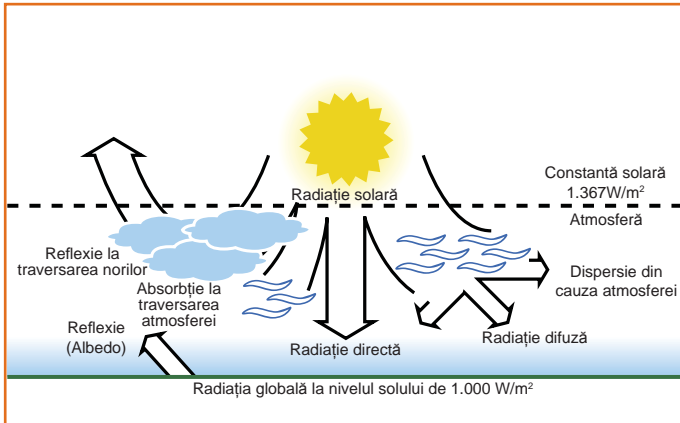
Alte elemente de dimensiuni mai mici (ca de exemplu, moleculele de aer) produc variații ale direcției fasciculului de radiație, provocând dispersarea acestuia și dând naștere radiației de undă scurtă, care ajunge la noi prin întreaga suprafață a cerului.

SISTEME SOLARE

1.1.3 Radiația globală și componentele sale

După cum am văzut până acum, radiația solară care ajunge la o instalație este constituită din următoarele componente, ilustrate în imagine:

- Lumină directă, care provine direct de la soare, fără modificări ale direcției
- Lumină difuzată, provenind din întreaga suprafață a cerului
- Lumină reflectată, provenind de la terenul înconjurător



1.2 Energia solară

Soarele este o sursă energetică inepuizabilă în raport cu viața ființelor umane; este un reactor nuclear de fuziune, situat la 150 milioane de km distanță față de Pământ, care emite o radiație electromagnetică care ajunge la Pământ cu o putere specifică de 1.367 W/m^2 dincolo de atmosfera terestră.

1.2.1 Variabilitatea energiei solare

Cantitatea anuală de energie solară pe un metru pătrat de suprafață orizontală variază mult în funcție de latitudine; de asemenea, pe lângă localizare, cantitatea variază și în funcție de perioada anului.

În fine, puterea solară instantanee se schimbă constant, atât în funcție de orele zilei, cât și în funcție de condițiile meteorologice.

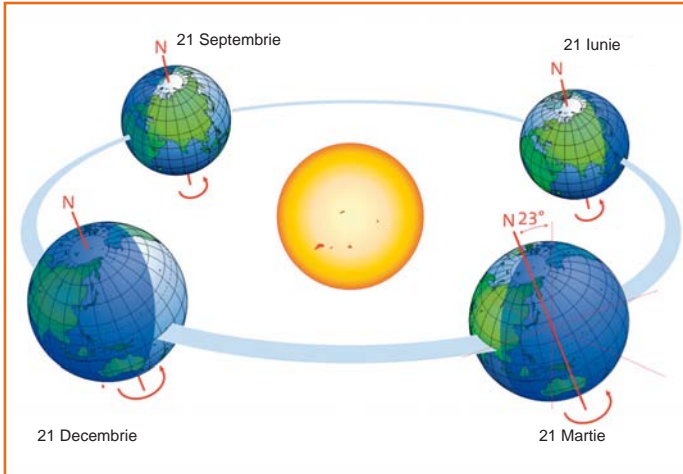
1.2.1.1 Variabilitatea geografică

Din cauza curbării Pământului, lumina soarelui atinge solul cu înclinație diferită în funcție de latitudine; pe măsură ce ne apropiem de tropice, razele solare ajung „mai perpendicular” pe Pământ, traversând grosimi tot mai mici de atmosferă. Acest lucru face ca razele solare să fie în medie „mai puternice” la latitudini mai mici.

În România, între București și Suceava, sunt diferențe de insolație anuală de 40% (de la 1.600 la 1.100 W/m^2).

1.2.1.2 Variabilitatea anuală

În funcție de localizare, în fiecare zi a anului soarele urmează o traiectorie diferită pe bolta cerească. Fiecare traiectorie se poate stabili prin două unghiuri, azimutul și elevația, care variază în funcție de oră.

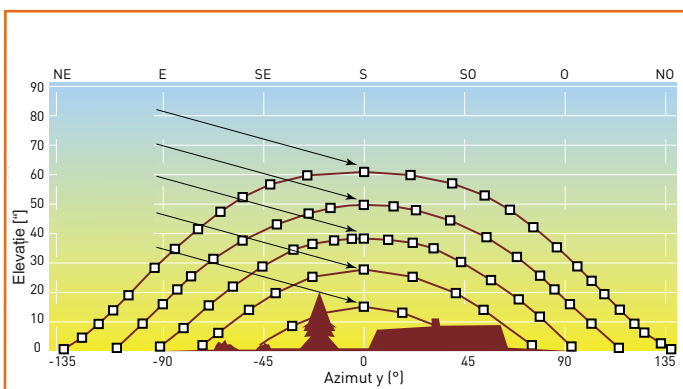
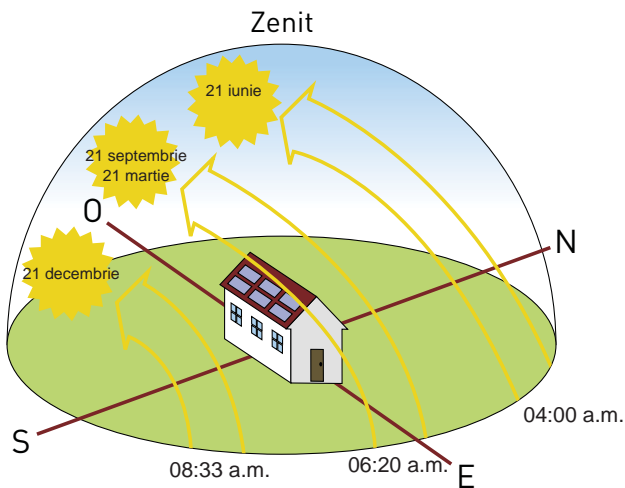
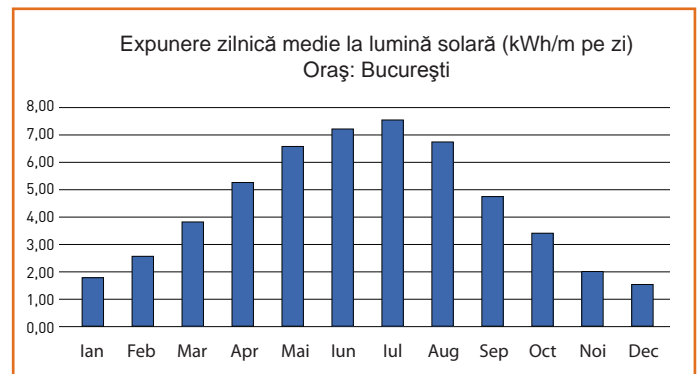


Înălțimea maximă a soarelui pe cer, care este atinsă la mijlocul zilei, se calculează mai ușor în cele 2 zile de solstițiu (21 Iunie și 21 Decembrie) și în cele 2 zile de echinocțiu (21 Martie și 21 Septembrie).

- Echinocții: $90^\circ - \text{latitudine}$
- Solstiții: $(90^\circ - \text{latitudine}) \pm 23^\circ$

În timpul verii, din cauza înclinației medii mai mici a razelor solare, acestea traversează grosimi reduse de atmosferă și să ating solul cu „putere mai mare”, iar înălțimea mai mare a soarelui face ca traiectoria sa să fie mai lungă, mărind perioada totală de lumină.

Cele două efecte combinate fac ca în România, între vară și iarnă să fie diferențe de expunere la lumina zilei medii zilnice de 400% (de la 2 kWh/m² pe zi la 8 kWh/m² pe zi).

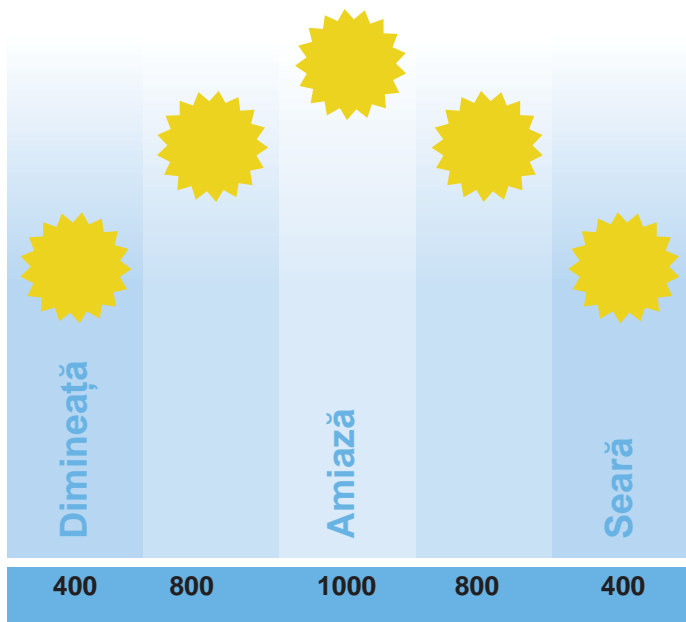


SISTEME SOLARE

1.2.1.3 Variabilitatea zilnică

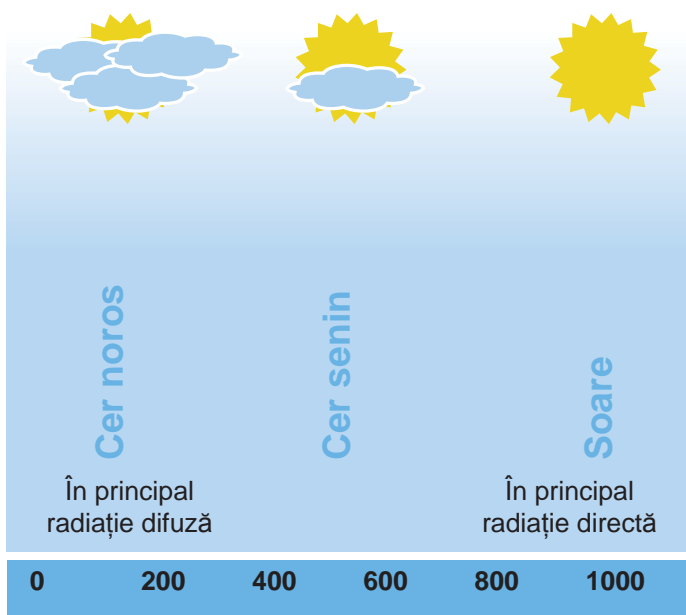
În funcție de localizare, în timpul zilei, puterea solară are o variabilitate dublă:

- Astrală: în funcție de poziția soarelui la orizont la o anumită oră.



Expunere la lumină solară W/m²

- Meteorologică: în funcție de fenomenele atmosferice locale (de exemplu, de nori) sau macrogeografice (ex. înnoirare cauzată de curenții atlantici).



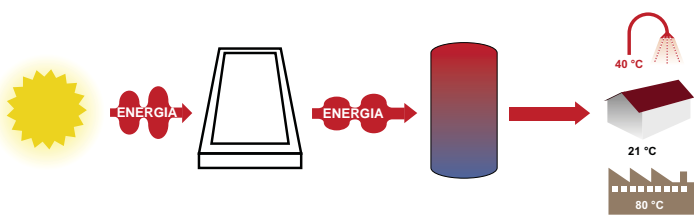
Expunere la lumină solară W/m²

1.3 Sisteme solare termice

1.3.1 Principii de bază

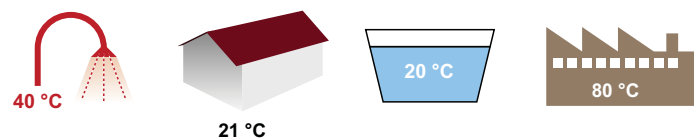
Un sistem solar termic capturează energia emisă de soare și o transferă într-un rezervor de apă care, prin urmare, se încălzește.

Stocul de apă caldă, ca o „baterie termică”, face mai stabilă și mai constantă în timp energia termică solară disponibilă și furnizată (prin natura sa foarte variabilă).



1.3.2 Utilizări principale

Energia capturată este folosită în principal la încălzirea apei menajere, dar și în aplicații pentru încălzirea locuințelor, piscinelor și a proceselor termice industriale.



1.3.3 Tipuri principale de instalații solare

O instalație solară termică de bază este compusă din:

- Colector solar (numit și „panou solar”), care colectează energia emisă de soare
- Rezervor de apă (numit și „boiler”), care acumulează și conservă căldura primită de la colector
- Elemente hidraulice și de comandă care fac posibil transferul de energie de la colector la rezervor.

Ca și la instalațiile termice, căldura este transferată cu ajutorul unui lichid (numit „agent termic”), care curge între panoul solar și boiler.

Lichidul (un amestec de apă și antigel alimentar) poate curge în mod spontan sau împins de o pompă. În funcție de acest lucru, putem distinge între două tipuri principale de instalație solară: cu circulație naturală sau cu circulație forțată.

1.3.3.1 Circulația naturală

Este un sistem extrem de economic iar funcționarea lui este bazată pe un principiu fizic elementar: un lichid, dacă este încălzit, devine mai puțin dens și tinde să urce.

La o instalație cu circulație naturală, agentul termic solar, încălzit de soare în colector, devine mai ușor și urcă spontan în boiler, unde cedează căldură apei menajere conținute în acesta; după schimbul termic, lichidul mai rece și mai greu coboară din nou în colectorul solar pentru a reîncepe să se încălzească.

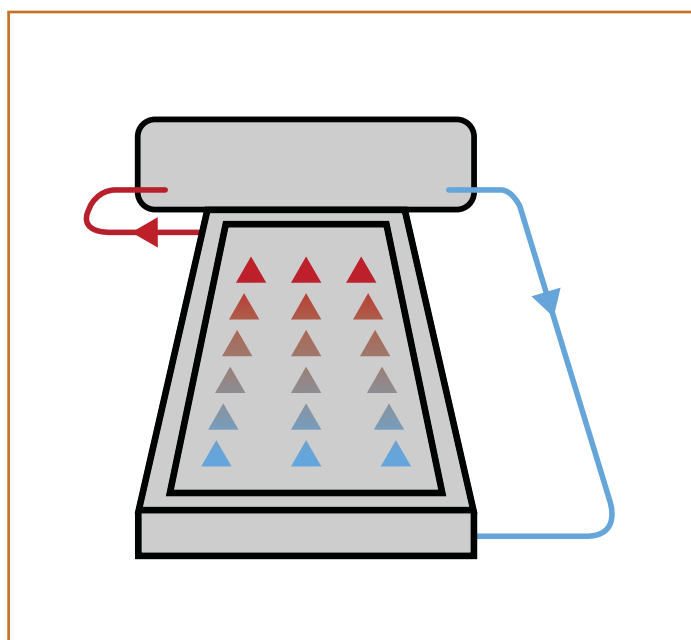
Sistemul funcționează astfel fără a fi nevoie de dispozitive electrice de circulație, cu condiția ca circuitul să aibă pierderi reduse de presiune și ca boilerul să fie poziționat deasupra și foarte aproape de colectorul solar.

Pro

- simplitate și fiabilitate
- economie
- niciun consum electric
- niciun spațiu ocupat în locuință
- preț mai redus al investiției

Contra

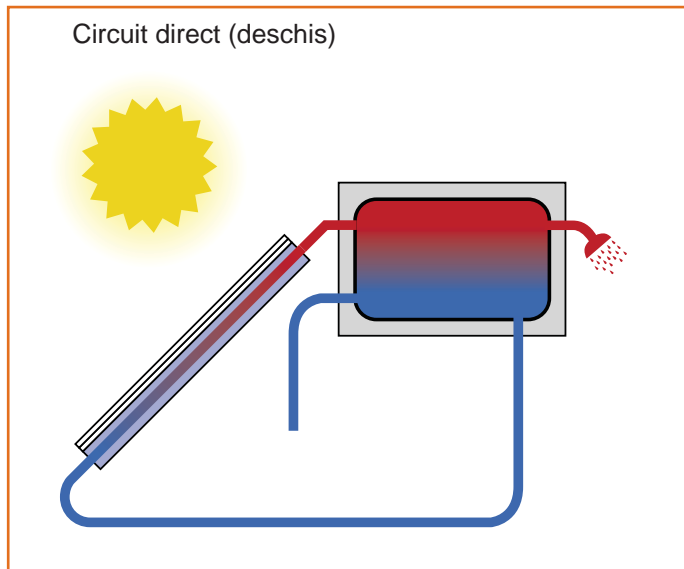
- integrare arhitectonică redusă din cauza impactului vizual sporit al boilerului amplasat în exterior, deasupra panourilor
- aplicabilitate limitată (instalații solare de apă menajeră de dimensiuni reduse)
- durată de utilizare redusă
- dispersie termică sporită deoarece boilerul este amplasat în exterior
- riscuri sporite de supraîncălzire
- riscuri sporite de înghețare
- dificultăți la instalare din cauza greutatei boilerului (mai ales pe acoperișuri cu pantă foarte înclinată).



SISTEME SOLARE

1.3.3.1.1 Sisteme de circulație naturală cu schimb direct

Există un singur circuit deschis, cel pentru apa menajeră; apa menajeră circulă direct între colector și boiler.



Pro

- simplitate extremă a sistemului
- preț mai redus al boilerului

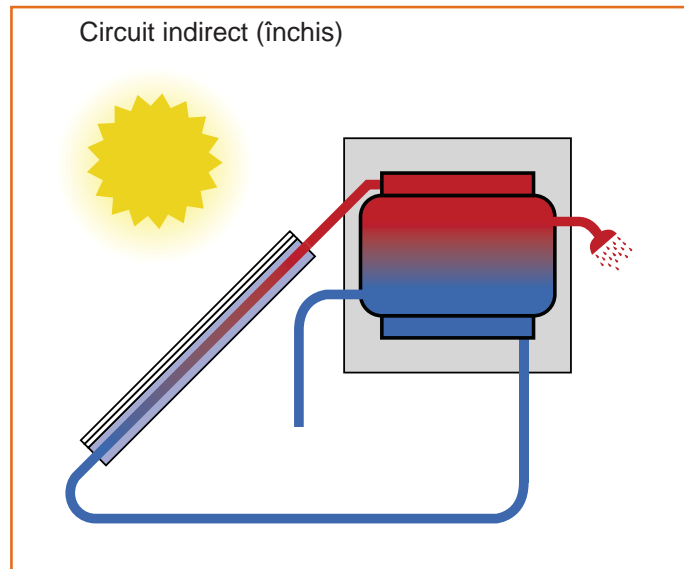
Contra

- apa menajeră intră în contact direct cu un mediu neigienic (colectorul)
- apa menajeră poate provoca depuneri mari de calciu în scurt timp, reducând performanțele colectorului, sau poate fi corosivă
- deoarece lichidul nu conține antigel, sistemul trebuie întotdeauna golit complet dacă temperatura scade sub zero grade, pentru a evita apariția fisurilor

1.3.3.1.2 Sisteme de circulație naturală cu schimb indirect

Există un circuit dublu, cel pentru apă menajeră - deschis și cel pentru lichid primar - închis.

Lichidul primar circulă între colector și boiler. În boiler este un schimbător de căldură cu un spațiu gol, în care lichidul primar cedează căldura circuitului de apă menajeră, care este trimisă utilizatorului la cerere.



Pro

- apa menajeră este întotdeauna igienică (intră în contact numai cu boilerul emailat)
- efect redus al coroziunii și calcifierii
- nu necesită golire (cel puțin la temperaturi mai mari de -10°C)

Contra

- sistem mai complex și mai scump

1.3.3.2 Circulația forțată

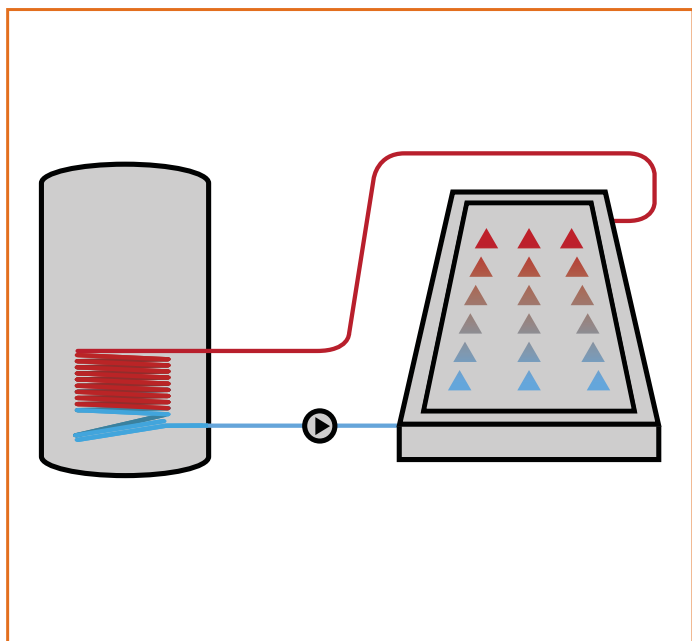
Poziționarea boilerului și a panourilor instalației termice în exterior nu este întotdeauna posibilă sau convenabilă. Este deci necesară utilizarea unei unități de circulare, a cărei gestionare este realizată printr-o unitate de comandă electronică. Prin intermediul sondelor, unitatea de comandă supraveghează continuu temperatura panourilor și a boilerului, activând unitatea de circulare numai când lichidul în panouri este mai cald decât cel din boiler. Acest sistem nu necesită o poziționare specială sau o distanță anume între rezervorul de acumulare și colectorul solar.

Pro

- control complet al instalației
- randamente superioare
- posibilități sporite de instalare
- flexibilitate de aplicare
- impact vizual limitat al instalației
- pierderi de căldură reduse ale boilerului și durată de utilizare sporită

Contra

- investiție și complexitate mai mare
- ocuparea spațiului în locuință (necesar pentru pompă și boiler)
- consumă energie electrică
- necesită setarea corectă a unui anumit număr de parametri ai unității de comandă
- instalarea presupune un proces mai complex



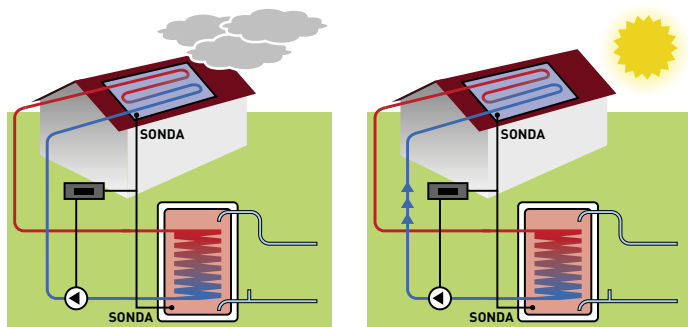
SISTEME SOLARE

1.3.3.2.1 Sisteme de circulație forțată „convențională”

Acest sistem cu circulație forțată prevede umplerea totală a circuitului de lichid primar în faza de punere în funcțiune.

Circuitul primar este similar unei instalații de încălzire.

În sezonul rece, colectoarele, întotdeauna umplute cu agent termic solar, trebuie să fie protejate împotriva spargerii provocate de expansiunea cauzată de înghețare; din acest motiv, lichidul trebuie să fie un amestec de apă și glicol propilenic (care îi coboară temperatura de îngheț).



Pro

- funcționează bine cu pompă cu rezistență mică și cu turație fixă
- sistem silențios și eficient din punct de vedere electric
- sistem simplu și economic
- nicio limitare specială privind înălțimea instalației

Contra

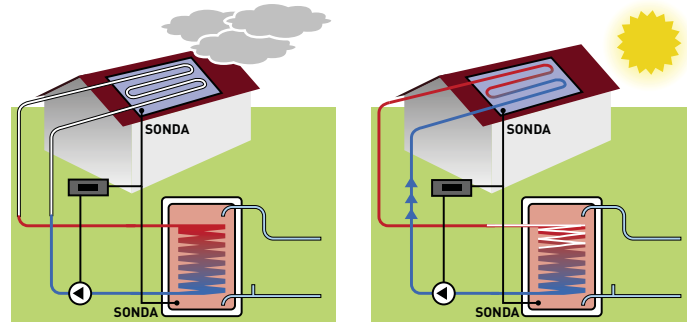
- necesită antigel, vas de expansiune și grupuri de siguranță

1.3.3.2.2 Sistem circulație forțată „cu golire” (drain back)

Acest sistem prevede umplerea parțială a circuitului.

Când unitatea de circulare este oprită, colectoarele, amplasate în mod necesar la înălțime, sunt goale și tot lichidul primar se găsește în serpentina boilerului (sau într-un recipient special).

Atunci când unitatea de circulare este pornită, coloana de lichid este împinsă în sus, umplând panourile. În unele zone ale circuitului, precum serpentina, lichidul va circula în condiții de „spațiu liber”, nereușind să ocupe tot volumul disponibil în interiorul instalației. Pentru a putea funcționa, instalația necesită dimensiuni precise (înălțime, lungime, diametru și înclinare a conductelor, etc.).



Pro

- nu necesită antigel, vas de expansiune și grup de siguranță
- schimb termic mai eficient (din cauza lipsei glicolului, care reduce capacitatea termică a lichidului)
- costuri de întreținere normală mai mici

Contra

- poate fi zgomotos
- necesită o pompă dublă pentru pornire (sau pompă modulantă cu absorbție ridicată) pentru a împinge în sus coloana de apă la pornire
- înălțime limitată a instalației (maxim 10 – 12 metri)
- sistemul se poate opri în lipsa lichidului (la temperaturi înalte)
- costuri mai mari

1.3.4 Concepte fundamentale ale sistemelor solare termice

1.3.4.1 Acoperire

Aceasta este un raport procentual între energia furnizată de instalația solară și energia totală necesară unei anumite aplicații (consumul pentru încălzirea apei menajere, încălzirea încăperilor sau a piscinelor)

$$C = \frac{E_U}{E_N}$$

Unde:

E_U = energia solară utilizată la consumator

E_N = energia totală necesară consumatorului (consum)

Acest raport poate fi calculat pentru perioade diferite (anual, lunar sau săptămânal); în aceste cazuri vorbim de acoperire anuală, lunară sau săptămânală.

În funcție de consumul mediu de energie E_N , acoperirea sistemului crește dacă:

- crește numărul de colectoare solare
- acesta se află în zone climatice expunere mai mare la lumina zilei
- este vară.

Valori obișnuite pentru acoperirea lunară (pentru apă caldă menajeră)

Ianuarie	20%
Iulie	90%

Valori obișnuite pentru acoperirea lunară (pentru apă caldă menajeră)

Între 40% și 70%

Valori obișnuite pentru acoperirea lunară (pentru apă caldă menajeră și încălzirea încăperilor)

De la 10% și 25%

1.3.4.2 Randament

Acesta este un raport procentual între energie furnizată de instalația solară și energia totală incidentă pe câmpul colector.

$$\eta = \frac{E_U}{E_I}$$

Unde:

E_U = energia solară utilizată la consumator

E_I = energia solară incidentă pe suprafața colectoarelor

Acest raport poate fi calculat pentru perioade diferite (anual, lunar sau săptămânal).

În funcție de consumul (lunar) de energie E_N , randamentul sistemului crește dacă:

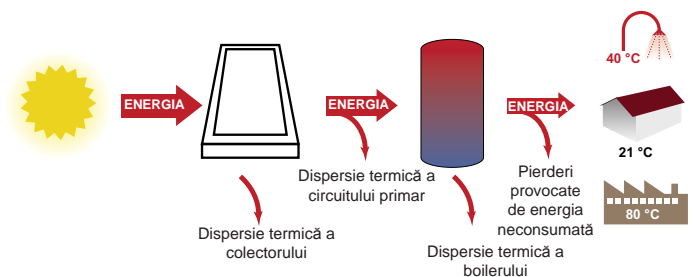
- sunt instalate colectoare cu randament mai mare (calitate operațională)
- este redusă temperatura circuitului solar sau crește temperatura aerului exterior (dispersie redusă a colectorului)
- este redusă dispersia termică pentru distribuție și stocare (izolare termică mai bună)
- este redus numărul de colectoare solare, astfel fiind eliminate pierderile provocate de lipsa consumului de energie solară (subdimensionare)

Valori obișnuite ale randamentului anual (pentru apă caldă menajeră)

Între 30% și 50%

Valori obișnuite ale randamentului anual (pentru apă caldă menajeră și încălzire camere)

Între 20% și 30% (vara, când încăperile nu mai sunt încălzite, există un exces de energie solară care se pierde, reducând producția instalației)



1.3.4.3 Acoperire/rendament

O centrală termică furnizează exact energia cerută de necesarul termic; dacă nu există cerere de energie, instalația rămâne oprită, randamentul nefiind existent pentru consum zero. O instalație solară termică, dimpotrivă, continuă să capteze energie solară și atunci când nu există cerere și rezervorul de acumulare este deja încălzit complet. De aceea, există randament și pentru consum zero.

Pentru clarificare, în aceste condiții toată energia solară excedentă se pierde exact ca în cazul turnării apei într-un recipient deja plin.

Această „risipă” de energie solară, scade instantaneu randamentul sistemului la zero și reduce și valorile de producție medie anuală și sezonieră.

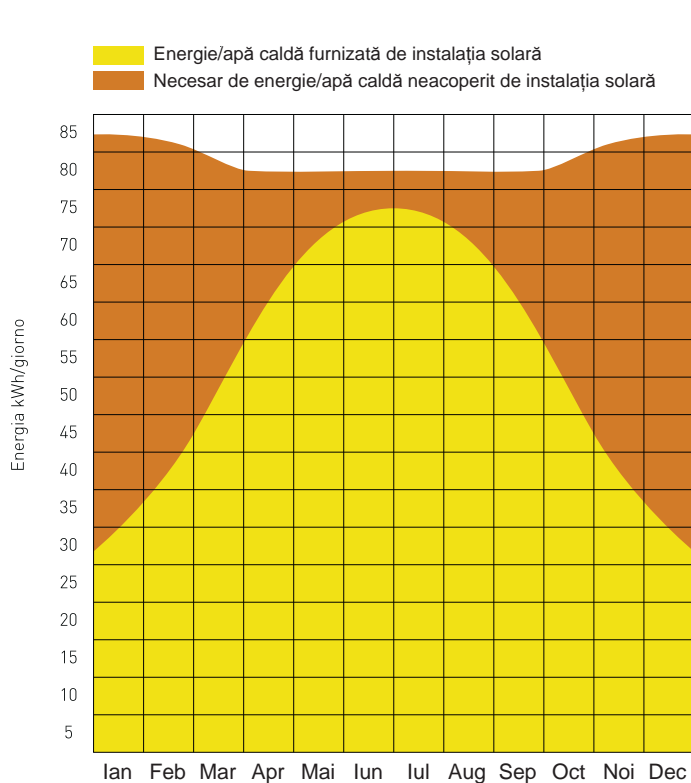
Un criteriu de proiectare corectă este acela de a nu instala un număr exagerat de colectoare.

O instalație solară proiectată corect trebuie să acopere 100% din necesarul energetic numai în lunile de vară.

În restul anului trebuie să ne „mulțumim” cu ceea ce reușim să obținem.

Dacă se mărește prea mult acoperirea, se riscă prăbușirea randamentelor sistemului, plățile pentru o instalație prea mare, prelungirea perioadelor de amortizare și probleme de supraîncălzire a colectoarelor vara.

Deseori se ia în considerare numai eficiența colectoarelor solare (care nu variază niciodată cu mai mult de 5-10%), fiind uitat faptul că dimensionarea greșită (la fel ca și punerea în funcțiune sau proiectarea greșite) poate să provoace cu ușurință scăderi cu 30 de puncte ale randamentului anual al sistemului.

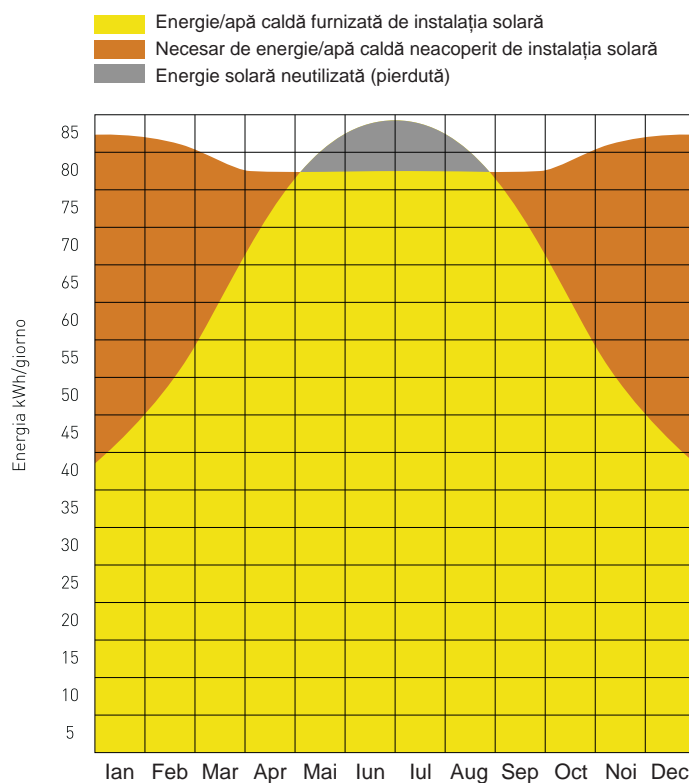


C = 60% **η = 45%**

Apă menajeră 200 litri/zi
Suprafață panouri 4 m²

Exemplu de instalație bine dimensionată:

- acoperire anuală bună (60%)
- eficiență anuală a sistemului ridicată (45%)
- timp minim de amortizare a instalației.



C = 70% **η = 30%**

Apă menajeră 200 litri/zi
Suprafață panouri 6 m²

Exemplu de instalație supradimensionată (creșterea suprafeței cu 50%)

- acoperire anuală mai mare (70%)
- eficiență anuală a sistemului mai mică (30%)
- sistem mai scump (mai multe panouri solare)
- în lunile de vară, excesul de energie solară (indicat prin culoarea gri) este pierdut și panourile se supraîncălzesc
- perioade de amortizare mai mari

1.3.4.4 Integrare energetică a sistemului solar

Soarele furnizează o energie medie zilnică care variază mult în timpul anului.

În România, în timpul verii, este emisă o energie zilnică de 7-8 kWh/m²; în timpul iernii, valoarea se reduce de circa 4 ori, ajungând la 2-3 kWh/m².

Salt termic zilnic al apei din boiler

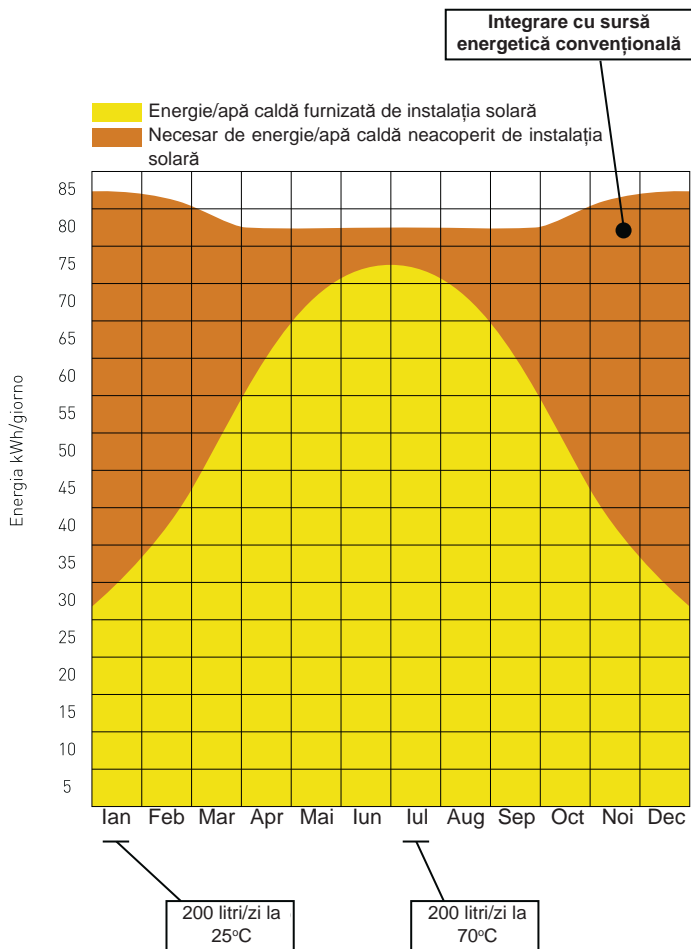
- Vara:

$\Delta T = 60^{\circ}\text{C} \rightarrow T \text{ boiler} = 70^{\circ}\text{C} \rightarrow$ Se poate face duș

$\Delta T = 15^{\circ}\text{C} \rightarrow T \text{ boiler} = 25^{\circ}\text{C} \rightarrow$ Nu se poate face duș

Din acest motiv, dacă vara soarele poate furniza 100% din energia necesară, crescând temperatura rezervei de apă la circa 60°C, iarna furnizează doar 20% din energie, crescând temperatura rezervei de apă la 15°C.

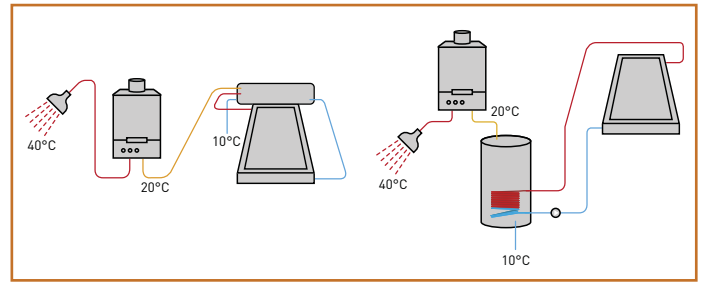
Pentru utilizarea anuală, instalația solară trebuie integrată într-un sistem de încălzire convențional, care va intra în funcțiune completând pre-încălzirea realizată de încălzirea solară.



1.3.4.4.1 Integrare în timpul consumului (instantanee)

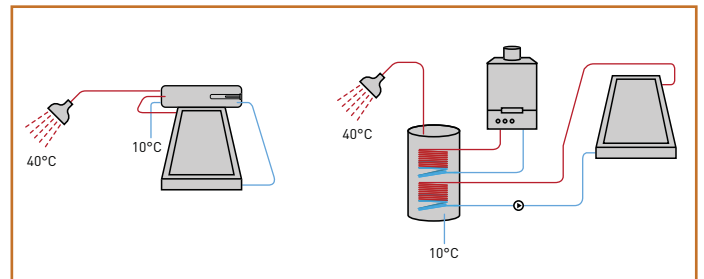
Temperatura apei preîncălzite de instalația solară este crescută instantaneu la temperatura finală în momentul utilizării, la trecerea printr-un cazan sau boiler.

Circulație naturală + cazan/boiler cu încălzire instantanee
 Circulație forțată cu boiler mono-serpentină + cazan/boiler cu încălzire instantanee



1.3.4.4.2 Integrare înainte de consum (prin stocare)

Temperatura apei preîncălzite de instalația solară este crescută la temperatura finală de utilizare în timpul fazei de stocare, prin rezistență sau serpentină + cazan (numai pentru încălzire).



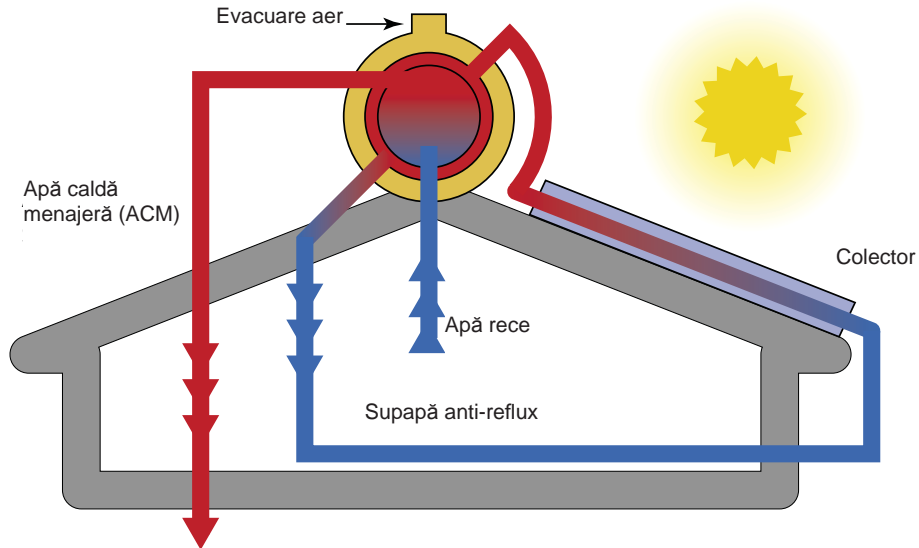
Circulație naturală + rezistență electrică
 Circulație forțată cu boiler cu serpentină dublă + cazan pentru încălzire.

Integrarea cu sursă energetică convențională se poate face în două moduri: prin stocare și prin consum.

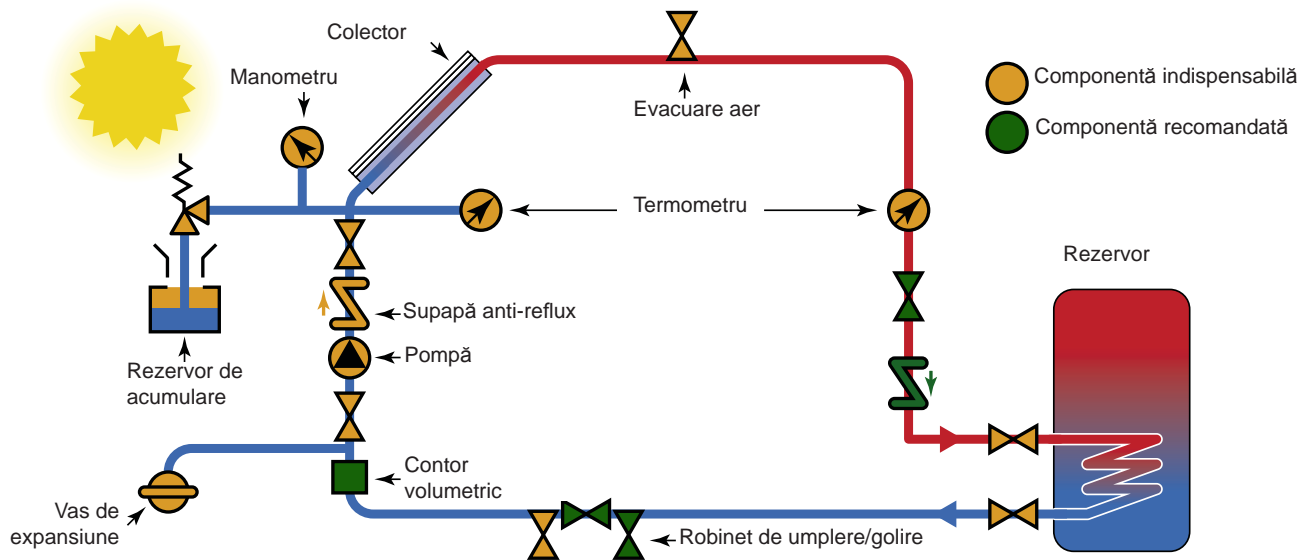
SISTEME SOLARE

1.4 Componente ale sistemului solar termic

Circulație naturală



Circulație forțată



1.4.1 Colector solar

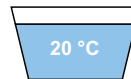
Colectorul este elementul sistemului solar termic care captează energia solară. Colectorul solar primește energia de la soare, transmițând o parte agentului termic solar care curge în instalație și cedând restul mediului înconjurător prin dispersii optice, conductive și convective. Cu cât dispersiile sunt mai mari, cu atât este mai mic randamentul colectorului solar.

1.4.1.1 Colector fără geam

Colector compus din elemente tubulare plastice care se încălzesc prin expunere la lumină solară și transmit căldura lichidului din instalație.

Colectorul fără geam nu are niciun tip de element de protecție împotriva dispersiilor termice prin convecție către aerul exterior; din acest motiv, când condițiile nu sunt favorabile (aer rece, lichid foarte cald sau expunere redusă la lumină solară) acest colector are randament zero și nu mai produce apă caldă.

Destinat în principal utilizării în timpul verii și în zone cu expunere puternică la lumină solară, pentru încălzirea piscinelor, locuințelor și utilizarea neregulată în timpul verii, dușuri solare.



Pro

- economic
- simplu de instalat
- practic indestructibil

Contra

- randament redus
- aplicabilitate limitată

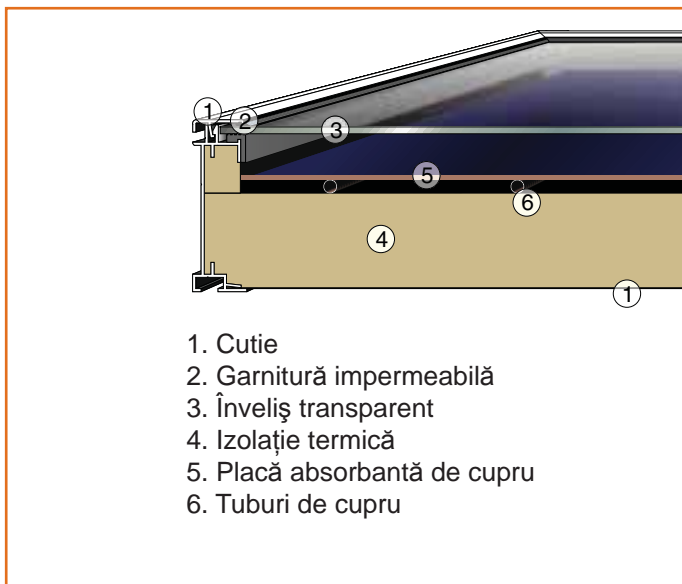
SISTEME SOLARE

1.4.1.2 Colector cu geam plan

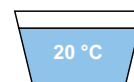
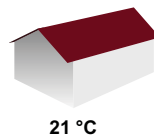
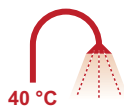
Este compus dintr-o placă de captare în care curge lichidul din instalația solară. Suprafața plăcii este în mod normal tratată pentru a captura mai bine radiația solară. Placa de captare este introdusă într-un panou tip sandwich, compus din geamul frontal de protecție și un înveliș din oțel sau aluminiu, izolat în mod adecvat.

Tuburile de încălzire, protejate împotriva aerului din exterior de către geam (deasupra) și de stratul izolant (dedesubt și în lateral), asigură o bună producție de apă caldă chiar și în condiții de aer extern rece, temperaturi medii sau ridicate ale agentului termic solar sau expunere la lumina solară medie sau scăzută.

Acesta este tipul de colector solar cel mai răspândit în lume.

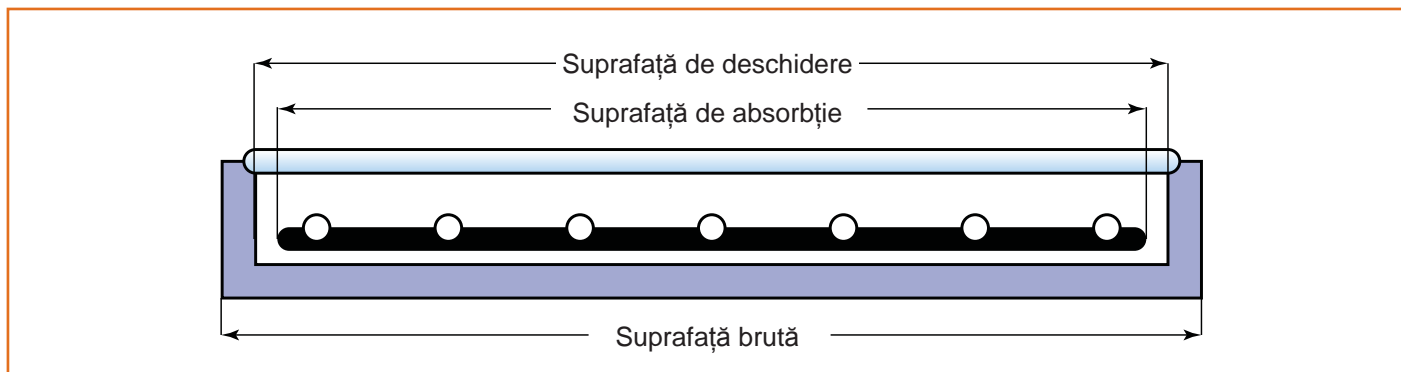


Destinațiile de utilizare principale sunt producția de apă caldă menajeră anuală, încălzirea sezonieră a piscinelor și încălzirea integrată pe timp de iarnă a locuințelor.



1.4.1.2.1 Funcționarea unui colector plan

Colectorul este compus dintr-o zonă de sarcină (sau suprafață brută) și o zonă de captare (sau suprafață absorbantă).



Fluxul de energie transmis lichidului suferă numeroase pierderi, descrise în continuare.

În primul rând, raza solară (provenind de la o sursă directă sau una difuză) care întâlnește geamul panoului solar.

Geamul o reflectă parțial (nu numai cu suprafața exterioară, ci și cu cea interioară).

De asemenea, raza este parțial absorbită de geam care, prin urmare, se încălzește (efect „plafonier”).

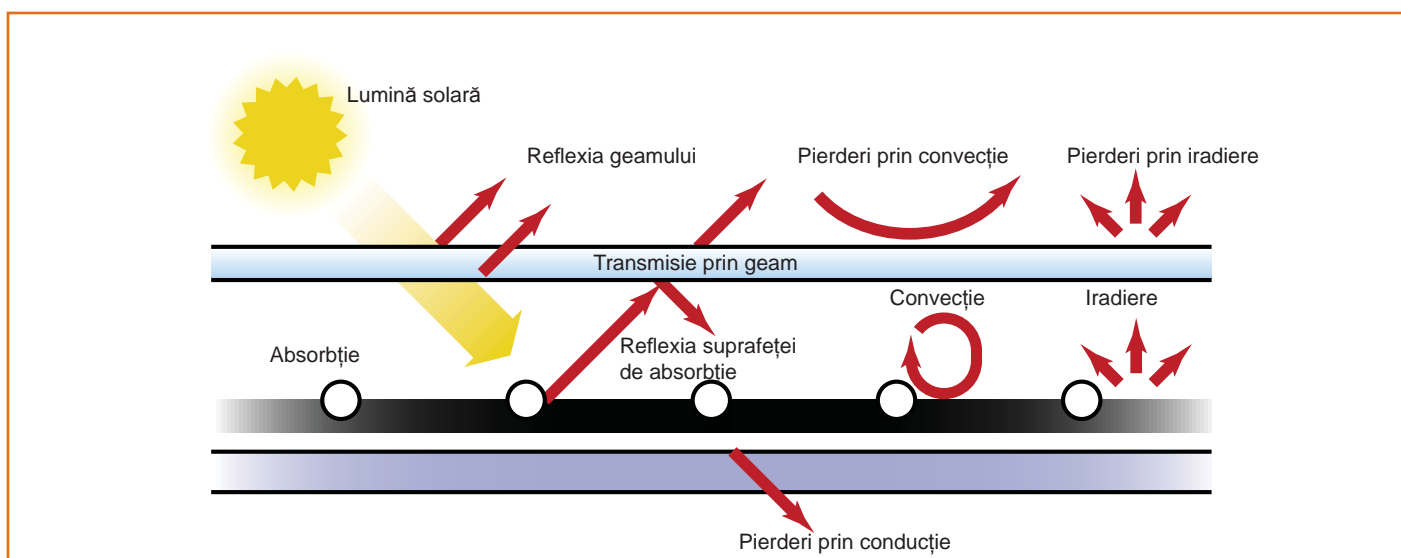
Restul rămas din raza solară ajunge la suprafața de absorbție.

Aici, raza este parțial reflectată de suprafața de absorbție înapoi către geam și, parțial, absorbită de agentul termic

solar.

Când placa de absorbție se încălzește, aceasta tinde să disperseze căldura solară în trei moduri:

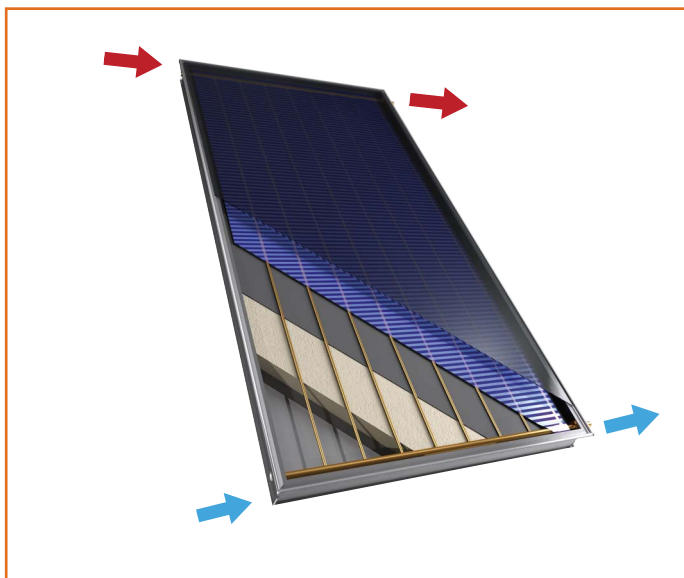
- încălzește stratul de izolație prin conducție
- încălzește prin convecție aerul conținut în colector, care la rândul său încălzește geamul și apoi aerul exterior
- cedează căldură prin iradiere așa cum fac toate corpurile supraîncălzite, devenind emițător de unde infraroșii.



1.4.1.2.2 Detalii de construcție a colectorului

Având în vedere elementele prezentate, un colector cu geam plan cu randament corespunzător trebuie să aibă anumite caracteristici:

- geam antireflex cu transparență ridicată
- suprafață de absorbție cu tratament antireflex, cu transparență ridicată și nivel redus de emisii
- izolator termic rezistent la temperaturi înalte, cu conductivitate termică λ (W/mK) redusă și grosime mare
- suprafața de absorbție trebuie să fie un bun conductor și să aibă un număr adecvat de tuburi (puncte de „preluare” a căldurii solare).



Suprafața de absorbție poate fi realizată în diverse moduri:

O placă metalică tratată pentru obținerea unui grad ridicat de absorbție* și emitanță redusă** și sudată pe tuburi. Tehnologia de sudare trebuie să garanteze un bun contact termic, durată de utilizare și randament al procesului de producție maxime (câteva exemple de tehnologii de sudare: cu ultrasunete, cu laser, prin compresie).

Tuburile pot fi dispuse tip „harpă” sau în serpentină și sunt sudate la placă prin diverse tehnologii (în special cu ultrasunete sau cu laser).

Ca alternativă, suprafața de absorbție poate fi realizată dintr-o carcasă dublă din oțel presat, sudată prin compresie și vopsită cu vopsea la alegere.

STRUCTURĂ TIP HARPĂ (TUBURI PARALELE)

- debite mai mari
- pierderi reduse de presiune
- ΔT de intrare-ieșire reduse
- randament mai mare în condiții de expunere mare la lumină solară (aport ridicat de căldură)

STRUCTURĂ ÎN SERPENTINĂ

- adecvată pentru debite reduse (low flow)
- pierderi mai mari de presiune
- ΔT de intrare-ieșire mai mari
- stabilitate de funcționare sporită în condiții de expunere redusă la lumină solară (mai puține intervenții ale pompei)

STRUCTURĂ FOTOTERMICĂ MULTICANAL

- pierderi de presiune foarte mici, ideală pentru circulația naturală
- randament mare

* Vezi argumente în continuare

** Vezi argumente în continuare

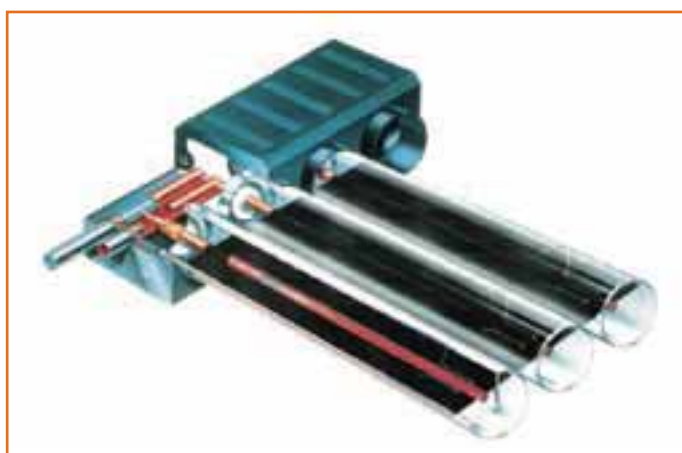
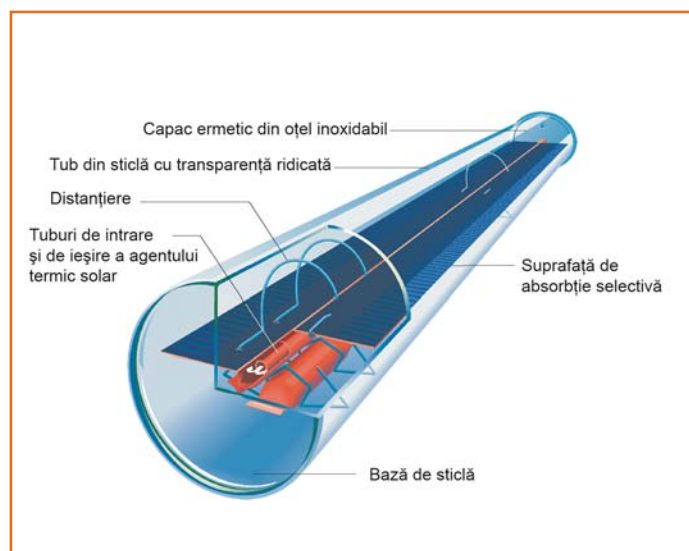
1.4.1.3 Colectoare cu tuburi vidate

Sunt compuse din elemente tubulare din sticlă, montate în baterie.

Tubul de sticlă conține în interior un element absorbant care captează energia solară și o transferă agentului termic solar. Elementul absorbant este izolat datorită vidului din interiorul tubului, acesta eliminând practic dispersiile termice provocate de convecție.

Elementul absorbant este de regulă compus dintr-o placă metalică (de obicei, din cupru), tratată pentru a obține un grad de absorbție ridicat* și emitanță redusă**, și un tub din cupru în care curge agentul termic solar care intră și iese din tubul vidat. Restul colectorului are în primul rând funcția de conexiune hidraulică și structurală între tuburi.

Este mai răspândit în zonele cu climă aspră și expunere redusă la lumina solară (în special Italia de Nord și Europa de Nord).



Pro

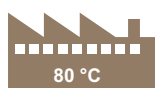
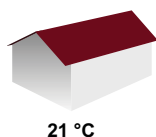
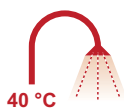
- posibilitate de a atinge temperaturi de lucru mai mari. Acestea pot fi utile pentru generarea de căldură pentru procese din sectorul industrial
- pierderi termice reduse datorită excelentei izolații termice
- randamente mai ridicate

Contra

- temperaturi de stagnare ridicate, cu impact asupra tuturor materialelor de lângă panou și asupra agentului termic solar
- cantitate mai mare de abur format în caz de stagnare
- avantaje economice numai pentru temperaturi de lucru mai ridicate

* Vezi argumente în continuare

** Vezi argumente în continuare



SISTEME SOLARE

1.4.1.3.1 Funcționarea unui colector cu tuburi vidate

Fluxul de energie care ajunge la lichid suferă numeroase pierderi, descrise în continuare.

Să luăm în considerație raza solară (provenind de la o sursă directă sau una difuză) care întâlnește geamul tubului vidat.

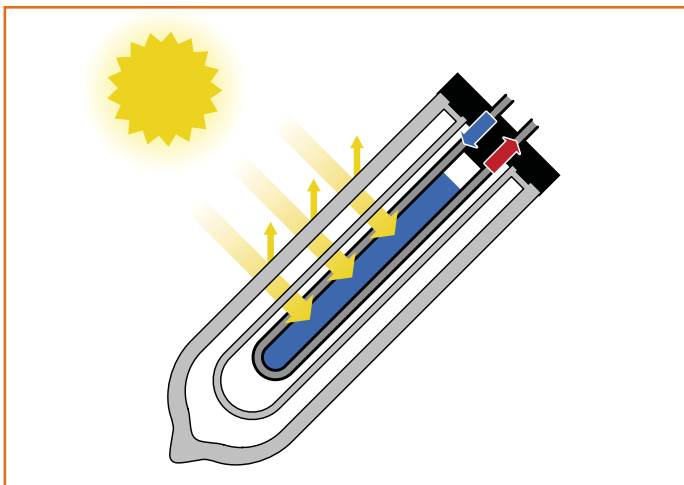
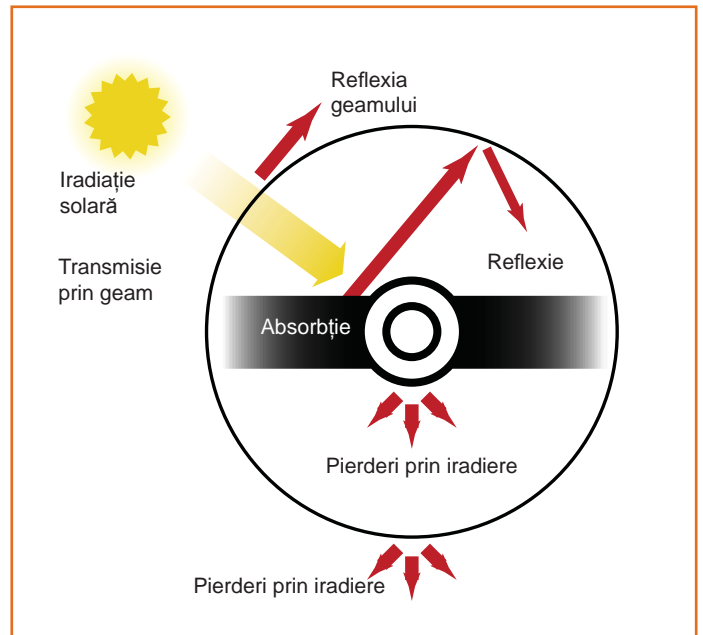
Geamul o reflectă parțial (nu numai cu suprafața exterioară, ci și cu cea interioară).

Raza este și parțial absorbită de geam care, prin urmare, se încălzește (efect „plafonieră”).

Restul rămas din raza solară ajunge la suprafața de absorbție.

Aici raza este parțial reflectată de suprafața de absorbție din nou către geam și parțial absorbită de agentul termic solar. Când suprafața de absorbție se încălzește, tinde să disperseze căldura solară, cedând căldură prin iradiere, așa cum fac toate corpurile supraîncălzite, devenind emițător de unde infraroșii.

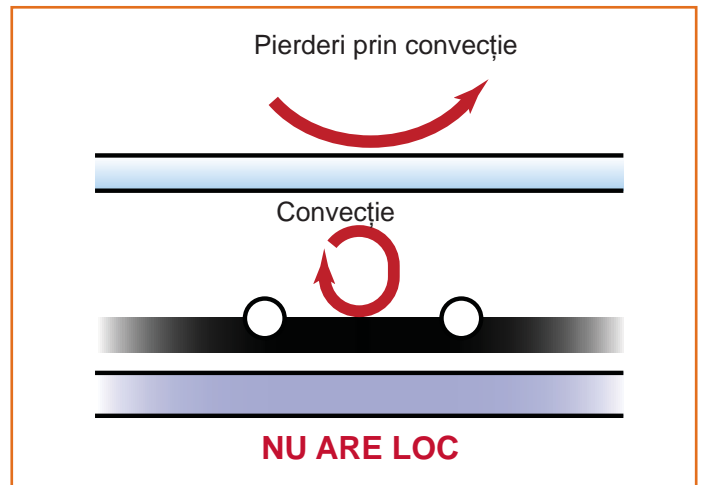
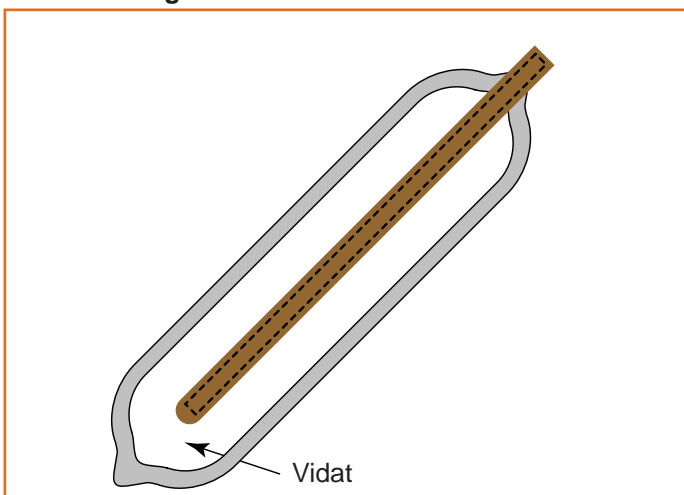
La acest tip de panou, pierderile prin convecție sunt anulate de absența aerului în interiorul tubului.



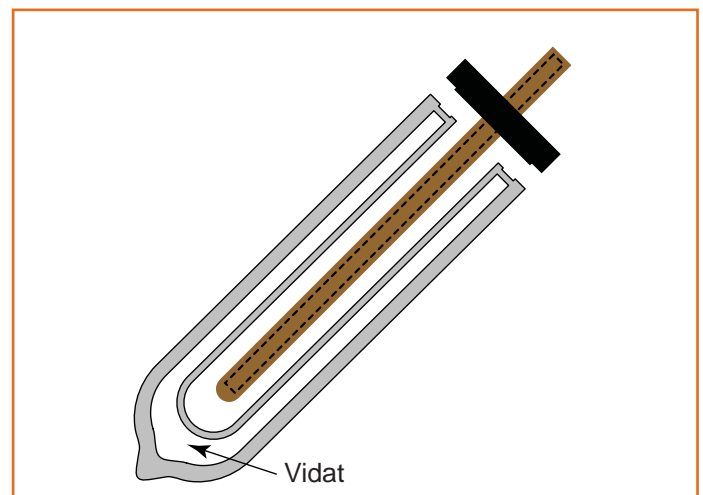
1.4.1.3.2 Detalii de construcție a colectorului cu tuburi vidate

- Tipuri de tub vidate

Vidat în întregime

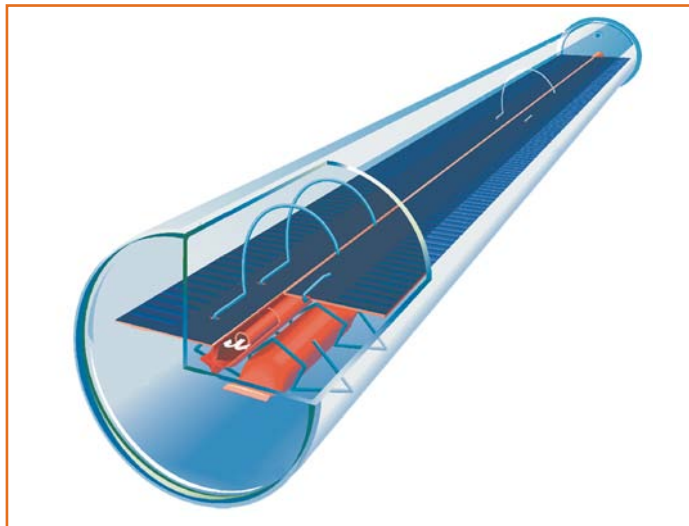


Cu spațiu nevidat



- Tipuri de suprafețe de absorbție

Suprafață de absorbție sudată la tub

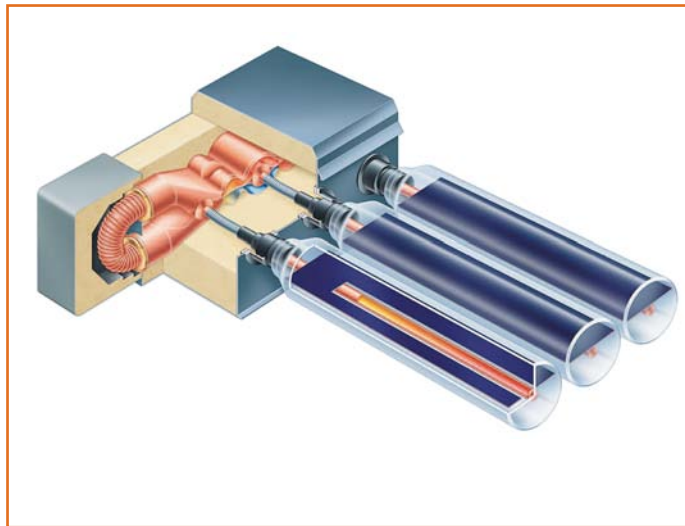


Suprafață de absorbție nesudată la tub

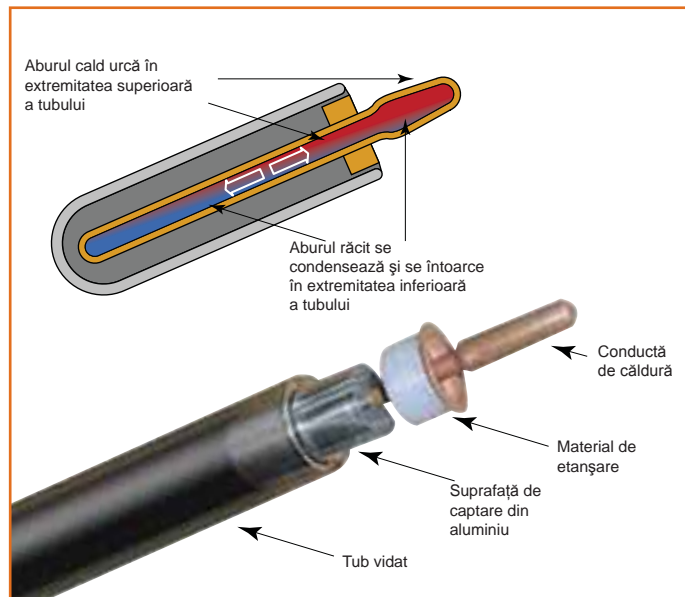


- Tipuri de schimb termic

Sistem cu schimb direct



Sistem cu tub de căldură (Conductă de căldură)



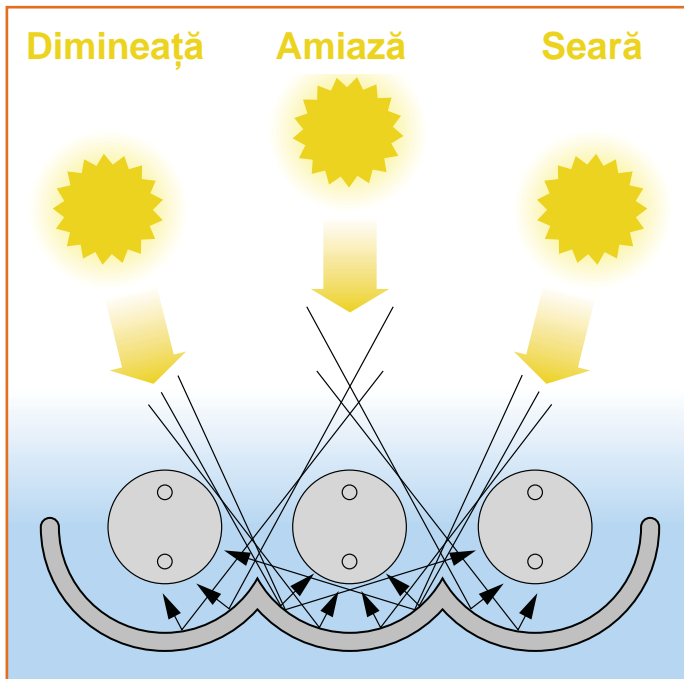
Într-un tub de cupru este introdus un lichid special, extrem de sensibil la căldură. Căldura soarelui face să se evaporeze lichidul; această evaporare produce în extremitatea superioară a tubului o concentrație ridicată de căldură care, prin terminalul introdus în colector, este cedată apei din circuitul instalației; odată cedată căldura, lichidul din heat pipe se răcește, revine la starea lichidă și coboară.

Acest ciclu se va repeta la infinit, atâta timp cât suprafața tubului va fi expusă luminii solare.

Poate lucra la temperaturi joase fără vreo problemă de îngheț. Spre deosebire de tuburile cu flux direct, acest principiu cere o înclinație minimă a tubului de absorbție, cuprinsă în general între 20° și 30°, în funcție de producător.

SISTEME SOLARE

- Cu și fără oglindă



Pro

- captează mai multă lumină

Contra

- se murdărește în timp
- panoul nu mai este transportabil prin luminator (tuburile vidate Ariston se transportă individual)
- posibilitate redusă de integrare arhitectonică (tuburi folosite ca înveliș verandă plană, pe acoperișuri plane, în stilul Satului Olimpic din Beijing)

1.4.1.4 Concepte fundamentale privind colectoarele

1.4.1.4.1 Capacitatea selectivă a geamului

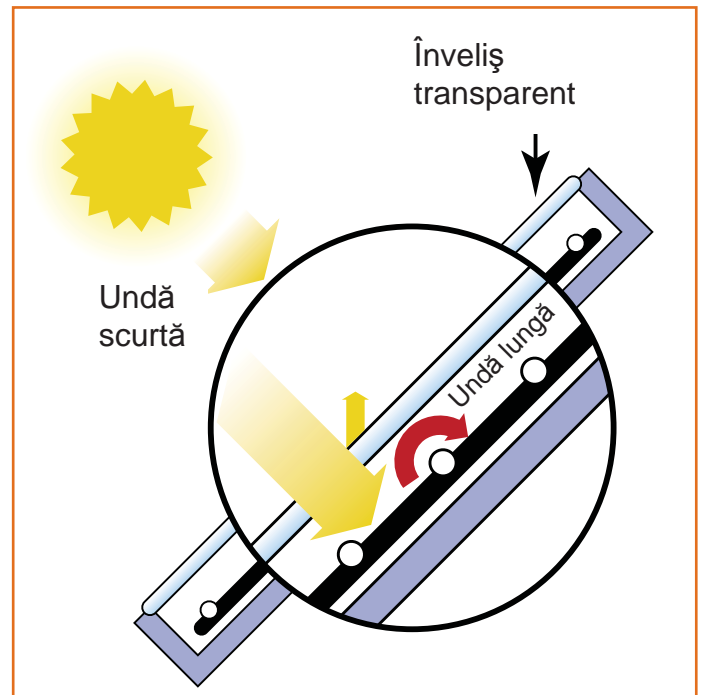
Geamul trebuie să poată fi ușor traversabil pentru razele soarelui (fără a le absorbi sau reflecta) care au un spectru de putere concentrat mai mult pe lungimile de undă scurtă (0,2 – 3 μm).

De asemenea, când placa de absorbție supraîncălzită de soare începe să disperseze energia prin emiterie de unde lungi (banda infraroșului), geamul trebuie să împiedice aceste unde să iasă afară trimițându-le înapoi către placă. Acesta este un efect similar bine-cunoscutului „efect de seră”.

1.4.1.4.2 Izolarea termică a colectoarelor

La un colector solar izolația termică a părților posterioare și laterale permite evitarea unor pierderi de căldură care contribuie în mare parte la valoarea totală de pierderi. Pentru a atinge acest obiectiv, respectați următoarele criterii:

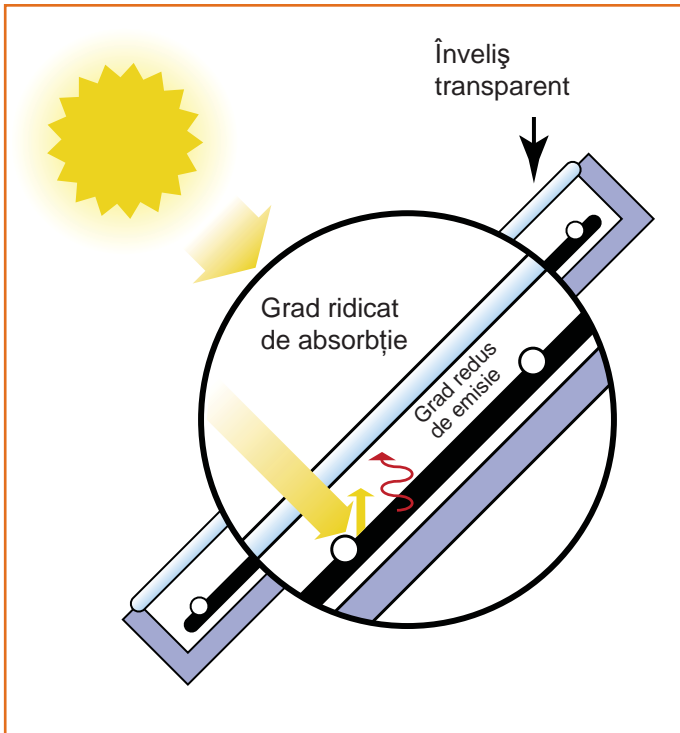
- folosiți material rezistent la temperaturile înalte și la cele joase, care să-și păstreze proprietățile izolante dacă este expus la umiditate, ușor de găsit, economic și nepoluant;
- asigurați grosimea necesară pentru izolația dorită.



SISTEME SOLARE

1.4.1.4.3 Capacitatea de absorbție și emisie a plăcii selective

Capacitatea selectivă a plăcii de absorbție constă într-un grad înalt de absorbție a undelor radiației solare (0,2 – 3 μm) în afară de cele absorbite sau reflectate de geam, și, într-o mai mică măsură, de emiterie a undelor lungi (în principal infraroșu), emise de placă la temperatura sa de lucru.



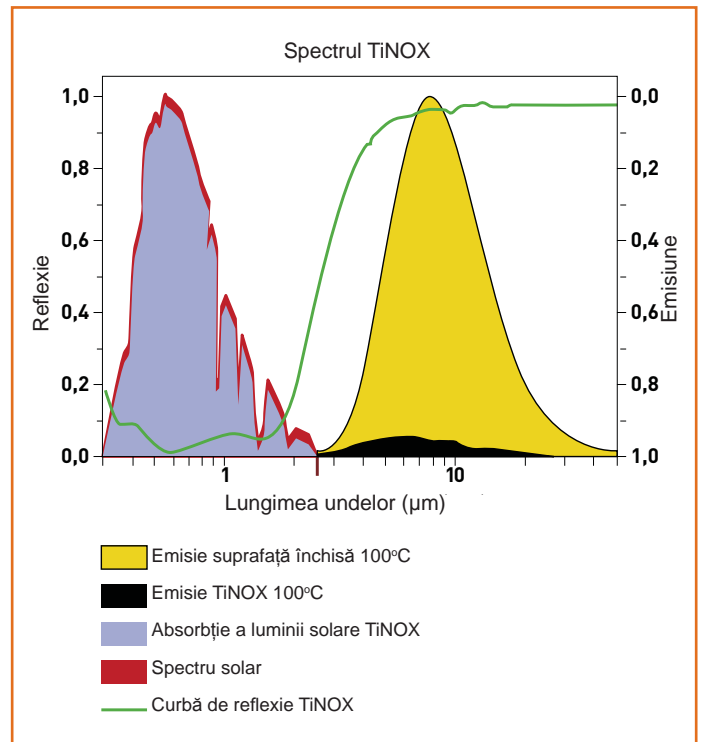
Valori bune de selectivitate sunt următoarele

- Absorbție = 95%
- Emisie = 5%

Nu este dificilă atingerea unor valori ridicate de absorbție cu vopselele obișnuite, însă atingerea unor valori reduse de emisie nu este la fel de facilă.

Există diverse tratamente cu depunere pe suprafață metalică (anodizare) care asigură valorile de selectivitate de mai sus: TiNox, Selective Blue, Selective Black sunt numai câteva dintre procesele brevetate.

Caracteristicile TiNox, tratamentul brevetat cel mai cunoscut, sunt prezentate în continuare.



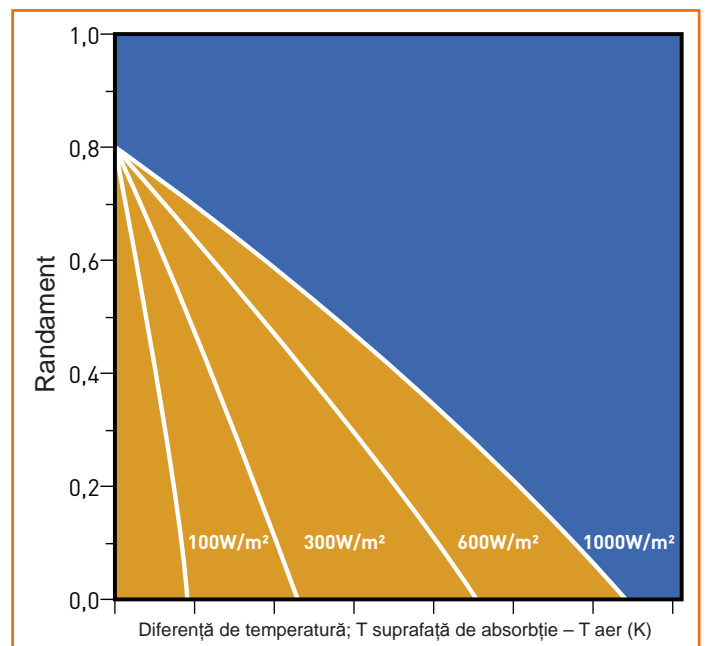
1.4.1.4.4 Randamentul unui colector solar termic

Randamentul crește proporțional cu nivelul de expunere la lumina solară.

La același nivel de expunere la lumina solară, randamentul colectorului scade dacă se măresc dispersiile termice ale suprafeței de absorbție în mediul ambiant.

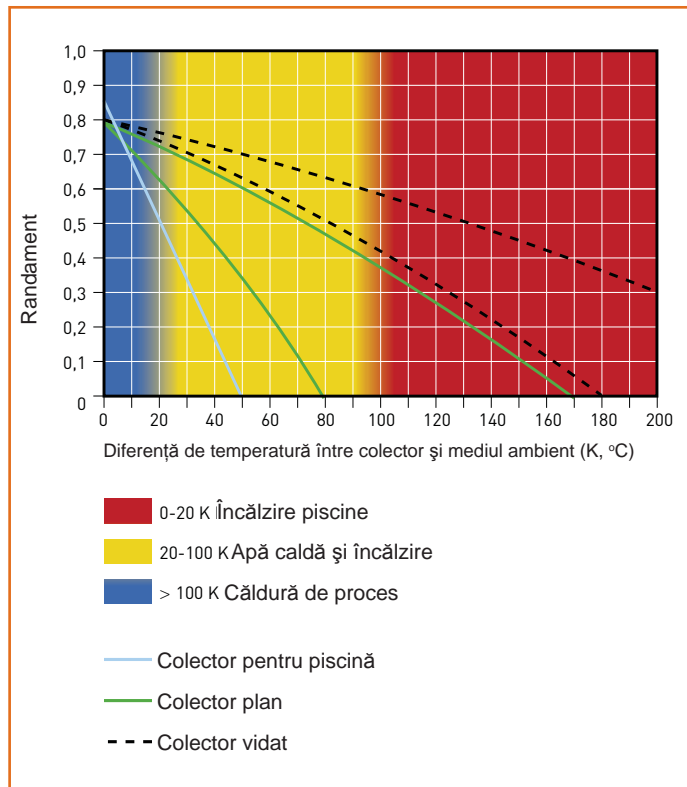
Dispersiile termice cresc dacă:

- temperatura aerului este scăzută (iarnă)
- temperatura suprafeței de absorbție este ridicată (procese industriale cu agent termic solar cu temperatură înaltă).

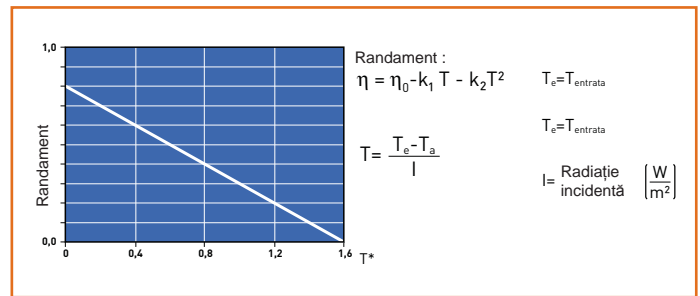


Fiecare tip de colector are o curbă de randament pentru fiecare aplicație anume. Graficul prezintă caracteristicile de bază, începând cu colectoarele fără înveliș transparent (folosite numai pentru încălzirea piscinelor), și până la colectoarele vidate, care pot fi folosite pentru acționarea mașinilor refrigerente cu absorbție.

Țineți cont de faptul că unele colectoare pot atinge temperaturi ridicate, a căror limită este reprezentată în grafic din punctul în care curba de randament se intersectează cu axa absciselor. Adunând la această valoare temperatura ambientului se obține „temperatura de stagnare”, care este temperatura maximă care poate fi atinsă de acel tip de colector.



Cele de mai sus pot fi rezumate într-o singură curbă, care este reprezentativă pentru performanțele colectorului în toate combinațiile: condiții de expunere la lumina solară, temperatură externă și temperatura lichidului de proces. Această curbă se obține prin regresie liniară sau pătrată pornind de la o serie de măsurători experimentale.



Unde:

η_0 = interceptare (preferabil ridicată) => este denumită și randament optic al colectorului, deoarece reprezintă eficiența; dispersiile termice în aer ale colectorului sunt nule (temperatura aerului din exterior este egală cu temperatura plăcii de absorbție)

k_1 = înclinație (preferabil mică) => este o componentă a dispersiei termice în aer și indică rapiditatea de scădere a eficienței colectorului în condiții de schimb termic crescut

k_2 (dacă există) = curbura (preferabil redusă) => este o componentă a dispersiei termice în aer.

În stânga graficului este prezentat nivelul de expunere ridicată la lumina solară (vara) și/sau de ΔT redusă între suprafața de absorbție și aerul din exterior (aer din exterior cald și/sau lichid de proces rece, ca în cazul piscinelor)

În dreapta este prezentat nivelul de expunere scăzută la lumina solară (iarna) și/sau de ΔT ridicată între suprafața de absorbție și aerul din exterior (aer din exterior rece și/sau lichid de proces cald, ca în cazul aplicațiilor cu circulație forțată de solar cooling).

OBSERVAȚIE:

Randamentul colectorului este o caracteristică importantă, însă nu o supraevaluați și nu neglijați alte aspecte ale instalației.

Din punctul de vedere al randamentului global al sistemului solar termic, sunt mult mai importante proiectarea corectă, instalarea și punerea în funcțiune a instalației decât randamentul „de laborator” al colectorului solar.

Pentru exemplificare, între un colector cu tuburi și unul plan pentru uz casnic, randamentul anual poate să difere cu 5 până la 10 procente; în schimb, o instalație proiectată incorect (cu o suprafață de colectare supradimensionată cu 20% față de consum), poate pierde ușor 30 de puncte procentuale la randamentul anual!

SISTEME SOLARE

1.4.1.4.5 Proces verbal de testare și certificare a colectoarelor

Colectoarele comercializate în Uniunea Europeană trebuie să îndeplinească anumite cerințe de calitate, în special pentru a putea accede la numeroasele beneficii naționale și locale.

În orice caz, în afară de beneficii, sistemul solar termic este o investiție pe termen mediu-lung și, din acest motiv, este important ca eficiența și calitatea constructivă declarate de constructor să fie confirmate cu teste efectuate conform unor norme precise de către terțe instituții.

- Proces verbal de testare

Colectoarele sunt testate din punct de vedere al eficienței și rezistenței la stres mecanic și termic, precum și din punctul de vedere al duratei de utilizare, la laboratoarele acreditate (în Italia, laboratorul ENEA din Trisaia).

Procedura de testare a colectoarelor solare este conformă normei EN 12975. La finalizarea testării, este eliberat un proces verbal de testare care definește „caracteristicile” în sens larg ale panoului solar.

NORME TEHNICE ÎN DOMENIUL SISTEMELOR SOLARE TERMICE:

COLECTOARE SOLARE



Standard EN 12975

SISTEME SOLARE
de tipul standard



Standard EN 12976

SISTEME SOLARE
personalizate



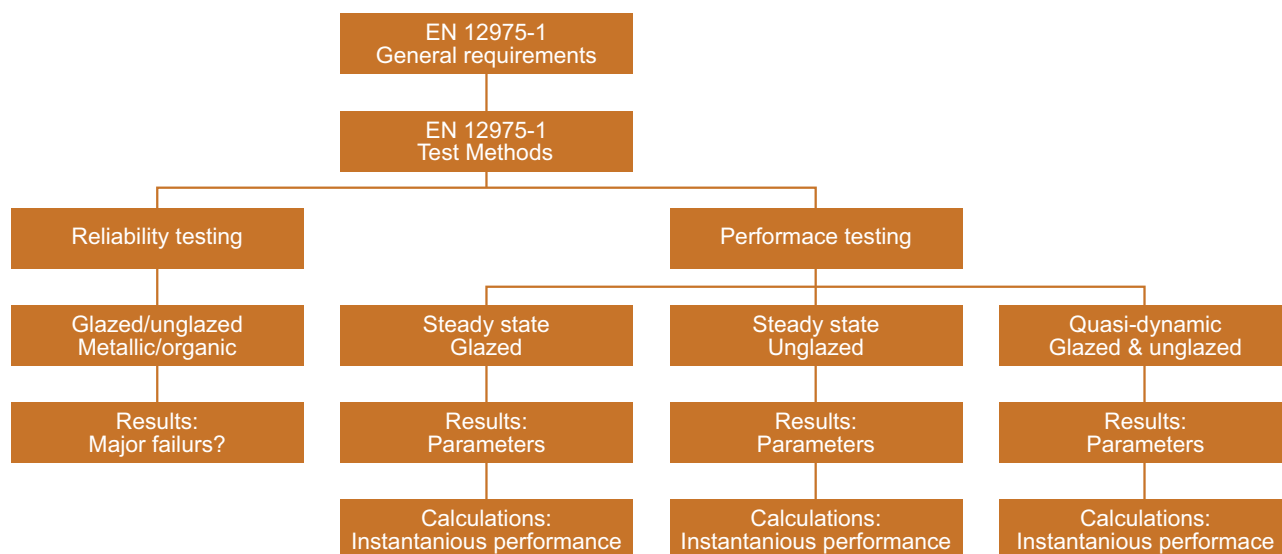
Standard ENV 12977



STANDARD EN 12975

Domeniu de aplicare: Colectoare cu geam plane, Colectoare cu tuburi vidate, Colectoare descoperite

Aplicarea normei:



EN 12975-2:2006

Secvențele planului:

- caracteristici termice (eficiență termică în stare staționară sau randament energetic în condiții tranzitorii, constantă de timp, capacitate termică, IAM – modificator al unghiului de incidență, pierderi de presiune)
- test de suprapresiune
- test de rezistență la temperaturi ridicate
- test de expunere (stagnare în condiții uscate)
- șoc termic extern sau intern
- probă de ploaie
- probă de sarcină mecanică
- rezistență la impact (opțional)



EN 12975-2: Caracteristici termice

Constă în determinarea eficienței instantanee, în condiții de stare staționară, pentru diverse temperaturi. Eficiența colectorului este exprimată fie în formă liniară, fie în formă pătrată, aplicând o regresie, conform mediei pătratice minime, la valorile de randament măsurate.



EN 12975-2: Test de calificare – Rezistență la șocuri termice



Scop: stabilirea rezistenței colectorului la un nivel ridicat de expunere la lumină solară în condiții uscate

Aplicarea testului:

- expunere prelungită (cel puțin 30 de zile) la agenții atmosferici în lipsa lichidului (stagnare în condiții uscate);
- rezistență la șocuri termice interne și externe



EN 12975-2: Test de calificare – Probă de ploaie

Scop: evidențierea eventualei prezențe a infiltrațiilor în urma acțiunii unei ploi dese

Dispozitiv utilizat: cabină pentru simularea ploii



Aplicarea testului:

- expunerea colectorului la o ploaie deasă timp de cel puțin 4 h, cu recirculația apei calde ($T > 50^{\circ}\text{C}$) în interiorul colectorului.

Metodă de evaluare a rezultatelor:

- inspecție vizuală (identificarea de zone cu formare de condens)
- greutate colector (test trecut dacă variația este mai mică de 30 g/m^2)



EN 12975-2: Test de calificare – Sarcină mecanică

Scop: simularea acțiunii de sarcini pozitive și negative exercitate de vânt și/sau zăpadă pe învelișul colectorului și pe sistemul de fixare.

Dispozitiv utilizat: sistem cu ventuze, distribuite uniform pe suprafața colectorului, conectate la cilindri acționați cu aer comprimat.

**Aplicarea testului:**

- presiuni pozitive asupra învelișului colectorului
- presiuni negative cu solicitare simultană a sistemului de fixare a învelișului și a sistemului de ancorare a colectorului

Câmp de presiuni aplicate:

- 100 – 1000 Pa cu pas 100 Pa

Câmp de presiuni aplicate:

- 100 – 1000 Pa cu pas 100 Pa

**EN 12975-2: Test de calificare – Probă de impact**

Scop: simularea efectelor grindinii pe învelișul colectorului

Dispozitiv utilizat: sistem cu impact vertical

**Aplicarea testului:**

- serie de 10 impacturi realizate cu o bilă de oțel de 150 g începând de la o înălțime de 40 cm, până la 2 m .cu pas 20 cm.



SISTEME SOLARE

- Solar Keymark

Solar Keymark este o marcă europeană dezvoltată de CEN (CEN/CENELEC, adică Comitetul European de Normalizare Electrotehnică) pentru certificarea voluntară a oricărui produs component al unui sistem solar termic.

Acest marcaj arată că produsul respectă standardele europene în acest sens.

Solar Keymark este garanția pentru consumator că sistemul solar este produs conform normelor europene, atât din punct de vedere al calității, cât și din cel al informațiilor despre produs, și că produsul poate beneficia de facilitățile financiare prevăzute în majoritatea țărilor europene.

Aspectele cele mai relevante ale mărcii sunt:

- probele efectuate asupra produsului de certificat sunt executate în conformitate cu normele europene specifice
- firmele trebuie să fabrice cu un sistem care garantează calitatea.

În practică, Solar Keymark înseamnă:

- fiabilitatea caracteristicilor
- caracteristici măsurate în mod sigur, prin proceduri validate
- conformitate cu cerințele general acceptate și recunoscute (și aplicarea beneficiilor publice naționale și locale)

CERTIFICATION BODY

CERTIF (PT) - collectors and systems (EN12975 and EN12976)
Test labs recognized by CERTIF: **INETI**

DIN CERTCO (DE) - collectors and systems (EN12975 and EN12976)
8 Test labs recognized by DIN:

ELOT S.A. (GR) - collectors (EN12975)
Test labs recognized by ELOT: **NCSR DEMOKRITOS**

ICIM (IT) - collectors and systems (EN12975 and EN12976)
Test labs recognized by ICIM: **ENEA** Trisaia

SP Certification (SE) - collectors (EN12975)
Swedish National Testing and Research Institute Certification



1.4.2 Rezervoare de acumulare solare

Rezervorul de acumulare este componenta instalației care permite înmagazinarea energiei solare termice, minimalizând posibilele pierderi de energie.

1.4.2.1 Caracteristici importante ale rezervoarelor de acumulare solare

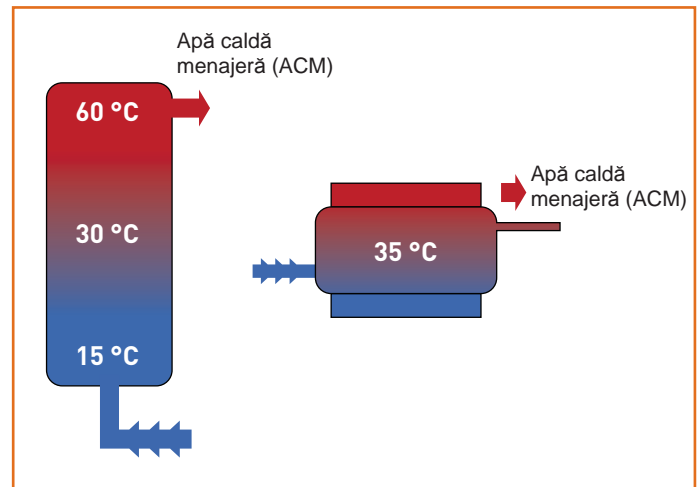
Rezervorul de acumulare este partea centrală a instalației și necesită câteva caracteristici importante pentru a asigura funcționarea corectă și durabilitatea sistemului solar termic.

- Rezistență mecanică, care garantează durabilitatea la presiuni înalte, la loviturile berbecului hidraulic și la manipularea în timpul fazei de transport
- Rezistență termică, deoarece rezervoarele de acumulare solare trebuie să suporte vârfuri de temperatură de până la 120°C
- Rezervorul de acumulare trebuie să fie prevăzut cu „anod de sacrificiu” (de obicei din magneziu) sau cu o protecție catodică (care acționează generând curenți electrici protectori). În ambele cazuri trebuie efectuate verificări în fiecare an, iar, dacă este necesar, componentele trebuie înlocuite (la fiecare 2-5 ani).
- Rezervoarele de acumulare pentru uz sanitar din oțel inoxidabil au o durată de utilizare mai lungă dar sunt mai scumpe; rezervoarele de acumulare emailate sunt foarte răspândite și pot avea o viață utilă foarte lungă. Nu se recomandă utilizarea rezervoarelor de acumulare din materiale plastice ca rezervoare principale sau a rezervoarelor din oțel zincat, din cauza problemelor de rezistență la presiune și la temperaturi înalte, precum și din cauza aspectelor igienice.
- Stratificarea este un proces natural care aduce în echilibru termodinamic un volum de apă neperturbat.

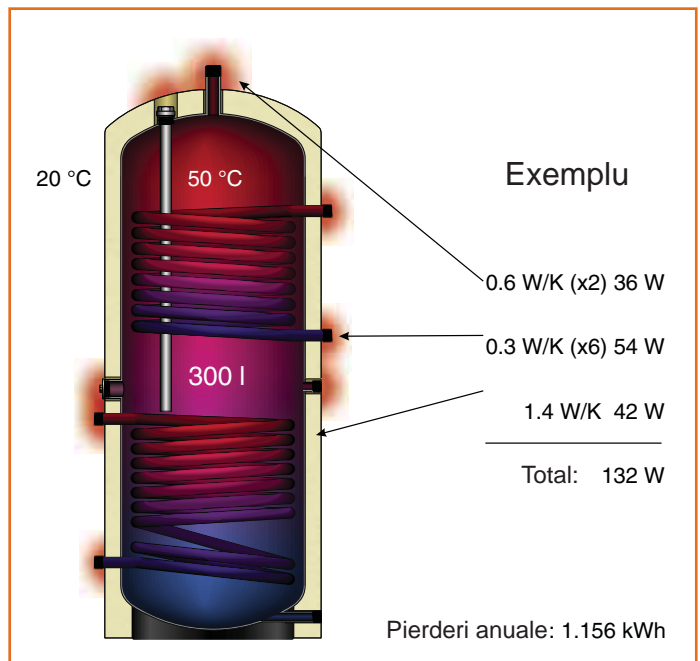
Într-un rezervor de acumulare sanitar, stratificarea provoacă staționarea la înălțime mai mare a volumelor de apă cu temperatură mai mare și coborârea apei cu temperatură mai redusă.

Stratificarea are un efect pozitiv, atât asupra disponibilității de apă caldă, cât și asupra schimbului termic al instalației solare.

În general, forma rezervorului de acumulare și prezența unor dispozitive speciale interne de stratificare poate accelera acest proces.



- Izolația termică a unui rezervor de acumulare trebuie să fie optimă (groasă și cu material cu joasă conductivitate termică λ (W/mK)). Acest lucru este demonstrat de faptul că un rezervor de 300 litri (instalație casnică tipică) incorect izolat poate pierde circa 1.200 kWh pe an; pierderile se constată în special noaptea. Principalele zone de pierdere termică sunt cele indicate în imagine, adică racordurile la tuburi, acoperirile metalice neizolate sau cu izolație termică inadecvată.

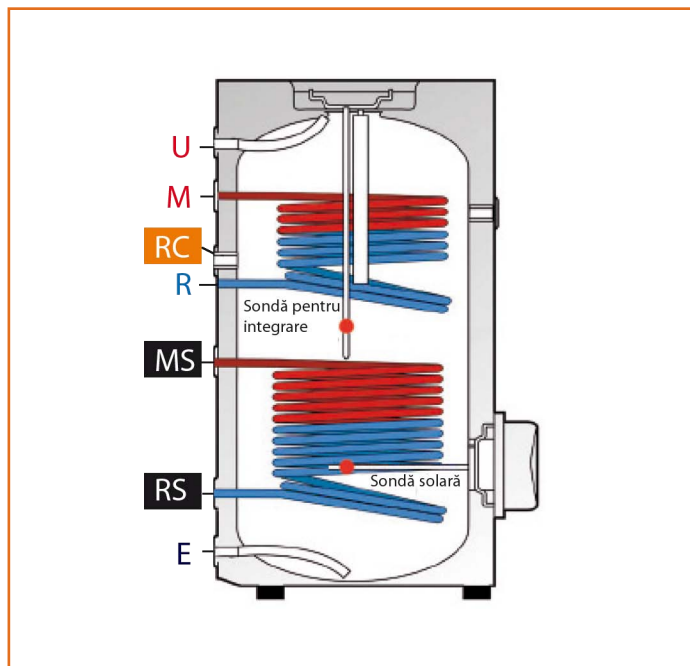


SISTEME SOLARE

În mod normal, pentru rezervoarele cu volum între 300-500 litri, izolația este realizată din poliuretan expandat, însă, pentru volume mai mari, este preferabilă utilizarea de izolant din material moale care poate fi îndepărtat, pentru o mai mare accesibilitate la părțile tehnice în faza de montare.

Foarte importante sunt echipamentele rezervorului, care îl fac mai flexibil pentru conectarea la diversele aplicații:

- racord pentru recirculație
- puțuri la diverse înălțimi pentru controlul temperaturilor interne și gestionarea instalației
- posibilitatea de a instala o integrare cu rezistență electrică
- flanșă de inspecție și curățare internă cu dimensiuni ridicate



=> Este necesar ca pe rezervor să fie aplicată, în poziție vizibilă, o plăcuță de identificare cu caractere perfect lizibile, care să conțină următoarele date

- denumirea producătorului
- marca și data înregistrării
- numărul de fabricație
- volumul net de înmagazinare în litri
- presiunea maximă de lucru

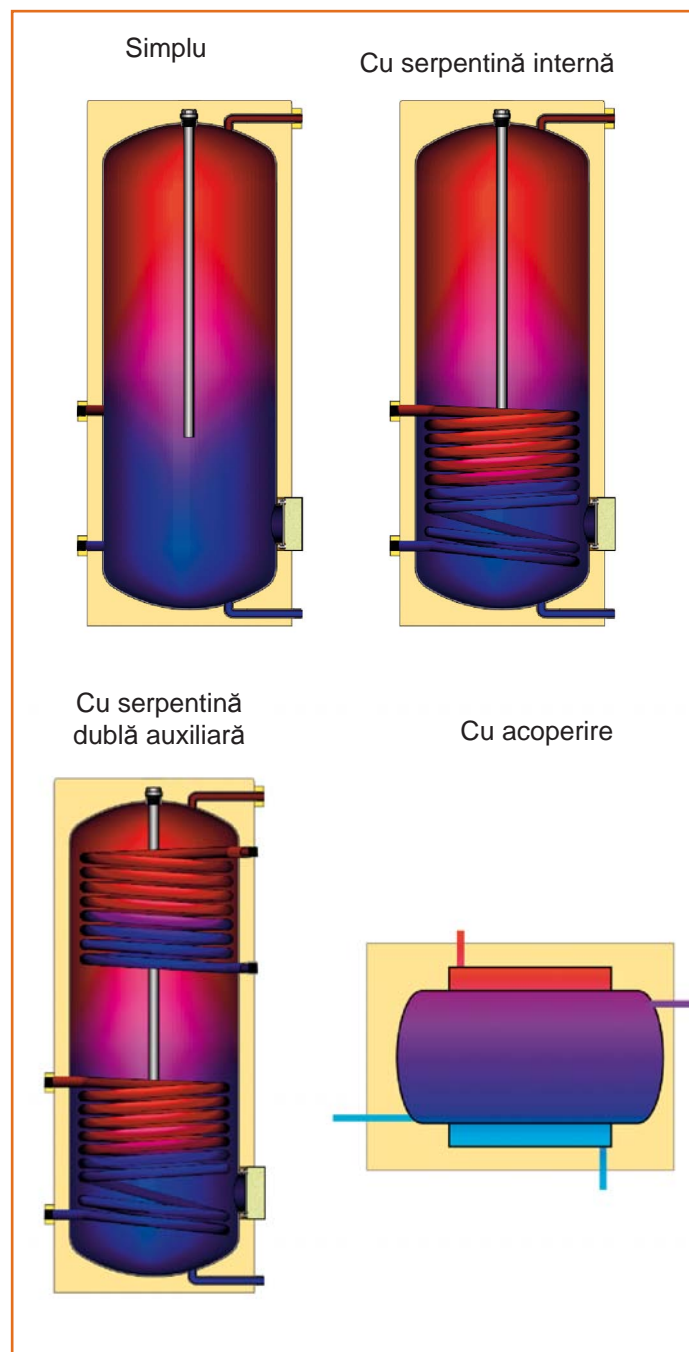
1.4.2.2 Tipuri de rezervoare

Rezervoarele de acumulare se pot clasifica după diverse criterii:

- aplicație
- poziționare: verticală sau orizontală
- schimbător de căldură: intern sau extern (în primul caz, cu serpentină sau cu acoperire)
- dispozitiv de stratificare: cu sau fără
- material și tratament al cazanului: oțel inox, oțel vitrificat, cupru sau altele.

1.4.2.1 Aplicare și poziționare

- Pentru aplicații standard de producere de apă caldă menajeră, există următoarele tipuri



- Pentru aplicații speciale, utilizate pentru producerea simultană de apă caldă menajeră și încălzirea locuințelor, există forme speciale precum: Kombi cu rezervor sanitar, Kombi cu producere instantanee de apă menajeră

1.4.2.2 Schimbător de căldură

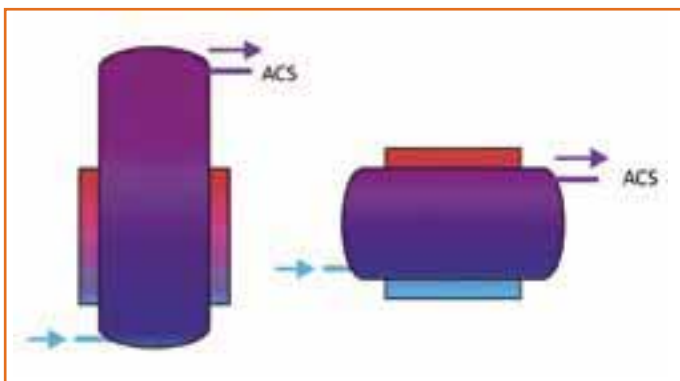
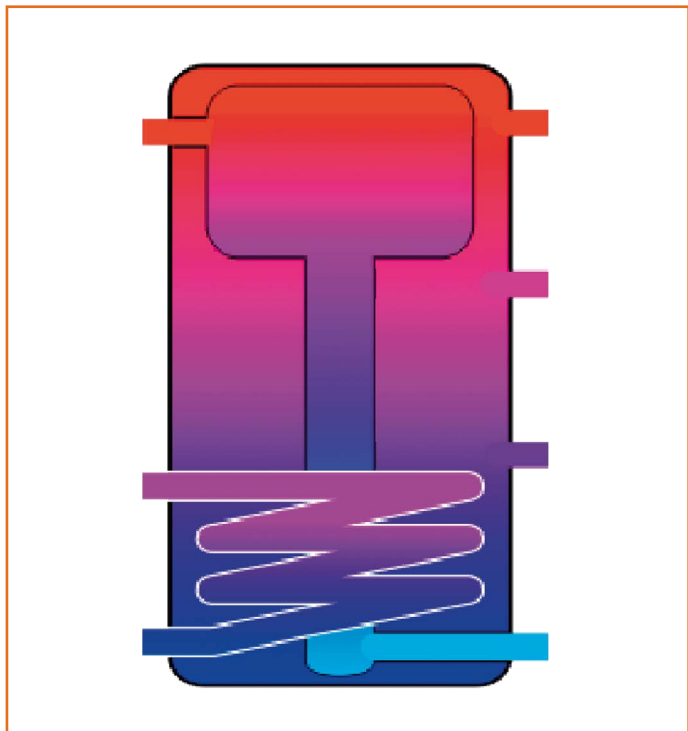
Schimbătorul de căldură este dispozitivul care permite transferul energiei termice din circuitul primar în cel secundar sau de consum.

În general, la schimbătoarele de căldură integrate în rezervor, pierderile de presiune sunt mai reduse decât cele ale schimbătoarelor externe (cu plăci sau tuburi).

- schimbător cu acoperire (sau cameră de aer)

Aceste schimbătoare sunt caracterizate prin pierderi de sarcină foarte mici și prin posibilitatea de a lucra atât cu rezervor orizontal, cât și cu rezervor vertical.

În cazul schimbătoarelor cu acoperire, trebuie avute în vedere limitele de presiune maximă ale camerei de aer și se recomandă umplerea mai întâi a circuitului secundar, pentru a proteja camera de aer de colaps prin compresie.



- Schimbător cu serpentină

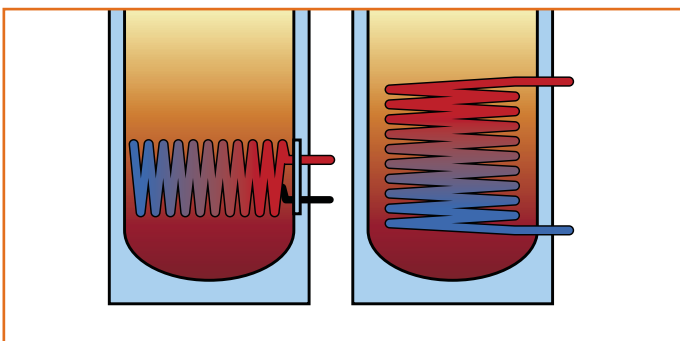
Disponibile numai pentru anumite valori (până la circa 3,5 m² de suprafață de schimb, sau 10 m² de colector).

Pentru instalații mai mari se utilizează schimbătoare externe.

Pentru aceeași suprafață de schimb sunt mai eficiente și rezistente la presiune decât cele cu acoperire, însă pierderea de presiune este mai mare; în orice caz, diferențele sunt minime.

- Schimbătoarele cu serpentină verticală au avantajul de a putea fi extrase prin flanșă și deci se pot curăța ușor; în schimb, au în general suprafețe de schimb mai mici și sunt inadecvate schimbului termic cu instalația solară

- Schimbătoarele cu serpentină orizontală au suprafețe mari, însă nu sunt demontabile și nici nu pot fi înlocuite în caz de defectare.



1.4.2.2.3 Dispozitiv de stratificare

Rezervoarele prevăzute cu dispozitiv de stratificare distribuie rapid apa caldă la înălțimi din ce în ce mai mari, în funcție de temperatură, evitând astfel amestecurile; astfel, putem avea mai repede apă caldă de utilizat în punctul de imersare; de asemenea, acest sistem favorizează temperaturi medii mai joase în partea inferioară a rezervorului, avantajând randamentul instalației solare (temperaturi de retur mai joase la colector).

Există diverse tipuri de dispozitive de stratificare dar principiul de bază este întotdeauna același.

Pe măsură ce apa menajeră este încălzită de serpentină în partea de jos (de lumina solară sau de cazan), aceasta urcă rapid prin dispozitiv până ce ajunge la o înălțime la care întâlnește apă cu aceeași temperatură cu a sa; numai în acest punct apa caldă produsă are presiunea suficientă pentru a ieși din dispozitivul de stratificare.

Dezavantajul principal al boilerelor cu sistem de stratificare constă în mai mica putere de schimb, care influențează

timpul necesar rezervorului pentru a atinge temperatura de lucru, în limitarea debitelor de apă menajeră, în costurile mai mari și într-o mai mare complexitate de construcție.

Toate acestea din cauza faptului că, pentru a permite stratificarea, viteza apei, fie pentru mișcări convective produse de serpentină, fie pentru mișcări dinamice produse de intrarea apei de rețea, trebuie să fie limitată.

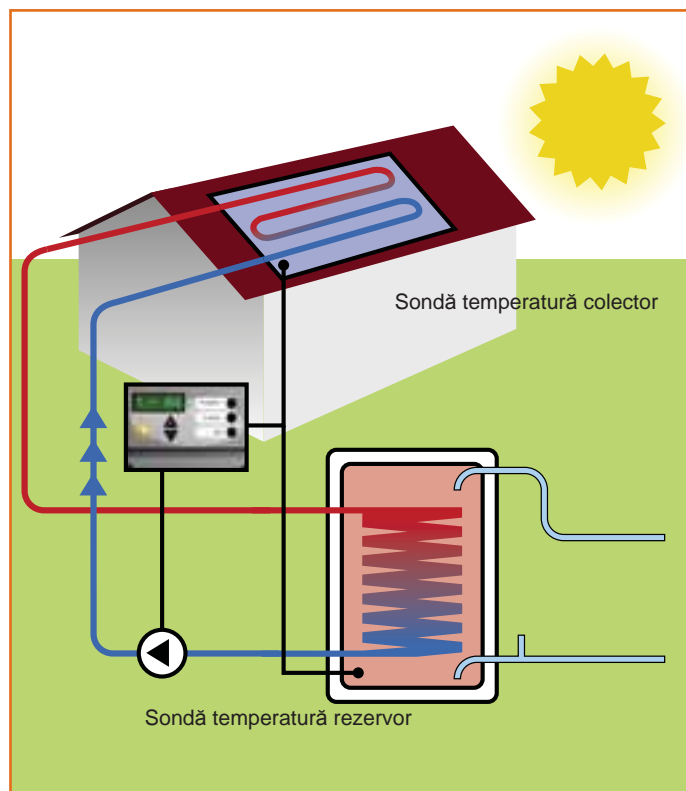
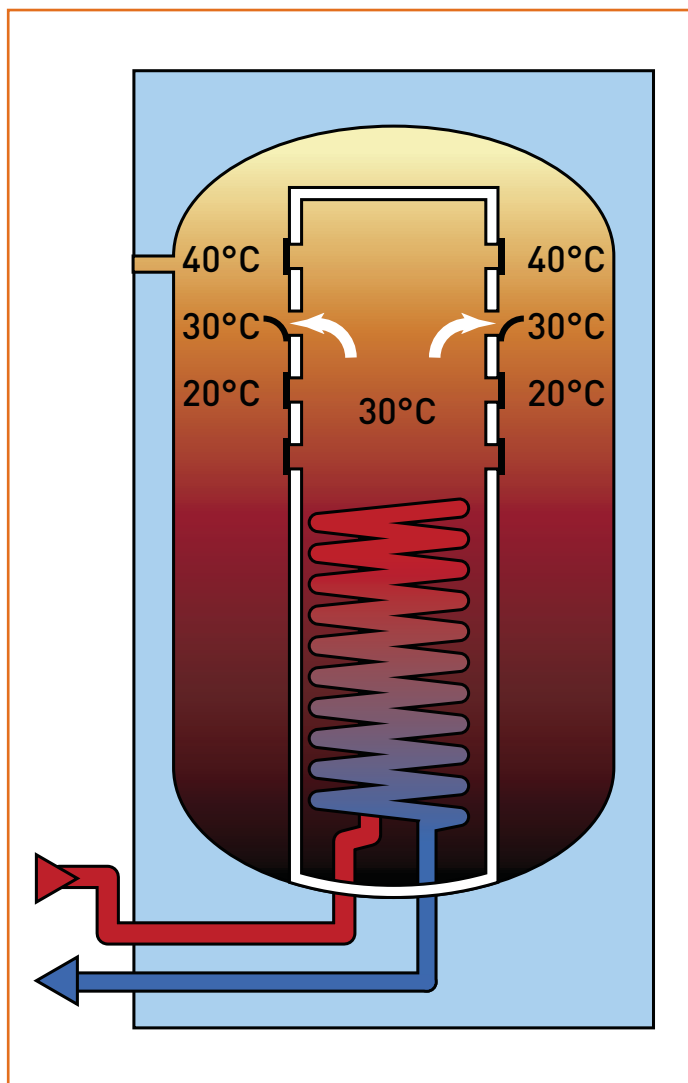
1.4.3 Unitatea de comandă a sistemului solar și senzorii instalației

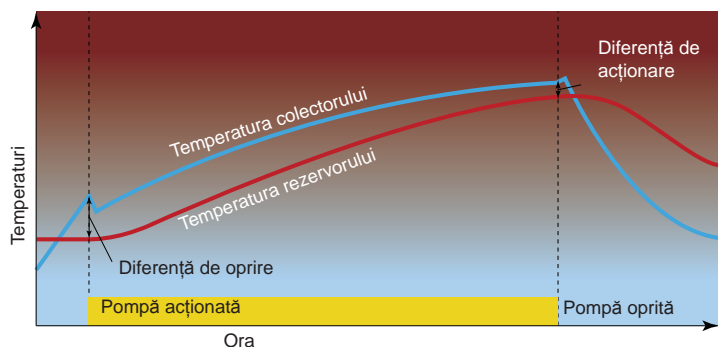
Unitatea de comandă a sistemului solar este inima instalației cu circulație forțată, pe care o gestionează împreună cu sistemul de încălzire convențional (cazan sau instalații similare).



1.4.3.1 Funcționarea unității de comandă a sistemului solar

Funcția principală a centralei este activarea și dezactivarea circulației agentului termic solar la momentul adecvat.





Cu circuitul oprit temperatura colectorului crește în urma expunerii la lumina solară. La atingerea unei anumite diferențe de temperatură față de boiler (de ex. 10°C), pompa este activată și căldura transferată în boiler. Temperatura boilerului și cea a colectorului urcă și converg în final în diferența de temperatură de oprire (de ex. 4°C), la atingerea căreia unitatea de comandă dezactivează grupul de circulație.

Procesul se poate repeta de mai multe ori într-o zi.

Alte funcții importante ale unității de comandă sunt:

- siguranța:

Unitatea de comandă împiedică supraîncălzirea boilerului ($T < 90^\circ\text{C}$), blocând întotdeauna circulația la atingerea acestei temperaturi și împiedicând astfel încălzirea suplimentară a boilerului.

- gestionarea instalației:

Unitatea de comandă poate aprinde cazanul și/sau activa supapa de derivație motorizată care distribuie energia provenind de la cazan în instalație.

- activarea recirculării în instalații cu mai multe boilere

- Răcirea suplimentară a colectorului (răcirea colectorului): Uneori, dacă boilerul nu este folosit (când familia este în vacanță), acesta poate atinge temperatura maximă de siguranță; funcția de răcire suplimentară permite răcirea boilerului prin activarea pompei de circulație, utilizând panourile solare ca elemente de schimb termic când acestea sunt mai reci decât boilerul (de ex. în timpul nopții).

- Funcția „kick” a colectorului (funcția „lovitură” a colectorului):

În cazul unor anumite tipuri de panou, informația privind atingerea nivelului de încălzire suficientă a colectorului nu ajunge cu rapiditate la sondă.

Funcția „kick” activează pompa timp de câteva secunde, printr-un impuls repetat la intervale regulate de timp, pentru ca sonda colectorului să determine mai rapid temperatura. Această funcție este extrem de importantă pentru colectoarele cu tuburi vidate sau pentru câmpuri colectoare mari.

1.4.3.2 Senzorii de temperatură

La instalațiile solare termice cu circulație forțată este necesară cunoașterea temperaturii lichidului. În acest scop, trebuie utilizați senzori adecvați.

Există diverse tipuri de senzor: cu rezistență, de platină (Pt 100, Pt 1000) sau cu semiconductori NTC sau PTC.

Senzor termic



Teacă de imersie

1.4.4 Grup de circulație

Grupul de circulație, pe lângă faptul că permite agentului termic solar să curgă în instalații cu circulație forțată, îndeplinește și o serie de alte funcții foarte importante pentru punerea în funcțiune și controlul corect al sistemului.

Pentru instalația casnică tipică, absorbția electrică a unității de circulare variază între 40 și 100 W.

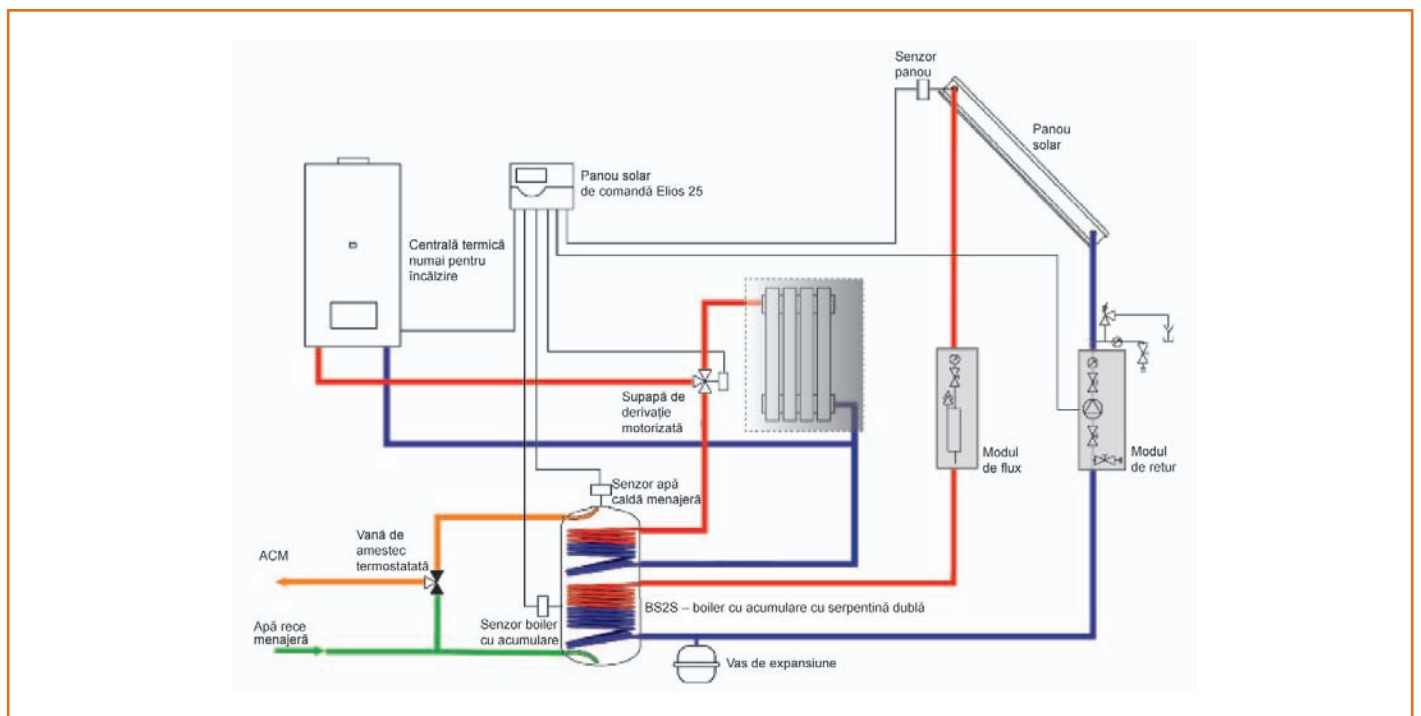
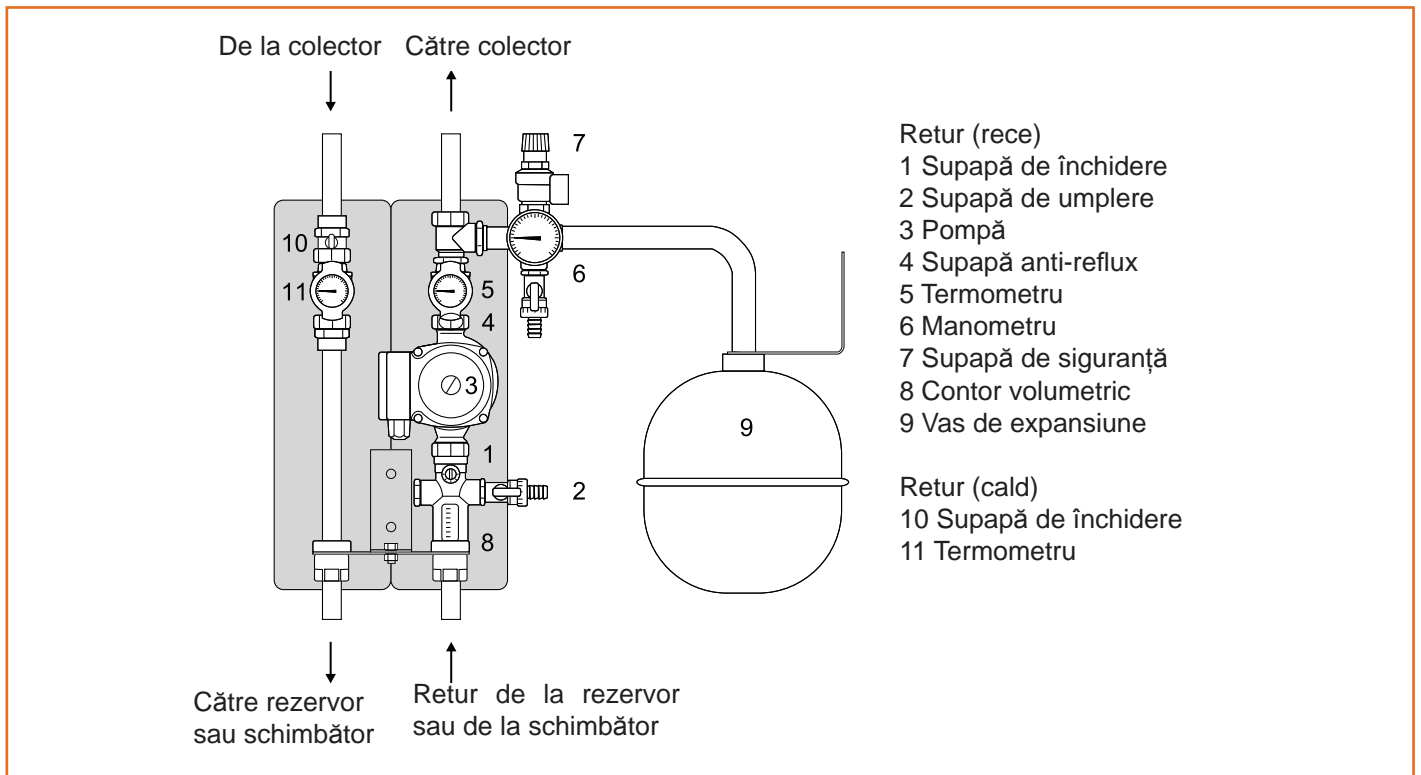
Materialele din care este fabricată pompa circuitului primar trebuie să fie compatibile cu agentul termic solar utilizat.

În general, se folosesc pompe proiectate pentru instalații de încălzire, care produc debite mai mari decât necesarul, mai ales pentru instalațiile mici.

SISTEME SOLARE

Printre funcțiile cele mai importante ale grupului de circulație găsim:

- posibilitatea de a citi și regla valoarea debitului (de 15 l/h pe m² în regim Low flow și 50 l/h pe m² în regim normal)
- posibilitatea de a conecta un vas de expansiune și un grup de siguranță
- posibilitatea de a citi temperatura de tur și retur de la câmpul colector



1.4.4.1 Tipuri de grupuri de circulație

În funcție de tipul de unitate de circulare distingem:

- grupuri de circulație cu punct fix
- grupuri de circulație modulante

Primele funcționează întotdeauna la aceeași turație (deci cu același nivel de absorbție și același debit), pe când turația pompei celui de-al doilea tip de grup de circulație poate varia (ceea ce presupune niveluri de absorbție și debite variabile).

Variația debitului se realizează treptat, pentru a menține un ΔT programat între colector și rezervor.

În cazul în care, din cauza diminuării expunerii la lumina solară, diferența de temperatură scade sub valoarea programată, reglarea solară reduce turația pompei. Astfel este redus și debitul în circuitul colectoarelor, pentru a menține diferența de temperatură la un nivel operațional.

Acest sistem are avantajul de a capta mai multă energie solară în condiții de expunere redusă la lumină solară (obișnuită în timpul iernii sau la latitudini cu expunere redusă) și de a reduce cheltuielile electrice pentru unitatea de circulare. Dezavantajele sunt costurile mai mari (atât pentru unitatea de circulare, cât și pentru sistemul de control), care nu întotdeauna sunt justificate de nivelul de economie energetică care poate fi obținut, mai ales la latitudini cu expunere medie anuală la lumină solară ridicată.

OBSERVAȚIE:

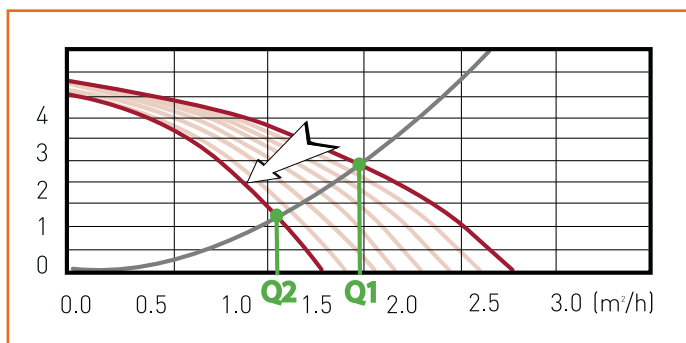
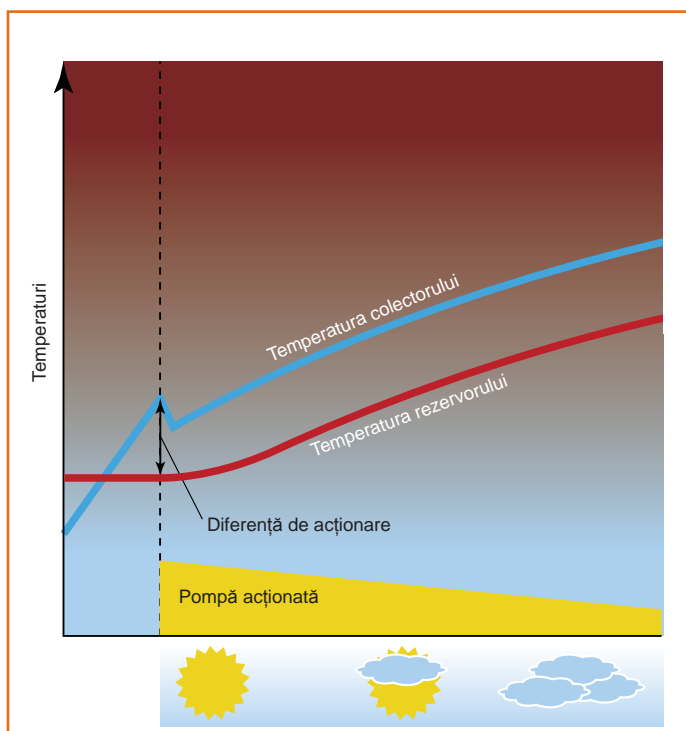
Energia electrică absorbită de unitatea de circulare are un cost care trebuie avut în vedere la amortizarea instalației solare.

În Italia, majoritatea instalațiilor solare casnice obișnuite (cu 2-6 colectoare) utilizează unități de circulare cu punct fix de 40 Watt.

Într-o zi de vară obișnuită, unitatea de circulare rămâne în funcțiune 6-8 ore, în timp ce iarna funcționează aproximativ 2-4 ore, în cazul unei perioade de funcționare totale de aproximativ 1.200-1.700 ore pe an.

Unitatea de circulare va consuma între 50 și 70 kWh/an.

Costul anual al energiei electrice (ținând cont de tariful tipic de 0,26 euro/kWh) este de aproximativ 13-18 euro.



SISTEME SOLARE

1.4.5 Alte accesorii solare

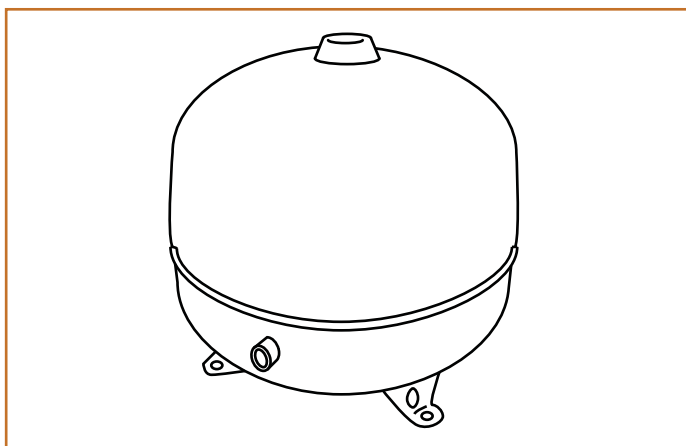
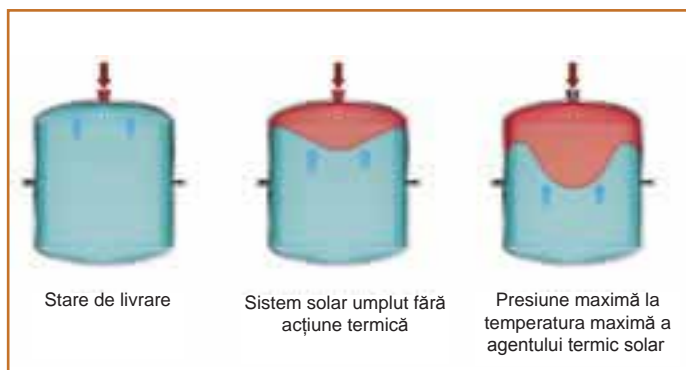
La o instalație solară există multe alte componente „neimportante” din punct de vedere al conținutului tehnologic, care sunt însă indispensabile funcționării corecte a întregului sistem.

1.4.5.1 Vasul de expansiune

Acesta compensează expansiunile termice ale agentului termic solar.

De asemenea, când panourile nu sunt funcționale, amestecul aflat încă în stare lichidă este împins în jos de aburul care se formează; vasul de expansiune trebuie să primească acest volum și să compenseze dilatările termice normale.

Este important ca volumul vasului de expansiune să fie ales corect pentru instalație, pentru ca vasul să aibă o bună rezistență la presiune (până la 6-8 bari) și ca membrana din cauciuc din interior să poată rezista la temperaturi ridicate și la efectul chimic al glicolului.

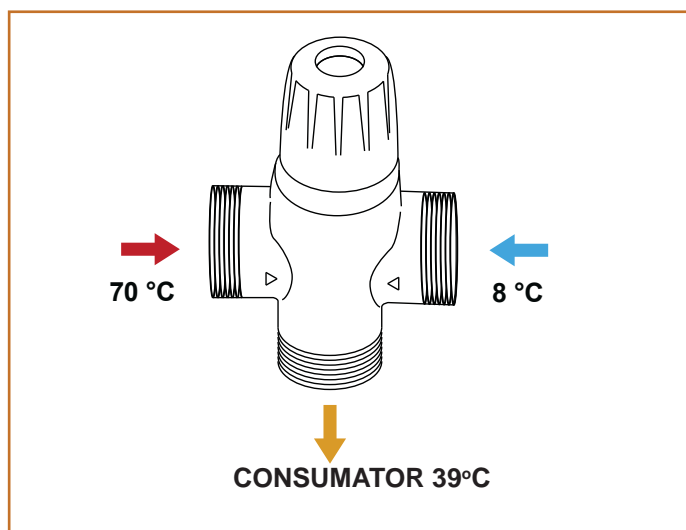


1.4.5.2 Mixer termostatic

În unele perioade ale anului, energia solară poate crește temperatura apei menajere din boiler până la 90°C.

Sarcina mixerului termostatic este de a reduce aceste temperaturi, amestecând apa menajeră cu apă rece din rețea în timpul alimentării.

Este importantă rapiditatea răspunsului oferit în cazul variațiilor de temperatură (cîteva secunde) și este important ca mixerul să fie prevăzut un dispozitiv anti-opărire care să separe în mod automat fluxul de apă caldă de la boiler atunci când debitul apei reci din rețea este întrerupt în amonte (făcând astfel imposibilă amestecarea).

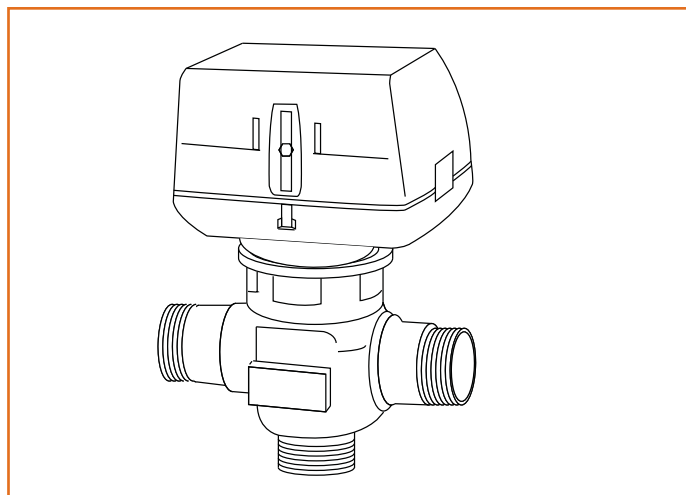


1.4.5.3 Supapă de derivație motorizată

Comandată de o unitate de comandă sau de un termostat, această supapă deviază apa din circuitul sanitar (sau din circuitul de încălzire), pentru a permite cazanului integrarea în sistemul solar termic.

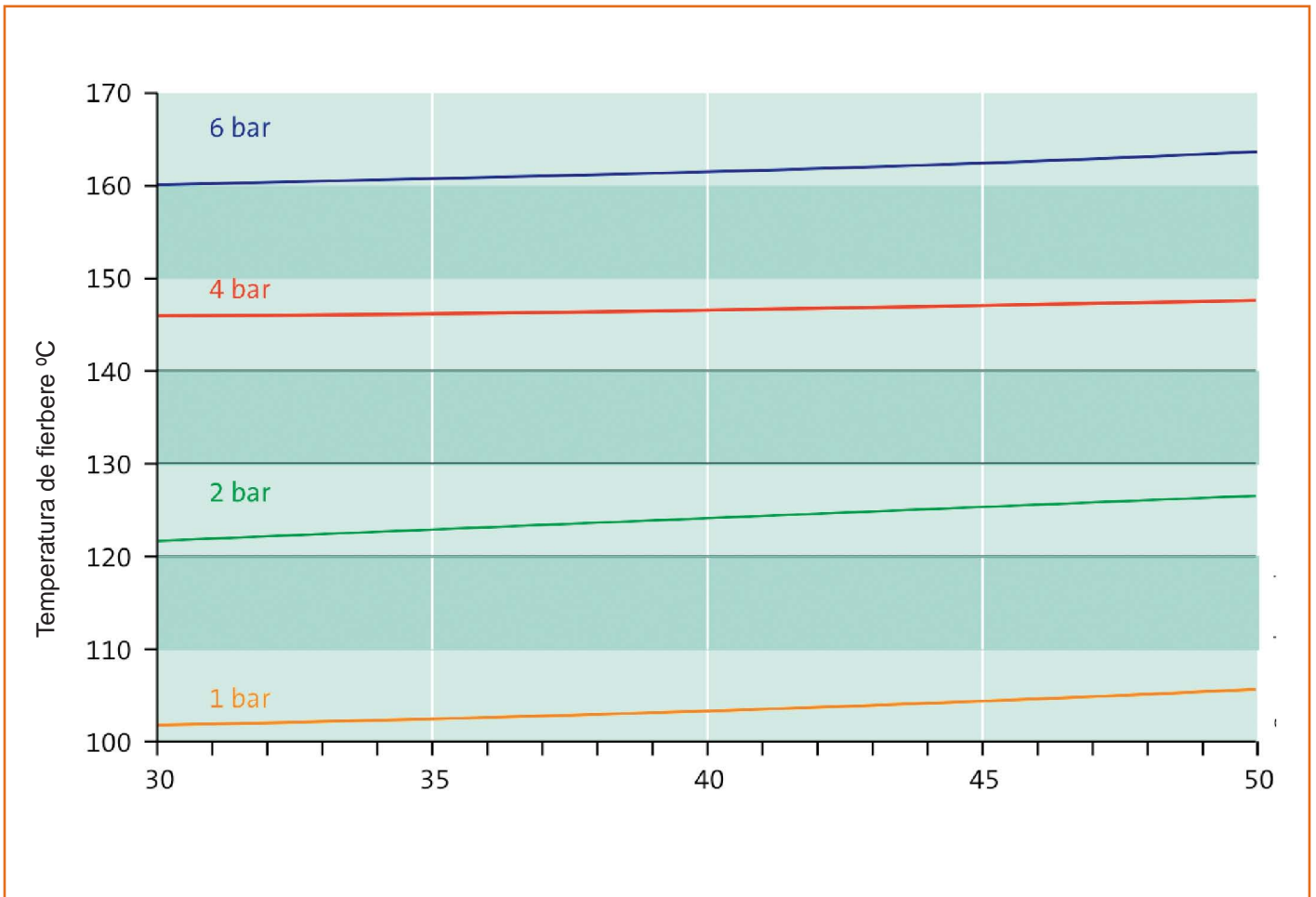
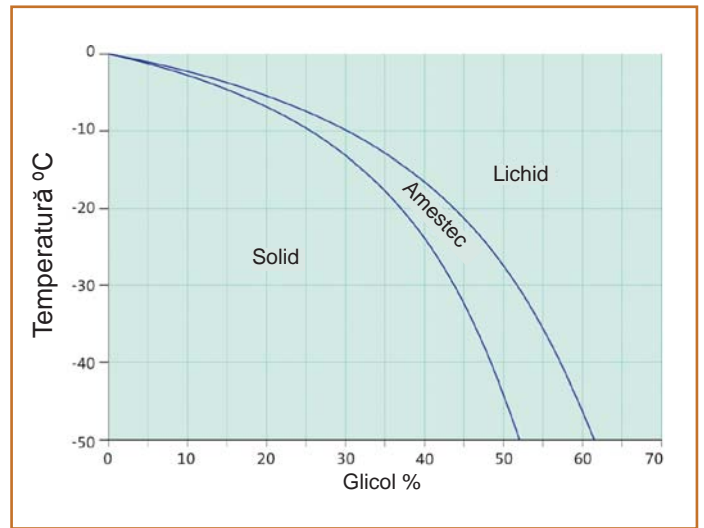
Este important ca aceasta să aibă timpi de comutare rapizi și ca mecanismele interne să reziste bine la temperaturi înalte și la glicol (dacă este utilizat în circuitul primar al sistemului solar termic).

Dacă este folosită pentru obținerea apei menajere, aceasta trebuie să îndeplinească anumite cerințe privind igiena.



1.4.5.4 Glicol

Amestecat cu apa din circuitul solar (în proporție de 15-60%), glicolul împiedică înghețarea acesteia în timpul iernii și îi ridică punctul de evaporare vara la temperaturi de lucru înalte, asigurând buna funcționare în timpul verii. Este important să aibă o bună rezistență la stresul termic și să nu fie toxic.



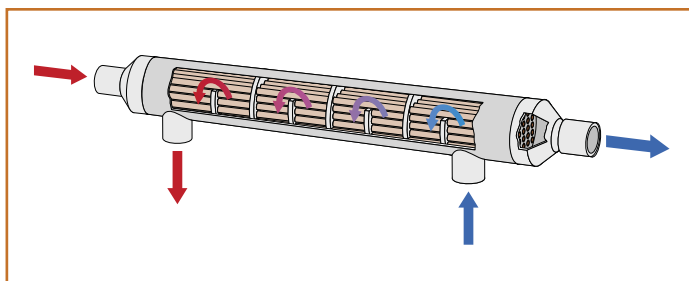
1.4.5.5 Schimbătoare de căldură externe

La instalațiile cu suprafață de peste 20 m², se folosesc în general schimbătoare de căldură externe, deoarece serpentina din interiorul rezervorului poate avea o suprafață inadecvată schimbului termic.

Există două tipuri de schimbător:

- schimbător cu fascicul de tuburi

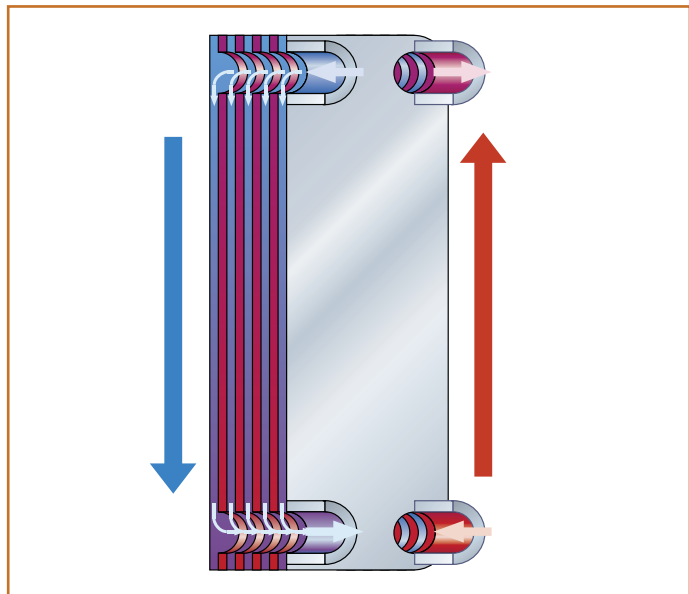
Avantajul principal este limitarea pierderilor de presiune; dezavantajul este puterea specifică de transmisie redusă. Fasciculele de tuburi din cupru pentru creșterea puterii de schimb sunt foarte utilizate. În general, sunt folosite pentru încălzirea piscinelor.



- Schimbătoare cu plăci

Avantajele principale sunt puterea specifică de transmisie ridicată, dimensiunile reduse și prețul. Dezavantajele sunt pierderile de presiune, existența riscului de contaminare și, în consecință, reducerea eficienței. La instalațiile pentru producerea de apă caldă menajeră, materialul cel mai folosit este oțelul inoxidabil.

În cazul încălzirii piscinelor, trebuie să asigurați o concentrație de clor în cadrul limitelor de toleranță ale materialului schimbătorului; în caz contrar, utilizați schimbătoare realizate din aliaje de cupru și titan.



1.4.5.6 Degazor instalație și supapă de evacuare

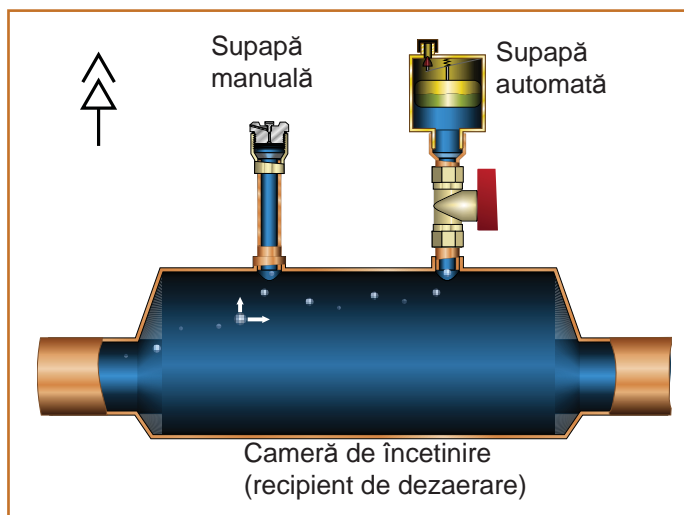
Formarea bulelor de aer sau de vapori poate afecta funcționarea corectă a instalației solare, provocând zgomot, cavitația pompei (dacă este prezentă) și reducerea schimbului termic.

- Degazorul

Este un dispozitiv care permite evacuarea aerului care se poate acumula în circuite. Degazorul poate fi manual sau automat.

Acesta trebuie să reziste la temperatura maximă a lichidului, de aceea plutitorul nu trebuie fabricat din materiale plastice, ci din oțel inoxidabil. Supapele de evacuare trebuie să fie rezistente la agenții atmosferici.

Degazorul trebuie să fie prevăzut cu o cameră de încetinire în care viteza lichidului este redusă, permițând captarea bulelor de aer în partea superioară, cu o supapă manuală cu șurub și cu o supapă automată, combinată în mod normal cu o supapă de evacuare a aburului (supapă de evacuare sau Jolly).



- Supapă de evacuare

Este fabricată din următoarele materiale:

- corp și capac de fontă sau de alamă
- mecanism din oțel inoxidabil
- plutitor și bază din oțel inoxidabil
- obturator din cauciuc sintetic

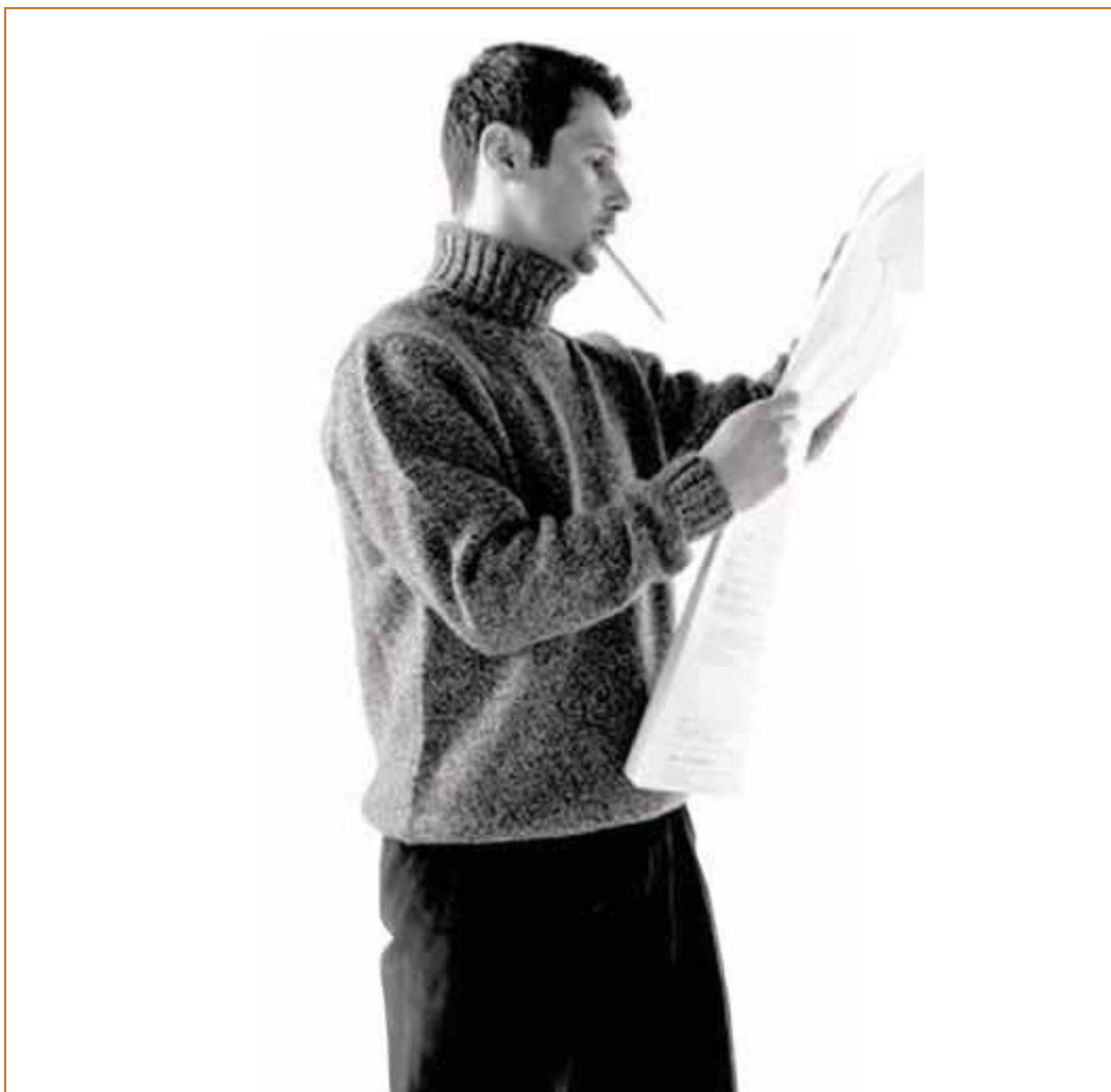
& PROIECTAREA INSTALAȚIILOR SOLARE

&1 Introducere

Vom prezenta în continuare câteva dintre procedurile și metodele de dimensionare a instalației solare termice, dimensiunile având un caracter absolut general.

Ar fi absurd să credem că am putea epuiza în secțiunea de față tematici atât de vaste și complexe.

Ghidul de față referitor la dimensiunile instalațiilor solare, ca de altfel toate programele software comercializate, pot fi considerate instrumente utile, dacă și numai dacă, sunt îmbinate cu intuiția, bunul simț și experiența proiectantului.



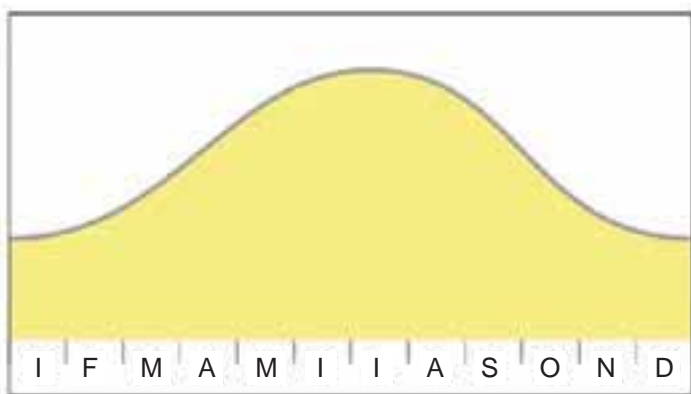
&2 Dimensionarea termică a instalației solare

Vom lua în considerație în această secțiune trei aplicații solare tipice:

- ☒ Pentru încălzirea apei calde menajere
- ☒ Pentru încălzirea spațiilor casnice
- ☒ Pentru încălzirea piscinelor

Vom defini procedurile necesare pentru a stabili:

- ☒ Influența pe care o are poziția în care se află colectoarele solare asupra energiei obținute
- ☒ Necesarul termic mediu
- ☒ Suprafața panourilor solare
- ☒ Volumul rezervorului de acumulare solară
- ☒ Gradul de acoperire ce poate fi obținut



Evoluția anuală normală a energiei solare disponibile pe o suprafață de referință

&2.1 Informații generale privind necesarul termic

Elementul principal ce stă la baza dimensionării panourilor solare îl constituie necesarul termic al aplicației specifice pe care dorim să o integrăm.

În mod special, se vor stabili valorile lunare și cele anuale ale necesarului termic.

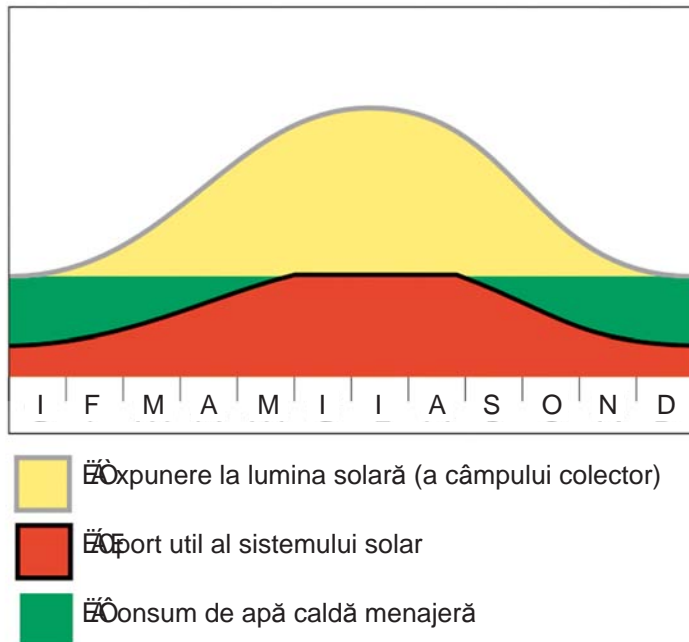
Cunoașterea vârfurilor zilnice de consum poate fi ignorată în cazul instalațiilor solare, deoarece energia solară termică reprezintă o sursă de economisire energetică similară surselor tradiționale (gaz, electricitate).

De aceea, se va ține cont de dimensionarea panourilor solare și nu de gradul de confort (ca de exemplu, prezența constantă a unei mari cantități de apă menajeră), acesta din urmă reprezentând o prerogativă fundamentală atunci când se aleg dimensiunile sistemelor tradiționale de încălzire (instalații cu cazan ori sisteme similare).

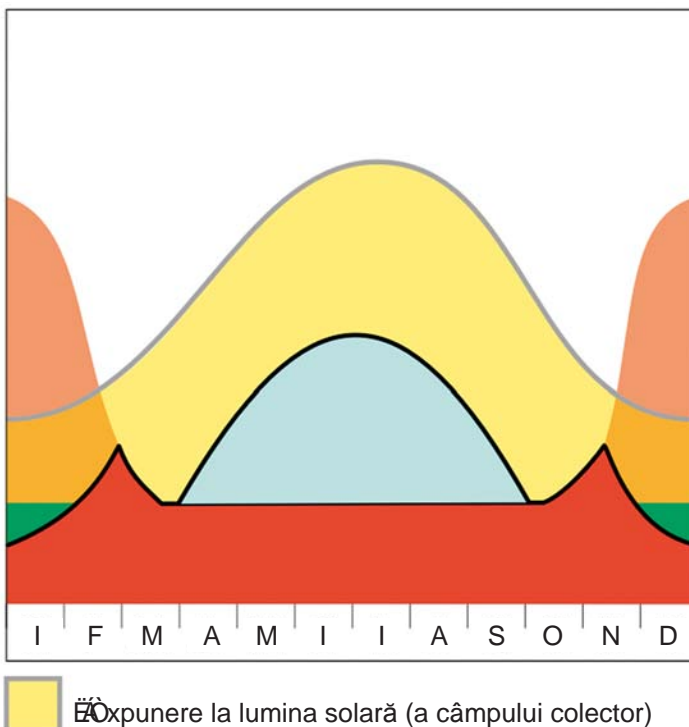
Evoluția anuală a necesarului de energie trebuie comparată cu energia furnizată de soare. Acest raport crește în timpul verii și scade pe măsură ce vremea se răcește (curba tip clopot).

Evoluția anuală a energiei solare este influențată în mod considerabil de poziționarea (înclinarea și orientarea) câmpului de colectoare, element tratat în continuare.

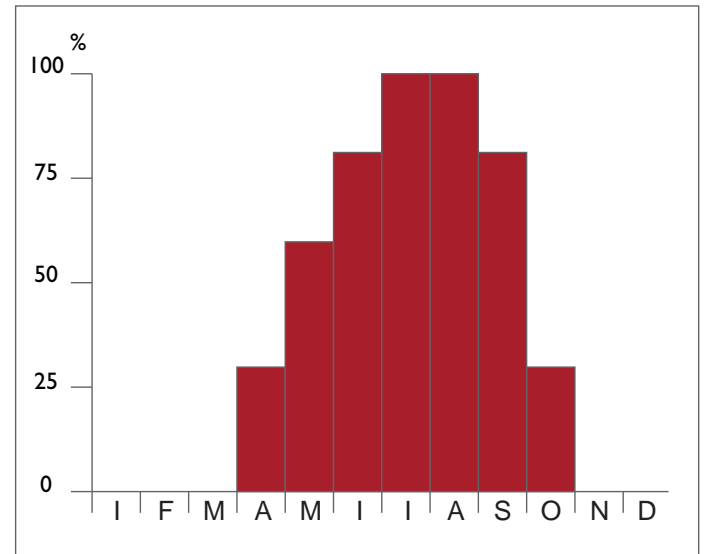
Gradul de acoperire al energiei solare comparativ cu un profil constant de consum menajer în timpul anului (aplicație menajeră normală pentru locuințe în regim de condominiu)



Gradul de acoperire al energiei solare comparativ cu un profil de consum menajer în combinație cu consum pentru încălzirea spațiilor (aplicație menajeră normală pentru locuințe o singură familie)

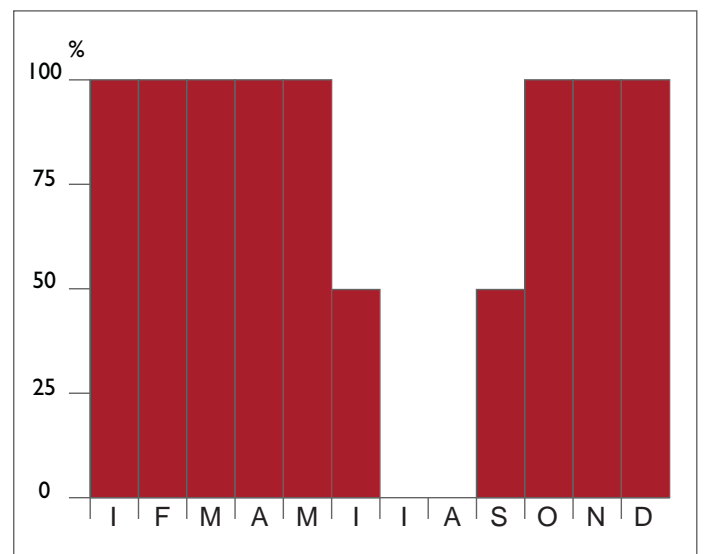


Sunt preferate în general evoluțiile profilului de consum aproximativ regulate pe durata anului sau care urmează pe cât posibil variația energiei solare. De exemplu, consumul de apă caldă menajeră în campinguri, în timpul verii, menținerea temperaturii piscinelor descoperite și răcirea pe timpul verii (cu ajutorul dispozitivelor de absorbție) reprezintă aplicații solare optime dat fiind faptul că solicită sarcini maxime în timpul verii (sau în perioada de disponibilitate maximă a sursei alternative).



Profil de consum anual corect (piscină în aer liber)

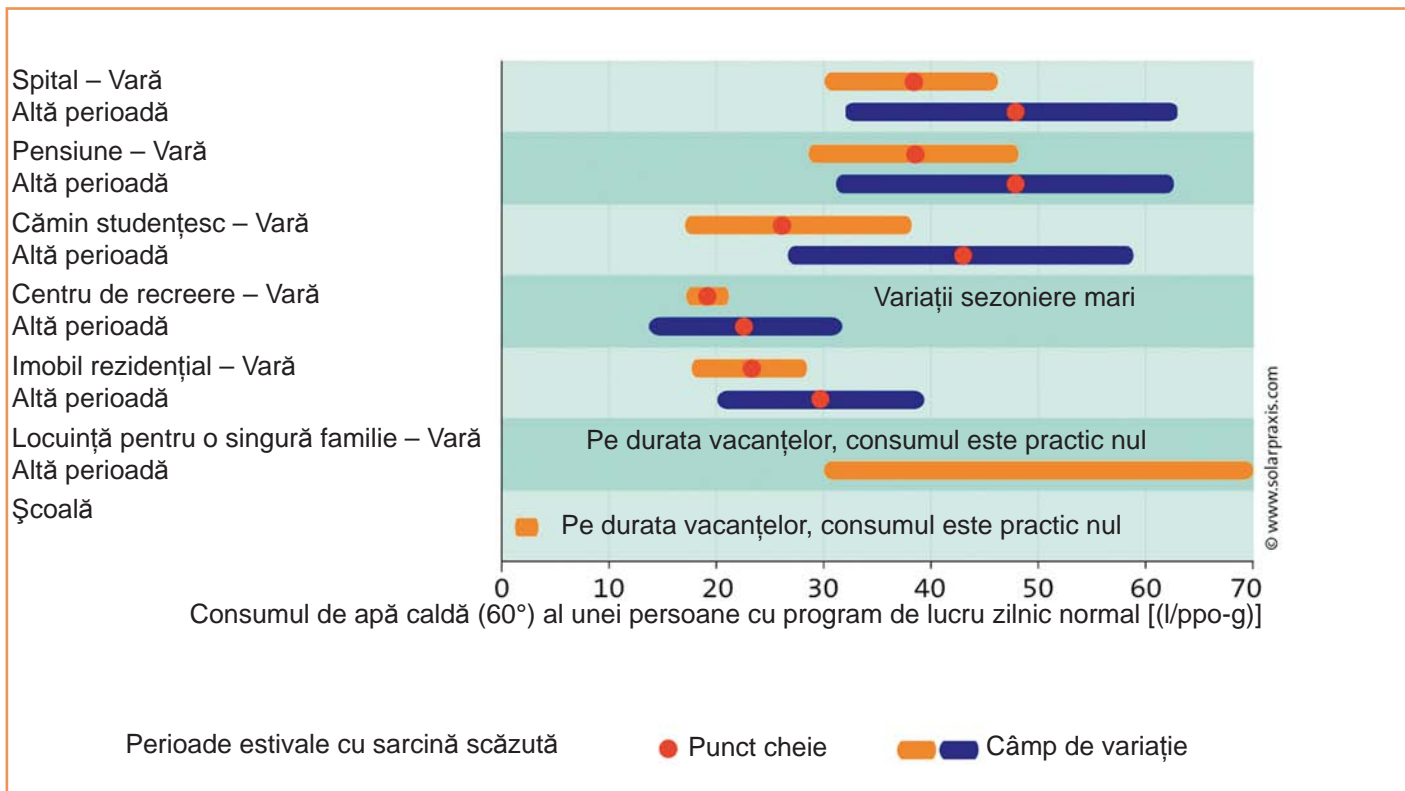
La polul opus, aplicațiile care presupun, de exemplu, încălzirea spațiilor casnice și producția de apă caldă menajeră în școli, reprezintă situații tipice în care există o „gaură” de consum în timpul verii și un vârf iarna. Aceste aplicații nu sunt în concordanță cu disponibilitatea solară și, prin urmare, fezabilitatea tehnică a acestora, precum și consumul, vor fi evaluate de la caz la caz.



Profil de consum anual incorect (încălzirea apei menajere într-o școală)

SISTEME SOLARE

Prospectul calitativ care urmează prezintă modul de variație a unui profil de consum anual și a unui profil de consum zilnic, în cazul celui mai utilizat tip de aplicație solară – cea pentru producția de apă caldă menajeră.



&2.2 Informații generale privind poziționarea colectoarelor

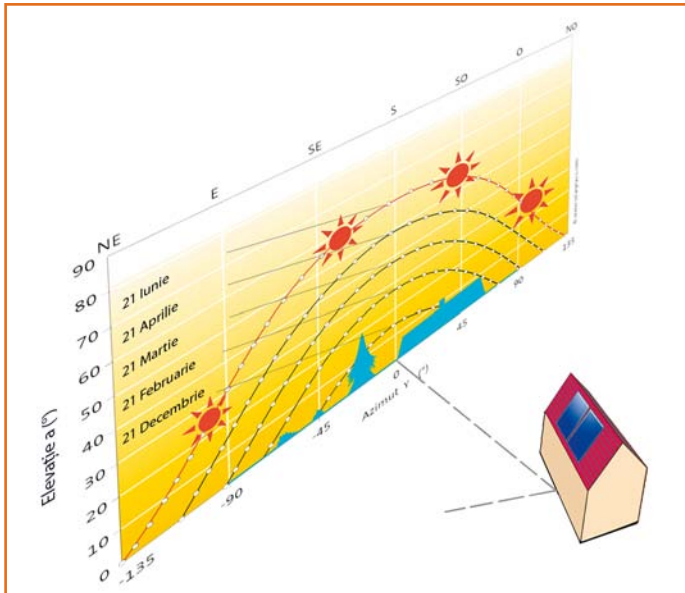
Poziționarea câmpului colector are o importanță deosebită din punct de vedere al randamentului energetic al instalației solare.

Studiul poziționării se referă în general la alegerea unghiurilor de montaj a câmpului colector și la analiza zonelor de umbră, atât a celor create de rândurile de colectoare, cât și a celor generate de obstacolele aflate în afara câmpului.

În anumite cazuri, constrângerile impuse de poziționare sunt în număr atât de mare încât este mai bine să se renunțe la realizarea unei instalații solare și să se opteze pentru alte tipuri de investiție.

&2.2.1 Azimutul și înclinarea colectorului

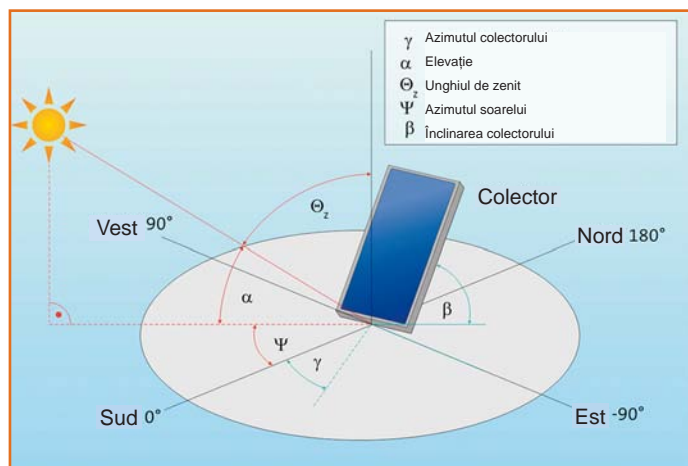
Cantitatea anuală de energie solară obținută depinde de modul în care colectorul este expus traiectoriilor zilnice ale soarelui (pe durata tuturor celor 365 de zile ale anului).



Acest fapt depinde de două unghiuri în care este montat colectorul:

Orientarea (denumită „Azimut”): definește îndepărtarea de Sud (în emisfera noastră)

Inclinarea: definește gradul de înclinare a colectorului



Expunerea medie zilnică la lumina solară corespunzătoare lunii corespunzătoare (kW/m^2 zi) poate fi calculată pentru o suprafață orientată și înclinată în orice mod, printr-o procedură definită de norma UNI 8477, partea I.

Oricum, există numeroase programe gratuite sau simple foi de calcul care permit calcularea influenței pe care unghiurile mai sus menționate o au asupra cantității de energie solară anuală și lunară pentru toate zonele geografice.

Fără a intra în detaliile calculelor analitice deja descrise în normă, vă oferim câteva indicații general valabile și utile pentru o corectă poziționare a câmpului colector în funcție de tipul de aplicație solară aleasă.

- Orientarea γ :

Orientarea spre sud ($\gamma=0^\circ$) reprezintă condiția ideală, obținându-se astfel cea mai mare cantitate de energie atât pe o bază anuală cât și lunară.

Acolo unde este posibil, pentru orice tip de aplicație, este întotdeauna de preferat ca azimutul să fie egal cu 0° .

Anumite aplicații anuale sau în primul rând de vară (de exemplu, pentru încălzirea piscinelor și a apei menajere) implică îndepărtări majore de la condiția ideală fără pierderi importante de energie.

Alte aplicații proprii doar anotimpului rece (de exemplu integrarea în instalații de încălzire), tocmai datorită faptului că prevăd exploatarea energiei solare în perioadele cu expunere redusă la lumina solară, sunt extrem de sensibile la îndepărtările față de sud.

- Înclinația β :

Unghiul de înclinație optimă depinde în mare măsură de utilizarea instalației solare.

Unghiurile optime de înclinație sunt mai reduse pentru producția de apă caldă și pentru încălzirea piscinei, deoarece țin cont de înălțimea cea mai ridicată a soarelui în timpul verii.

Unghiurile optime de înclinație pentru integrarea în instalații de încălzire a mediului ambiant sunt în schimb mai mari datorită faptului că sunt prevăzute pentru poziția mai joasă a soarelui în anotimpurile de tranziție.

Indicațiile de mai sus sunt rezumate în tabelul următor:

Aplicație	Unghiuri de înclinație a câmpurilor	Unghiuri de azimut a câmpurilor
Apă caldă	15° până la 45°	45° până la -45°
Piscină	15° până la 45°	45° până la -45°
Apă caldă + Încălzirea mediului ambiant	30° până la 60°	15° până la -15°
Apă caldă + Încălzirea mediului ambiant + Piscină	30° până la 60°	30° până la -30°

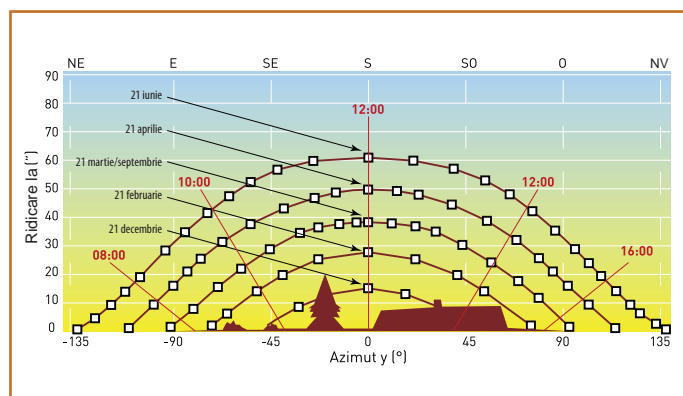
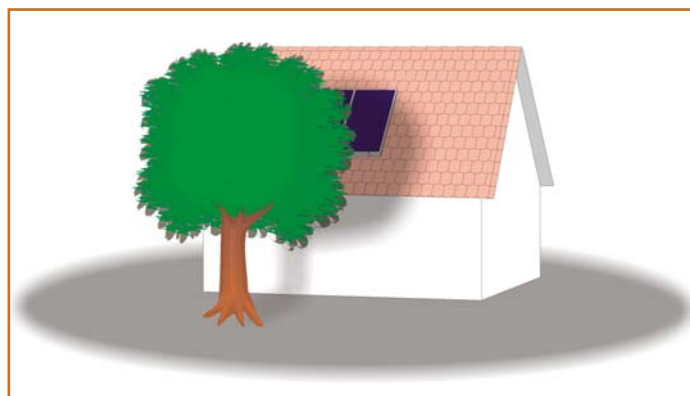
SISTEME SOLARE

Tabelul următor permite calcularea rapidă a distanței minime dintre rânduri prin alegerea tipului de colector (CF 2.0 sau SYS 2.5) și a înclinăției acestuia.

Latitudine	36		37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		
α_{MIN}	30,5		29,5		28,5		27,5		26,5		25,5		24,5		23,5		22,5		21,5		20,5		
Tip colector	SYS 2,5	CF 2,0	SYS 2,5	CF 2,0	SYS 2,5	CF 2,0	SYS 2,5	CF 2,0	SYS 2,5	CF 2,0	SYS 2,5	CF 2,0	SYS 2,5	CF 2,0	SYS 2,5	CF 2,0	SYS 2,5	CF 2,0	SYS 2,5	CF 2,0	SYS 2,5	CF 2,0	
Înclinăție β	15	3,1	2,8	3,2	2,8	3,2	2,9	3,3	2,9	3,3	3,0	3,4	3,0	3,4	3,1	3,5	3,1	3,6	3,2	3,6	3,2	3,7	3,3
	20	3,4	3,0	3,5	3,1	3,5	3,1	3,6	3,2	3,6	3,3	3,7	3,3	3,8	3,4	3,9	3,5	4,0	3,5	4,1	3,6	4,2	3,7
	25	3,6	3,2	3,7	3,3	3,8	3,4	3,8	3,4	3,9	3,5	4,0	3,6	4,1	3,7	4,2	3,8	4,3	3,9	4,4	4,0	4,6	4,1
	30	3,8	3,4	3,9	3,5	4,0	3,6	4,1	3,7	4,2	3,7	4,3	3,8	4,4	3,9	4,5	4,0	4,6	4,1	4,8	4,3	4,9	4,4
	35	4,0	3,6	4,1	3,7	4,2	3,8	4,3	3,8	4,4	3,9	4,5	4,0	4,7	4,2	4,8	4,3	4,9	4,4	5,1	4,6	5,3	4,7
	40	4,2	3,7	4,3	3,8	4,4	3,9	4,5	4,0	4,6	4,1	4,7	4,2	4,9	4,4	5,0	4,5	5,2	4,6	5,4	4,8	5,6	5,0
	45	4,3	3,8	4,4	3,9	4,5	4,0	4,6	4,1	4,8	4,3	4,9	4,4	5,1	4,5	5,2	4,7	5,4	4,8	5,6	5,0	5,8	5,2
50	4,4	3,9	4,5	4,0	4,6	4,1	4,7	4,2	4,9	4,4	5,0	4,5	5,2	4,6	5,4	4,8	5,6	5,0	5,8	5,2	6,0	5,4	
60	4,4	3,9	4,5	4,1	4,7	4,2	4,8	4,3	5,0	4,5	5,2	4,6	5,4	4,8	5,6	5,0	5,8	5,2	6,1	5,4	6,3	5,6	

&2.2.& Umbra generată de obstacole

Acest tip de umbră necesită observarea localizării pentru a determina conturul unghiular al obstacolului văzut din centrul câmpului de colectoare de instalat.



În fiecare zi a anului, soarele urmează o traiectorie pe bolta cerească ale cărei coordonate principale, azimutul și elevația, sunt reprezentate în grafic.

În același grafic sunt reprezentate azimutul și gradul de elevație al unor potențiale obstacole situate în apropierea unei anumite instalații solare.

Prin urmare, graficul permite stabilirea intervalelor de timp și a zilelor în care instalația solară nu este expusă în mod direct luminii solare. Se poate astfel evalua cantitatea anuală de energie care lipsește.

Și în acest caz, pentru tratarea exclusiv analitică, se vor consulta textele specifice.

În orice caz, și în această situație, utilizarea programelor speciale, a căror utilizare este relativ simplă și care sunt oferite gratuit, reduce cu mult timpul de evaluare pentru proiectant.

2.2.3 Dimensionarea sistemelor solare pentru apa caldă menajeră

După cum s-a menționat deja, dimensionarea sistemului solar pentru apa caldă menajeră diferă în mod substanțial de cea a cazanului și a boilerului cazanului.

Instalația solară este o sursă suplimentară și, prin urmare, trebuie să reprezinte doar o sursă de economisire, și nu de

asigurare a confortului. Din acest motiv, sunt neglijate, în general, valorile maxime ale consumului zilnic.

Utilizare	Necesar apă caldă (l)	Mărime de referință	Temperatură ieșire apă caldă (°C)	Necesar termic mediu (Wh)
Dușuri				
- sportivi	25	pentru fiecare duș	60	1075
- lucrători în fabrici cu mediu de lucru mai puțin igienic	30	pentru fiecare duș	60	1290
- lucrători în fabrici cu mediu de lucru foarte neigienic	40	pentru fiecare duș	60	1720
Băi				
- căzi normale	75	pentru fiecare baie	60	3225
- cazii mari	100	pentru fiecare baie	60	4300
- căzi cu hidromasaj	200	pentru fiecare baie	60	8600
- căzi pentru încăperi mari	300	pentru fiecare baie	60	8600
Casă unifamilială				
- standard scăzut	40	pentru fiecare persoană și zi	60	1720
- standard mediu	50	pentru fiecare persoană și zi	60	2150
- standard ridicat	60	pentru fiecare persoană și zi	60	2580
Casă multifamilială				
- construcție de uz public	30	pentru fiecare persoană și zi	60	1290
- construcție de uz general	40	pentru fiecare persoană și zi	60	1720
- reședință de lux	50	pentru fiecare persoană și zi	60	2150
Hoteluri, ansambluri rezidențiale				
- modest	40	pentru fiecare pat ocupat și zi	60	1720
- confort 1	50	pentru fiecare pat ocupat și zi	60	2150
- confort 2	80	pentru fiecare pat ocupat și zi	60	3440
Servicii publice/industrie				
- utilizare pentru intervale lungi de timp	36-42	pentru fiecare duș	45	2095-2440
- utilizare pentru intervale scurte de timp	30-36	pentru fiecare duș	45	1745-2095
- utilizarea serviciului pentru curățenie	30- 50	pentru fiecare persoană și zi	40 - 60	1740
Școli				
- fără instalații de dușuri	5-15	pentru fiecare școlar și zi	45	195-580
- cu instalații de dușuri	30-50	pentru fiecare școlar și zi	45	1160-1935
Cazărmi	30-50	pentru fiecare persoană și zi	45	1160-1935
Piscine acoperite				
- publice	40	pentru fiecare utilizator	60	1720
- private	20	pentru fiecare utilizator	60	860
Saune				
- publice	70	pentru fiecare utilizator	60	3010
- private	35	pentru fiecare utilizator	60	1500
Centre sportive	22-35	pentru fiecare utilizator	45	1305-2035
Centre de fitness	40	pentru fiecare utilizator	60	1720
Băi medicinale	200-400	pentru fiecare pacient și zi	45	7740-15480
Spitale				
- cu instalații sanitare simple	60	pentru fiecare pat ocupat și zi	60	2580
- cu instalații sanitare medii	70	pentru fiecare pat ocupat și zi	60	3440
- cu instalații sanitare complexe	120	pentru fiecare pat ocupat și zi	60	5160
Clădiri comerciale	10-40	pentru fiecare persoană și zi	45	390-1550
Magazine mari	10-40	pentru fiecare angajat și zi	45	390-1550
Restaurante, braserii				
- pentru pregătirea mâncării	4	pentru fiecare fel de mâncare	60-65	170-190
- pentru clătire	4	pentru fiecare fel de mâncare	60-65	170-190
Întreprinderi de panificație				
- prepararea aluatului, curățarea utilajelor	50	pentru m ² de suprafață funcțională și zi	60	2150
- pentru păstrarea curățeniei în magazin	1	pentru m ² de suprafață funcțională	60	45
- igiena corporală (duș și spălarea mâinilor)	40	pentru fiecare angajat și zi	60	1720
Măcelării				
- operația de gătire, curățarea utilajelor și instalațiilor	80	pentru fiecare porc și săptămână	60	15480-17200
- pentru păstrarea curățeniei în magazin	2	pentru m ² de suprafață funcțională	60	1935-2150
- igiena corporală (duș și spălarea mâinilor)	40	pentru fiecare angajat și zi	60	7740-8600
Berării	250-300	per litru de bere	60	10750-12900
Fabrici de produse lactate	1-1,5	per 100 litri de lapte	75	56-84
Spălătorii	250-300	per 100 kg lenjerie	75	13970-16770
Saloane de coafură și frizerii				
Saloane pentru bărbați	40-60	pentru fiecare loc de muncă și zi	60	1720-2580
Saloane pentru femei	100-120	pentru fiecare loc de muncă și zi	60	4300-5160
Curățenie salon	100-120	pentru m ² de suprafață funcțională	60	45

SISTEME SOLARE

Fiecare aplicație are un anumit profil anual și săptămânal de consum care trebuie luat în calcul în scopul unei dimensionări corecte a sistemului solar.

Sunt utilizate următoarele tabele de factori indicatori.

Profil de consum anual

Luna	Aziluri de bătrâni	Case unifamiliale	Condominii	Clădiri de birouri	Hoteluri	Magazine	Birouri administrative
Ian	0,97	1,00	0,98	1,00	0,75	0,90	0,98
Feb	0,92	1,00	1,00	1,00	0,78	0,90	0,97
Mar	0,90	0,91	0,99	1,00	0,79	0,87	0,94
Apr	0,87	0,91	0,90	1,00	0,81	0,78	0,90
Mai	0,83	0,82	0,91	0,91	0,93	0,74	0,78
Iun	0,82	0,82	0,83	0,86	1,00	0,65	0,80
Iul	0,77	0,73	0,66	0,82	1,00	0,61	0,79
Aug	0,76	0,82	0,79	0,86	1,00	0,65	0,82
Sep	0,82	0,82	0,84	0,91	0,90	0,69	0,89
Oct	0,89	0,91	0,80	1,00	0,85	0,74	0,93
Nov	0,96	1,00	0,92	1,00	0,60	0,78	0,95
Dec	1,00	1,00	0,95	1,00	0,80	1,00	1,00

Profil de consum săptămânal

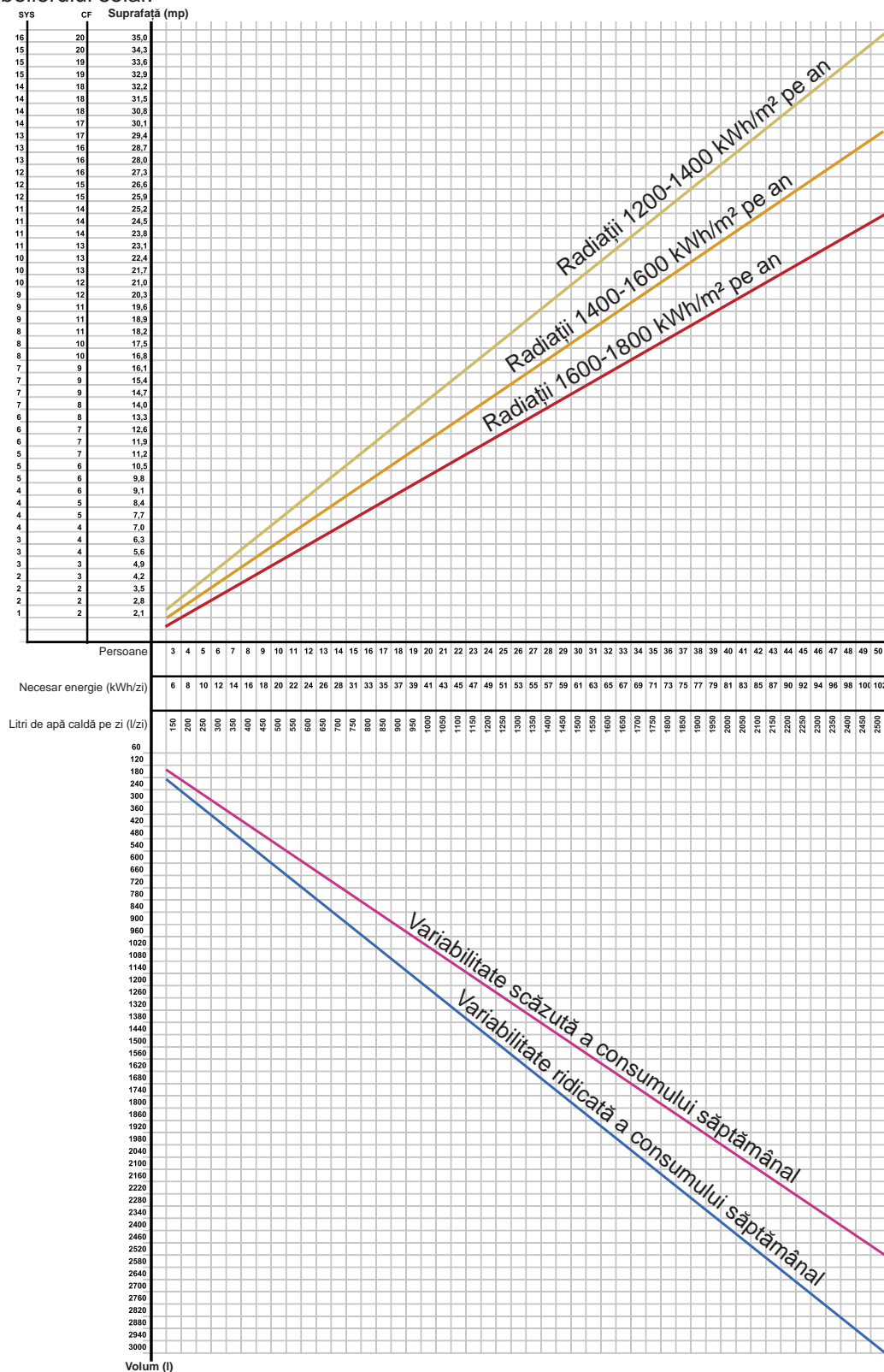
Luna	Aziluri de bătrâni	Case unifamiliale	Condominii	Clădiri de birouri	Hoteluri	Magazine	Birouri administrative
luni	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00
marți	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00
miercuri	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00
joi	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00
vineri	1,00	1,00	1,00	1,00	0,95	1,00	1,00
sâmbătă	0,79	0,94	0,82	0,28	1,00	0,83	0,41
duminică	0,75	0,69	0,80	0,00	0,85	0,00	0,15

2.2.3.2 Calcularea numărului de colectoare necesare și a dimensiunii boilerului solar

Odată cunoscute necesarul de energie lunară, distribuirea anuală și cea săptămânală a acestuia în funcție de tipul de aplicație, se poate consulta graficul de mai jos pentru a calcula suprafața în metri pătrați a colectoarelor, precum și dimensiunea boilerului solar.

Se introduce în grafic valoarea corectă a necesarului zilnic, aceasta obținându-se prin împărțirea necesarului real la factorul de poziționare a colectoarelor în baza tabelului de azimut – înclinare.

Cu alte cuvinte, o poziționare „bună” sau „proastă” comparativ cu situația colectorului orizontal se traduce printr-o sporire sau reducere virtuală a necesarului termic.



SISTEME SOLARE

Acest lucru determină, în mod evident, o creștere sau o scădere a numărului de colectoare calculat cu ajutorul graficului de mai sus

Suprafața necesară se calculează prin intersectarea liniei verticale (valoarea corectă a necesarului) cu linia curbă a zonei climatice respective:

- București 1400-1600 W/m²
- Deva 1200-1400 W/m²
- Suceava 1100-1250 W/m²

Zonele mai însorite necesită, evident, suprafețe mai mici.

Dimensiunea boilerului solar se calculează prin intersectarea liniei verticale (valoarea corectă a necesarului) cu linia curbă corespunzătoare:

- Curba pentru variabilitate ridicată a consumului săptămânal
- Curba pentru variabilitate scăzută a consumului săptămânal

Profilurile mai regulate ale consumului săptămânal pot fi mai bine „amortizate” prin intermediul unui boiler solar cu dimensiuni mărite.

Dacă, în schimb, profilul consumului anual este neregulat, acesta nu mai poate fi „amortizat”.

2.2.3.3 Verificarea soluției

Procedura prezentată în această secțiune se bazează pe ipoteza conform căreia randamentul lunar este constant la 45 % pe întreaga durată a anului, fapt valabil doar dacă:

- Se utilizează colectoare solare plane SYS 2.5 sau CF 2.0
- Instalația nu este supradimensionată în mod excesiv sau energia solară lunară obținută nu depășește valoarea energiei necesare în luna respectivă (situație întâlnită des în timpul verii).

La finalul procedurii de dimensionare, vă sfătuim să efectuați verificări lunare pentru a evalua astfel absența unei eventuale supradimensionări care ar anula ipoteza procedurii aplicate, fapt ce vă permite în plus să calculați valorile de acoperire lunară și anuală care se pot obține.

Dacă din tabel rezultă că pentru mai multe luni valoarea de acoperire depășește 100%, se vor repeta calculele luându-se în considerare o suprafață mai mică a colectoarelor.

Datele din tabelul următor sunt necesare în verificările pe care trebuie să le efectuați.

		ian	feb	mar	apr	mai	iun	iul	aug	sep	oct	nov	dec	Total anual
Necesar zilnic (kWh/g) A	Radiație zilnică medie pe suprafață orizontală	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	
	Factor lunar de corectare poziție (inclinare – azimut)	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	
Tip colectoare (SYS/CF) B	Radiație zilnică medie pe suprafață orientată	G = E x F	G = E x F	G = E x F	G = E x F	G = E x F	G = E x F	G = E x F	G = E x F	G = E x F	G = E x F	G = E x F	G = E x F	
	Randament mediu anual sistem (cu SYS sau CF)	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	
Număr colectoare C	Energie medie zilnică acoperită de sistem	H = D x G x 0,45	H = D x G x 0,45	H = D x G x 0,45	H = D x G x 0,45	H = D x G x 0,45	H = D x G x 0,45	H = D x G x 0,45	H = D x G x 0,45	H = D x G x 0,45	H = D x G x 0,45	H = D x G x 0,45	H = D x G x 0,45	Σ(H) x 30
	Coefficienti de profil necesar lunar	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Suprafață corp colectoare D = C x 1,8 (Se CF); C x 2,3 (Se SYS)	Profil necesar zilnic mediu lunar	L = FM x I	L = FM x I	L = FM x I	L = FM x I	L = FM x I	L = FM x I	L = FM x I	L = FM x I	L = FM x I	L = FM x I	L = FM x I	L = FM x I	Σ(L) x 30
	Acoperire	M = H / L x 100	M = H / L x 100	M = H / L x 100	M = H / L x 100	M = H / L x 100	M = H / L x 100	M = H / L x 100	M = H / L x 100	M = H / L x 100	M = H / L x 100	M = H / L x 100	M = H / L x 100	M = H / L x 100

Unde FM reprezintă necesarul lunar nominal.

2.2.4 Dimensionarea sistemelor solare pentru încălzire și preparare apă caldă menajeră

Aplicabilitatea și avantajul economic al acestei soluții tipice de iarnă vor fi evaluate de la caz la caz în funcție de instalația de încălzire adoptată (de preferat, de joasă temperatură) și de izolația clădirii (de preferat, cu un grad mai ridicat); doar în cazul clădirilor cu dispersie termică scăzută, energia solară oferă o contribuție procentuală semnificativă.

În cazul unei clădiri vechi, în curs de restructurare, este recomandat să începeți cu o îmbunătățire a izolației termice (închizători și strat de izolație) și utilizarea unei instalații de încălzire performante (murală sau prin pardoseală), iar mai apoi să luați în considerare energia termică solară pentru încălzirea locuințelor.

Această aplicație este utilizată, de obicei, în imobilele locuite de una sau două familii și extrem de rar în cazul imobilelor mai mari, cum sunt de exemplu cele condominiale.

Dimensionarea în vederea integrării sistemului solar pentru încălzire presupune existența unei suprafețe de captare mult mai extinse față de cea care ar fi necesară doar pentru prepararea apei calde menajere.

Este clar că, pentru o utilizare optimă a acestui tip de instalație, este necesar să se poată consuma cât mai mult excesul de energie solară disponibilă pe timpul verii.

Din acest motiv, instalația solară este utilizată întotdeauna în cazul integrării funcției de preparare a apei calde menajere și, uneori, pentru încălzirea piscinelor în timpul verii.

Gradul de acoperire anuală exclusiv pentru încălzire poate varia între 10 și 30%, de la caz la caz.

Randamentul acestui tip de instalații, pornind de la colector, este de regulă mai degrabă scăzut din cauza perioadelor lungi de „supratemperatură” estivală, atunci când mari cantități de energie solară se pierd nefiind utilizate; randamentul anual se situează în jurul valorii de 20-30%.

Nu există o regulă exactă pentru dimensionarea sistemului solar utilizat pentru încălzire, fiind mai degrabă vorba despre o echilibrare, printr-un compromis avantajos, între gradul de acoperire termică care se obține iarna și necesarul estival de apă caldă menajeră pentru a se evita astfel pierderile inutile.

Această aplicație necesită o precizie sporită a poziționării; aceasta din urmă trebuie să fie cât mai apropiată de poziționarea ideală (vezi tabelul cu unghiuri ideale și îndepărtări); luarea în considerare a factorilor de corecție (tabelul azimut – înclinare) nu mai are sens în acest caz. Totuși, cunoașterea zonei climatice rămâne la fel de importantă.

Necesarul de energie pentru încălzire depinde, în primul rând, de categoria din care face parte clădirea respectivă, pe care o putem încadra, în funcție de simplitate, în categorii de clase energetice și edilitare.

Tipul	Clasa	Consumul specific MIN	(kWh/m ² an) MAX
Clădire de dimensiuni mari	A	20	35
	B	35	50
	C	50	75
Clădire de dimensiuni medii	D	75	10
	E	100	125
	F	125	150
Clădire de dimensiuni reduse	G	150	175
	H	175	200
	L	200	250

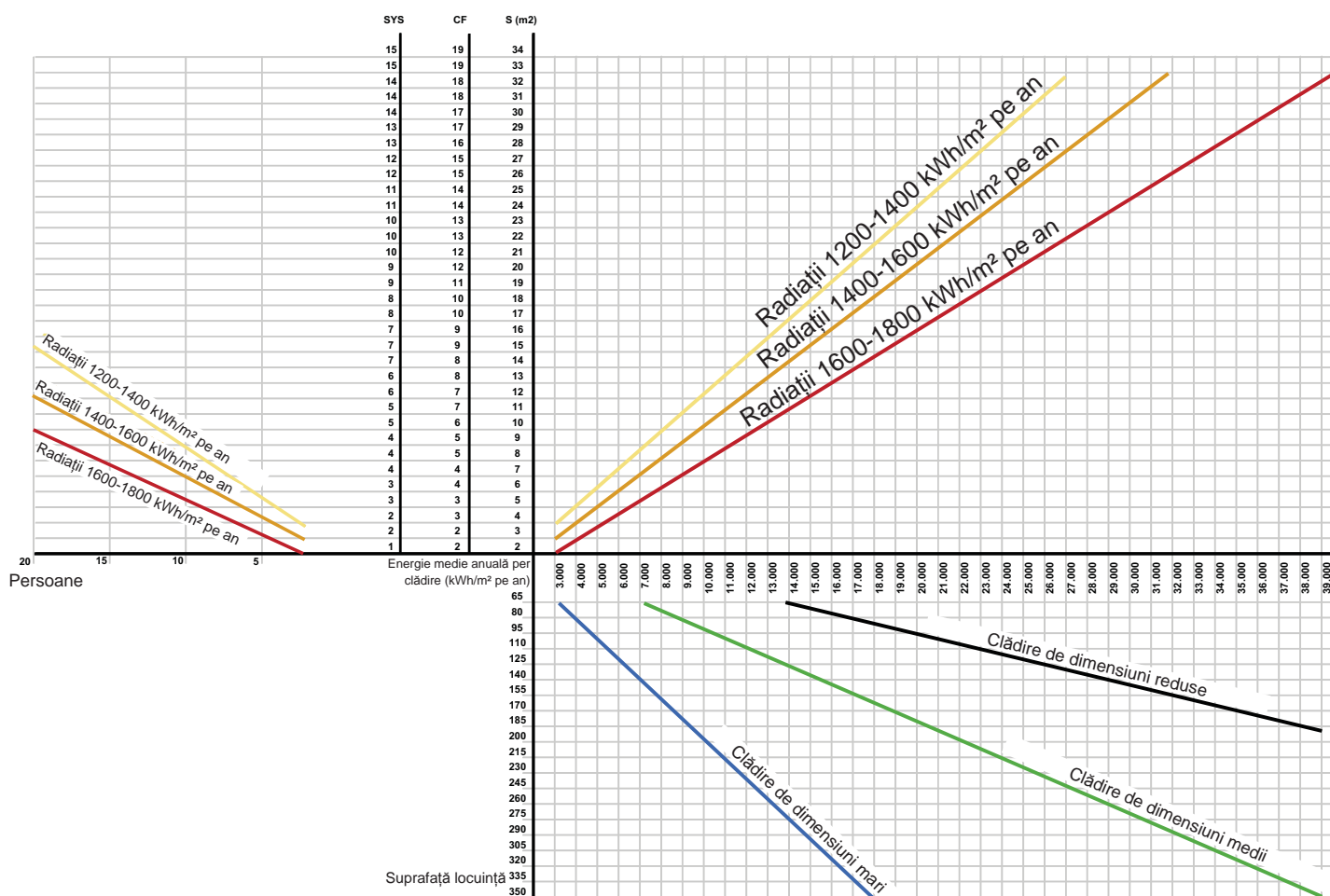
SISTEME SOLARE

Graficul următor se bazează pe ipoteza conform căreia instalația de încălzire este de joasă temperatură, luând în considerare zona climatică și categoria edilitară a imobilului.

Se introduc în grafic suprafața în metri pătrați a locuinței (pentru încălzire) și numărul de persoane (pentru grad de acoperire de 50% preparare apă caldă menajeră).

Cele două valori vor conduce, de regulă, la calcularea a două suprafețe a colectoarelor destul de diferite (mai mari, în cazul încălzirii).

Se va alege o valoare de compromis pentru a asigura, pe de o parte, o acoperire adecvată în cazul încălzirii, evitând pe de altă parte înregistrarea unor supratemperaturi excesive în faza estivală din cauza colectoarelor în exces.



Se observă faptul că situațiile cele mai „echilibrate” există în cazul locuințelor cu eficiență energetică ridicată, locuite de un număr mare de persoane proporțional cu suprafața exprimată în m².

După stabilirea numărului de m² ai colectorului, capacitatea boilerului solar va trebui să fie de 40 de litri pentru fiecare metru pătrat de colector.

2.2.5 Dimensionarea sistemelor solare pentru încălzirea piscinelor

Energia termică solară este de obicei utilizată pentru menținerea temperaturii dorite a apei din piscină.

Reglarea temperaturii se face, de obicei, prin utilizarea cazanului.

Condițiile atmosferice și pierderile termice ale piscinei influențează în mod semnificativ dimensionarea, motiv pentru care o instalație solară pentru încălzirea apei din piscină poate fi dimensionată numai cu aproximație.

În linii mari, la baza dimensionării se află suprafața piscinei. Nu poate fi asigurată o anumită valoare constantă de temperatură a apei pe mai multe luni.

Dată fiind relativitatea calcului, nu are sens să luăm în considerare factorul de corectare pentru poziționarea colectoarelor (tabelul azimut – înclinare), cunoașterea zonei climatice fiind însă la fel de importantă.

Există trei tipuri de piscine:

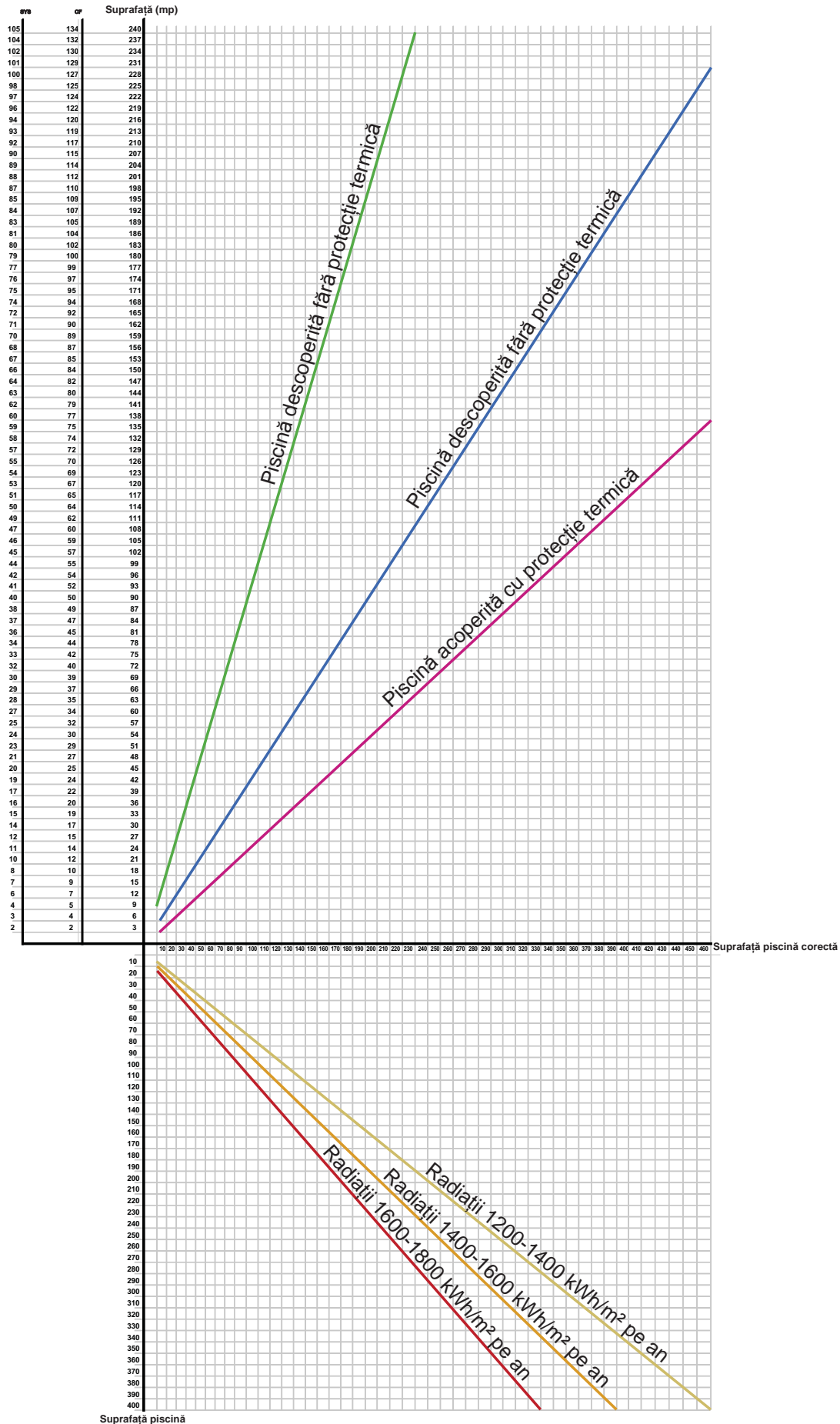
- Piscine acoperite cu protecție termică
- Piscine în aer liber cu protecție termică
- Piscine în aer liber fără protecție termică

Protecția termică presupune ca piscina să fie în permanență acoperită atunci când nu este utilizată, pentru a se evita dispersia căldurii rezultată în urma evaporării.

Valorile orientative ce vor fi furnizate sunt valabile în cazul în care:

- Apa din piscină are o temperatură de 24 °C.
- Piscina este izolată și săpată în terenul respectiv.

SISTEME SOLARE



&3 Dimensionarea hidraulică a instalației solare

După stabilirea numărului și tipului de colectoare solare, a conexiunii acestora, a boilerelor (și/sau schimbătoare de căldură), precum și a poziției acestora în spațiul disponibil, se va dimensiona partea hidraulică.

Mai exact, în această secțiune sunt prezentate procedurile practice pentru a defini:

- Debitul total al instalației solare
- Dimensiunea conductelor primare
- Pierderile de presiune ale instalației și selectarea grupului de pompare
- Dimensiunea vasului de expansiune

&3.1 Debitul total al instalației solare

Această valoare depinde de numărul de colectoare solare, de modul în care sunt instalate (rânduri în serie sau în paralel) și, în general, de „filosofia” adoptată în cadrul instalației (debit normal sau scăzut).

Alegerile de mai sus depind de „sensibilitatea” proiectantului instalației de încălzire, precum și de analiza (nu întotdeauna simplă) a costurilor și beneficiilor aferente diverselor soluții.

&3.1.1 Debit normal sau debit scăzut

În regimul „debit normal”, fiecare colector trebuie să fie traversat de un debit de agent termic solar egal cu 40-60 litri/oră pe m² de colector.

În regimul „debit scăzut”, fiecare colector trebuie să fie traversat de un debit de agent termic solar egal cu 10-15 litri/oră pe m² de colector.

Regimul de „debit normal” presupune:

- Debite sporite în instalație
- Consumuri electrice ridicate ale grupului de circulație
- Randamente mai mari ale colectoarelor și, în consecință, a instalației solare
- Suprafețe sporite de schimb termic pe partea boilerului
- Temperaturi medii mai mici ale colectoarelor solare
- Salt termic mai scăzut intrare – ieșire pe câmpul de colectoare
- Probabilitate scăzută de cedare continuă a căldurii la nivelul boilerului de apă în condiții de radiație scăzută.

În concluzie, regimul de „debit normal” se recomandă a fi utilizat în următoarele condiții:

- Zone foarte însorite
- Aplicații anuale sau cu precădere estivale (apă caldă menajeră)
- Aplicații care nu necesită fluide de proces cu temperaturi ridicate (preparare apă caldă menajeră sau încălzire piscine)
- În cazul în care consumul de energie electrică nu este unul semnificativ în raport cu economia realizată prin utilizarea energiei termice obținute
- În cazul în care suprafețele de schimb la nivelul boilerului sunt suficient de mari în raport cu câmpul de colectoare.

Regimul de „debit scăzut” presupune:

- Debite mai mici în instalație
- Consumuri electrice mai mici ale grupului de circulație
- Randamente mai mici ale colectoarelor și, în consecință, a instalației solare
- Suprafețe de schimb termic reduse pe partea boilerului
- Temperaturi medii mai mari ale colectoarelor solare
- Salt termic mai ridicat intrare – ieșire pe câmpul de colectoare
- Probabilitate ridicată de cedare continuă a căldurii la nivelul boilerului de apă în condiții de radiație scăzută.

În concluzie, regimul de „debit scăzut” se recomandă a fi utilizat în următoarele condiții:

- Zone mai puțin însorite
- Utilizare preponderentă în timpul sezonului rece (încălzirea locuințelor)
- Aplicații care necesită fluide de proces cu temperaturi ridicate (aplicații industriale)
- Dacă se dorește reducerea cheltuielilor la energia electrică prin economisirea de energie termică.
- În cazul în care se dorește limitarea costurilor aferente utilizării instalației prin reducerea suprafețelor de schimb ale boilerului
- La aplicațiile care presupun o curbă pozitivă a randamentului colectorului (cu tuburi vidate)

În cazul conductelor din fontă, se poate utiliza drept referință tabelul de mai jos, care oferă multiple soluții pentru un anumit debit.

Dimensiune	15 x 1		18 x 1		22 x 1		28 x 1,5		35 x 1,5		42 x 1,5		54 x 2	
Debit [l/h]	v [m/s]	R [mbar/m]	v [m/s]	R [mbar/m]	v [m/s]	R [mbar/m]	v [m/s]	R [mbar/m]	v [m/s]	R [mbar/m]	v [m/s]	R [mbar/m]	v [m/s]	R [mbar/m]
180	0,38	2,70												
240	0,50	4,27												
300	0,63	6,30	0,41	2,32										
360	0,75	8,46	0,50	3,25										
420	0,88	11,10	0,58	4,17										
480	1,00	13,80	0,66	5,20	0,42	1,80								
540	1,13	17,00	0,75	6,47	0,48	2,26								
600			0,83	7,69	0,53	2,68								
720			0,99	10,40	0,64	3,70	0,41	1,30						
840			1,16	13,70	0,74	4,74	0,48	1,69						
960					0,85	6,02	0,54	2,07						
1080					0,95	7,29	0,61	2,56						
1200					1,06	8,81	0,68	3,08	0,41	0,94				
1320					1,17	10,50	0,75	3,65	0,46	1,15				
1440							0,81	4,17	0,50	1,32				
1560							0,88	4,81	0,54	1,51				
1680							0,95	5,49	0,58	1,71				
1800							1,02	6,21	0,62	1,92	0,42	0,76		
1920							1,09	6,97	0,66	2,14	0,45	0,86		
2040							1,15	7,65	0,70	2,37	0,47	0,92		
2160									0,75	2,67	0,50	1,03		
2280									0,79	2,92	0,53	1,14		
2400									0,83	3,18	0,56	1,25		
2520									0,87	3,45	0,59	1,37		
2640									0,91	3,73	0,61	1,45		
2760									0,95	4,02	0,64	1,58		
2880									0,99	4,32	0,67	1,71	0,41	0,53
3000									1,04	4,71	0,70	1,84	0,42	0,55
3120									1,08	5,03	0,73	1,98	0,44	0,60
3240									1,12	5,36	0,75	2,08	0,46	0,65
3360									1,16	5,70	0,78	2,22	0,48	0,70
3480											0,81	2,38	0,49	0,72
3600											0,84	2,53	0,51	0,78
3720											0,87	2,69	0,53	0,83
3840											0,89	2,80	0,54	0,86
3960											0,92	2,97	0,56	0,91
4080											0,95	3,14	0,58	0,97
4320											1,00	3,43	0,61	1,06
4560											1,06	3,80	0,65	1,18
4800											1,12	4,19	0,68	1,28
5040													0,71	1,38
5280													0,75	1,52
5520													0,78	1,63
5760													0,81	1,74
6000													0,85	1,89

SISTEME SOLARE

Diametrul va fi ales ținându-se cont de următoarele elemente:

- Lungimea totală a conductelor instalației
- Echilibrarea hidraulică a rândurilor de colectoare (dacă sunt legate mai mult de un colector)
- Eficiența glicolului în funcție de concentrație (la o concentrație de 40% glicol, pierderile de presiune cresc cu 20%)
- Diversele pierderi de presiune concentrate (curbe, supape etc.)
- Pierderi de presiune a colectoarelor
- Înălțimea de pompare a grupului de circulație la debitul de proiectare a instalației
- Costurile instalației

Dacă se utilizează conducte din oțel inoxidabil ondulat, aplicația se va limita la debite și distanțe mici (instalații de dimensiuni mici și medii) în baza următorului tabel:

Debit maxim (l/h)	Lungime simplă maximă (m)			
	6	15	20	25
500	Ø 15	Ø 15	Ø 18	Ø 22
1000	Ø 18	Ø 22	Ø 28	Ø 28
1500	Ø 22	Ø 28	Ø 28	Ø 28
2000	Ø 28	Ø 28	Ø 28	Ø 35

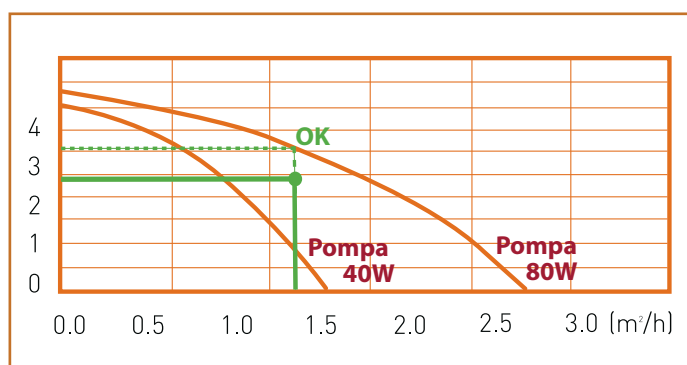
3.3.3 Calcularea pierderilor de presiune și alegerea grupului de pompare

Calcularea pierderilor de presiune nu este realizată după alegerea conductelor, fiind mai degrabă o operațiune simultană cu aceasta, în sensul că din această secțiune poate fi necesară o modificare a dimensiunilor conductelor deja stabilite în etapa anterioară.

Mai exact, această secțiune descrie două operațiuni:

- Alegerea grupului de circulare

În acest sens, se va calcula porțiunea de instalație care prezintă cele mai mari pierderi de presiune și se va verifica dacă la debitul total proiectat pentru instalația în cauză grupul de circulație poate furniza o înălțime de pompare superioară sau cel puțin egală cu cea calculată.

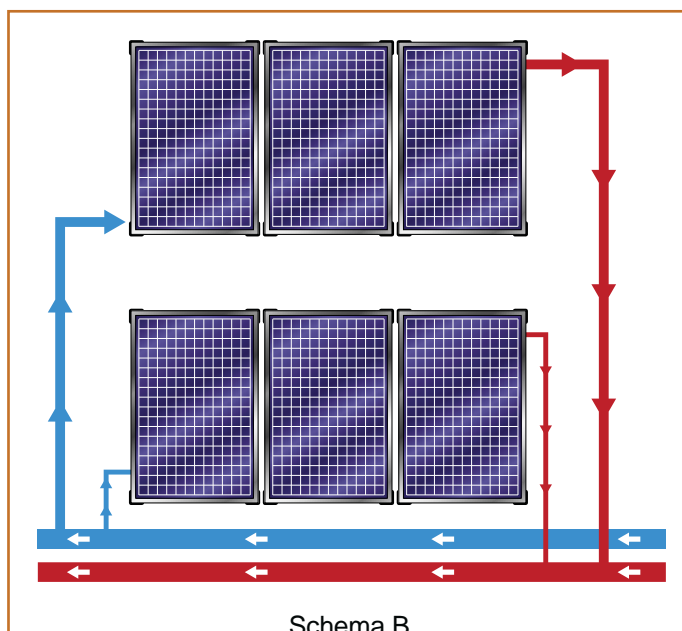
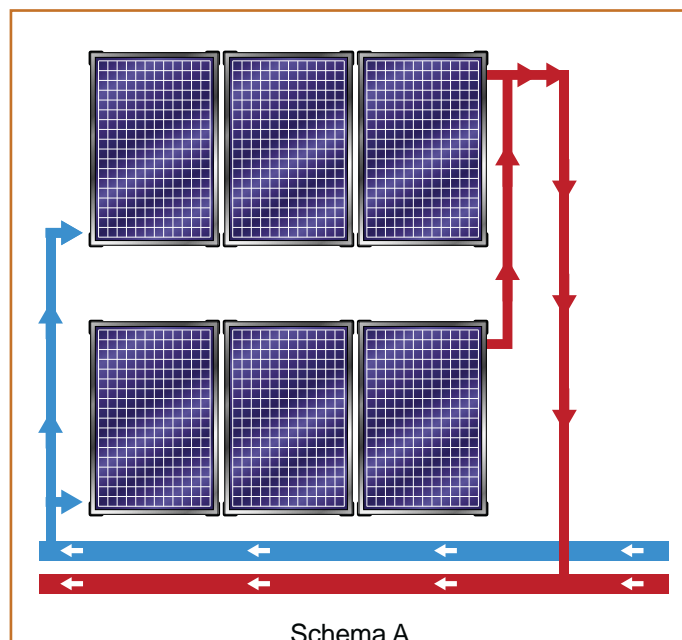


- Echilibrarea hidraulică a rândurilor de colectoare
Această operațiune este necesară în cazul în care rândurile nu sunt legate conform metodei Tickleman.

În acest sens, se va calcula pierderea de presiune a fiecărui rând legat în paralel cu celelalte și se va verifica dacă, în baza debitului alocat fiecăruia, rândurile prezintă pierderi de presiune cel puțin egale.

În cazul conectării conform metodei Tickleman (schema A), rândurile sunt în mod automat echilibrate; în schimb, circuitul este mai lung, iar conductele sunt în medie mai mari, fapt ce atrage după sine costuri sporite pentru realizarea instalației și punerea acesteia în funcțiune (conținut mai mare de glicol).

Dacă nu se utilizează metoda Tickleman, secțiunile vor fi modificate în funcție de debitul fiecărei porțiuni conform descrierii (schema B).



















Valorile coeficientului de pierdere localizată ξ (rețele de distribuție)

Diametru intern conducte din oțel inoxidabil, cupru și material plastic		8 ÷ 16 mm	18 ÷ 28 mm	30 ÷ 54 mm	> 54 mm
Diametru conducte din oțel		3/8" ÷ 1/2"	3/4" ÷ 1"	1 1/4" ÷ 2"	> 2"
Tip de rezistență localizată	Simbol				
Curbă la 90° cu rotunjire mică $r/d = 1,5$		2,0	1,5	1,0	0,8
Curbă la 90° cu rotunjire medie $r/d = 2,5$		1,5	1,0	0,5	0,4
Curbă la 90° cu rotunjire mare $r/d > 3,5$		1,0	0,5	0,3	0,3
Cot cu rotunjire mică în formă de U $r/d = 1,5$		2,5	2,0	1,5	1,0
cu rotunjire medie în formă de U $r/d = 2,5$		2,0	1,5	0,8	0,5
cu rotunjire mare formă de U $r/d > 3,5$		1,5	0,8	0,4	0,4
Lărgire		1,0			
Restrângere		0,5			
Ramificație simplă cu T în unghi drept		1,0			
Confluență simplă cu T în unghi drept		1,0			
Ramificație dublă cu T în unghi drept		3,0			
Confluență dublă cu T în unghi drept		3,0			
Ramificație simplă cu unghi ascuțit (45-60 °C)		0,5			
Confluență simplă cu unghi ascuțit (45-60 °C)		0,5			
Ramificație cu curbe de admisie		2,0			
Confluență cu curbe de admisie		2,0			

SISTEME SOLARE

Valorile coeficientului de pierdere localizată ξ (rețele de distribuție)

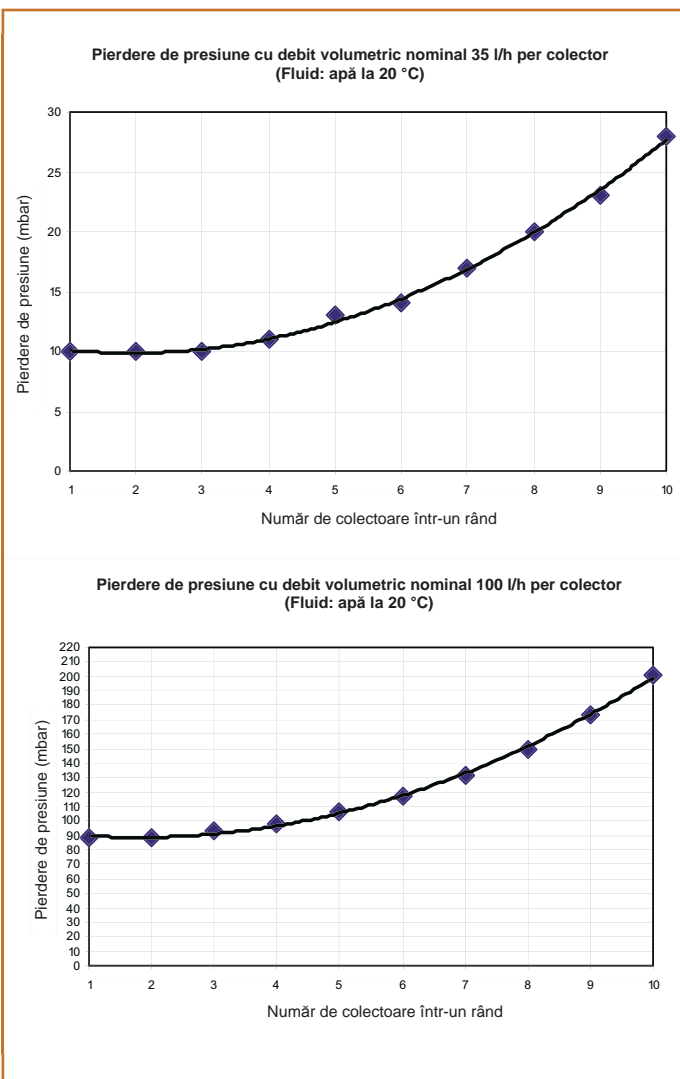
Diametru intern conducte din oțel inoxidabil, cupru și material plastic		8 ÷ 16 mm	18 ÷ 28 mm	30 ÷ 54 mm	> 54 mm
Diametru conducte din oțel		3/8" ÷ 1/2"	3/4" ÷ 1"	1 1/4" ÷ 2"	> 2"
Tip de rezistență localizată	Simbol				
Supapă de interceptare dreaptă		10,0	8,0	7,0	6,0
Supapă de interceptare înclinată		5,0	4,0	3,0	3,0
Opritor cu pasaj de trecere redus		1,2	1,0	0,8	0,6
Opritor cu pasaj de trecere total		0,2	0,2	0,1	0,1
Robinet cu bilă cu trecere redusă		1,6	1,0	0,8	0,6
Robinet cu bilă cu trecere completă		0,2	0,2	0,1	0,1
Supapă fluture		3,5	2,0	1,5	1,0
Supapă cu piedică		3,0	2,0	1,0	1,0
Supapă pentru corp de încălzire tip drept		8,5	7,0	6,0	—
Supapă pentru corp de încălzire tip în unghi drept		4,0	4,0	3,0	—
Racord drept		1,5	1,5	1,0	—
Racord în unghi drept		1,0	1,0	0,5	—
Supapă cu patru căi		6,0		4,0	
Supapă cu trei căi		10,0		8,0	
Trecere prin radiator		3,0			
Trecere prin cazanul la sol		3,0			

Tabelul următor prezintă pierderile de presiune exprimate în mbar, în funcție de viteza fluidului din conductă și de coeficientul dimensional ξ .

Viteză (m/s)	Pierderi de presiune (mbar) pentru $\xi=1$ (la 80 °C)	Viteză (m/s)	Pierderi de presiune (mbar) pentru $\xi=1$ (la 80 °C)
0,1	0,5	0,56	16
0,12	0,7	0,58	17
0,14	1	0,6	18
0,16	1,3	0,62	19
0,18	1,6	0,64	20
0,2	2	0,66	22
0,22	2,4	0,68	23
0,24	2,9	0,7	24
0,26	3,3	0,72	26
0,28	3,9	0,74	27
0,3	4,5	0,76	29
0,32	5,1	0,78	30
0,34	5,7	0,8	32
0,36	6,4	0,82	33
0,38	7,2	0,84	35
0,4	7,9	0,86	37
0,42	8,7	0,88	38
0,44	9,6	0,9	40
0,46	10	0,92	42
0,48	11	0,94	44
0,5	12	0,96	46
0,52	13	0,98	48
0,54	14	1	50

Colectoarele (chiar și cele legate în paralel într-un rând) contribuie în mod semnificativ la pierderile de presiune și, prin urmare, este extrem de important să nu fie neglijate. Producătorul colectorului trebuie să furnizeze curbele de pierdere de presiune cu cel puțin două debite de referință.

Pentru colectorul SYS 2.5 sunt valabile graficele următoare:



&3.4 Dimensiunea vasului de expansiune

Dimensionarea vasului de expansiune la instalațiile solare termice reprezintă un aspect delicat, de aceasta depinzând atât durata în timp cât și funcționarea corespunzătoare a instalațiilor. În plus, dimensionarea vasului de expansiune solar este destul de complexă și trebuie să se țină cont de condițiile speciale de lucru prezentate mai jos.

Spre deosebire de instalațiile de încălzire la care puterea cazanului (care, în ultimă instanță, poate fi oprită) este pe deplin controlată, la instalațiile solare, soarele nu poate fi controlat, razele acestuia căzând pe colectoare chiar și atunci când acestea nu mai pot ceda căldura boilerului (deja încălzit la temperatura maximă de siguranță).

O astfel de situație are loc destul de des pe timpul verii din cauza zilelor foarte însorite în care consumul energetic este scăzut (exemplul tipic este cel al unei familii care în luna august se află în vacanță).

Temperaturile care pot fi prezent în colectoare atinge astfel temperaturi incontrolabile, cu mult superioare valorilor tipice pentru instalațiile de încălzire, putându-se transforma în vapori sau nu; sub acest aspect, rolul vasului de expansiune devine extrem de important.

Temperaturile mai sus menționate au, în orice caz, o limită superioară egală cu temperatura de stagnare în colector, aceasta reprezentând una dintre datele esențiale furnizate de producător; de obicei, această valoare este cuprinsă între 130 și 200 °C în funcție de calitatea izolației și de tipul clădirii.

La temperatura de stagnare, panoul solar degajă în atmosferă aceeași putere termică pe care o primește de la soare.

&3.4.1 Stabilirea volumului instalației

La fel ca în cazul instalațiilor de încălzire, primul lucru ce trebuie cunoscut este volumul total al instalației solare care, dilatându-se sub acțiunea temperaturii ridicate, va trebui depozitat în vas.

$$VA = VK + VWT + VKS + VR + VVor$$

Unde:

VA reprezintă volumul de încărcare a instalației

VK reprezintă volumul câmpurilor de colectoare (colectoare și racorduri hidraulice)

VWT reprezintă volumul schimbătoarelor de căldură (integrate în boiler sau externe)

VKS reprezintă volumul setului hidraulic complet (grupul de pompare și diversele

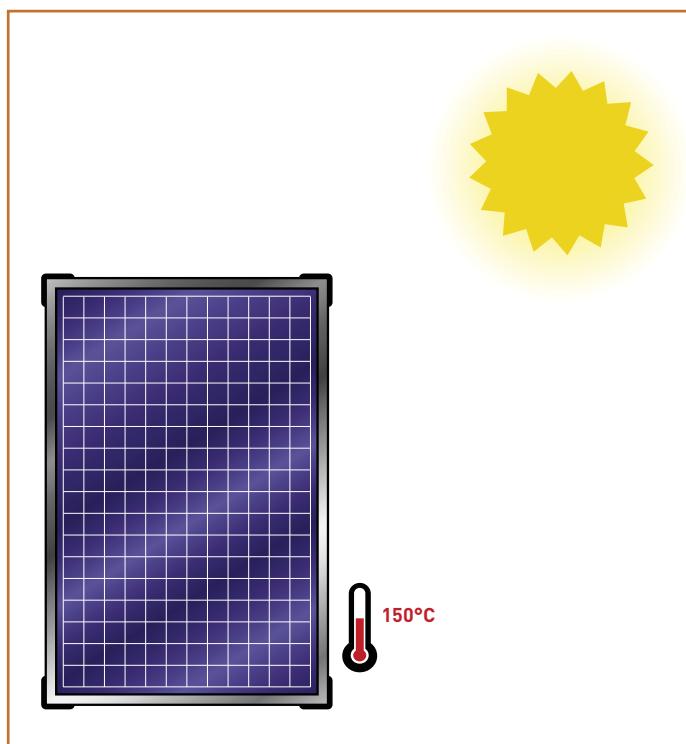
supape)

VR reprezintă volumul din conducte

Volumele mai sus menționate sunt disponibile în documentația tehnică a produsului ales.

Pentru conductele din cupru, consultați tabelul următor.

Dimensiunea	Conținutul specific (l/m)
15 x 1	0,13
18 x 1	0,20
22 x 1	0,31
28 x 1,5	0,49
35 x 1,5	0,80
42 x 1,5	1,20
54 x 2	1,96



&3.4.2 Baza de calcul a dimensiunii vasului de expansiune

În cazul în care manometrul, supapa de siguranță și vasul de expansiune sunt montate aproape unul de celălalt (sau cel puțin la aceeași înălțime hidrostatică a instalației), formulele folosite la calcularea volumului vasului de expansiune sunt următoarele:

$$V_{N,MIN} = V_U \cdot \frac{(0,9 \cdot P_{VS} + 1)}{(0,9 \cdot P_{VS} - P_0)}$$

$$P_0 = 0,1 \cdot H_{IDR} + 0,7$$

$$P_V = 0,1 \cdot H_{IDR} + 0,4$$

Unde:

VN, MIN reprezintă volumul minim al vasului de expansiune (l)

VU reprezintă volumul util care trebuie calculat (l)

PVS reprezintă presiunea supapei de siguranță (de obicei, 5 bar)

P0 reprezintă presiunea de umplere la rece a instalației (bar)

HIDR reprezintă diferența de înălțime dintre colectoarele aflate în vârf și vasul de la bază (m)

PV reprezintă presiune de pre-încărcare cu aer în vasul de expansiune (bar)

Pentru calcularea volumului util VU există două criterii care conduc la rezultate destul de diferite; prin urmare, volumul nominal al vasului necesar va fi, de asemenea, foarte diferit.

Prima metodă are ca efect alegerea unor vase de expansiune cu dimensiuni medii spre mari, a doua la alegerea de vase cu dimensiuni reduse.

&3.4.3 Metoda 1

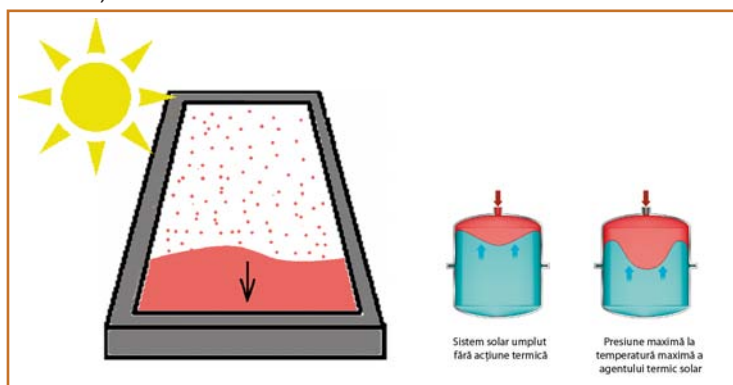
Reprezintă metoda tradițională care respectă norma UNI ENV 12977-1 și care conduce la obținerea unor volume mari calculate pentru vasul de expansiune.

Această metodă se bazează pe faptul că:

• Vasul poate compensa dilatațiile termice ale fluidului din instalație

• Vasul poate susține, fără a fi necesară o creștere substanțială a presiunii din instalație, tot conținutul lichid al câmpului de colectoare atunci când condensul format din cauza temperaturii excesive goleşte colectoarele.

Cu alte cuvinte, vasul de expansiune nu trebuie să contrasteze, prin creșterea presiunii, apariția condensului în colectoare (care ar avea valoarea aproximativă de 120 °C).



Transformarea lichidului în vapori protejează instalația și componentele acesteia de excesele de temperatură și de presiune; același lichid antigel durează mai mult, deoarece singura cantitate solicitată termic este cea foarte mică care se transformă în vapori în interiorul colectorului.

Formarea condensului cauzează, însă, și o blocare a instalației care poate dura o perioadă lungă de timp, fapt care determină instabilitatea instalației și producerea de zgomote în fazele ulterioare pornirii.

Cu ajutorul acestei metode se calculează:

$$V_U = V_C + 0,073 \cdot V_A$$

2.3.4.4 Metoda 2

Reprezintă metoda modernă susținută de mai mulți profesioniști în tehnica de încălzire, o metodă avangardistă care conduce la alegerea unor dimensiuni reduse ale vasului de expansiune.

Această metodă se bazează pe faptul că:

Vasul poate compensa dilatațiile termice ale fluidului din instalație

- Vasul împiedică condensarea lichidului în câmpul de colectoare, chiar și atunci când acestea din urmă ating temperatura maximă de stagnare, generându-se o creștere adecvată a presiunii
- Colectoarele utilizate se află la temperaturi de stagnare care nu depășesc 150 °C, valoare peste care presiunea necesară pentru a împiedica formarea de condens devine cu adevărat foarte mare (depășind cu mult 6 bar) după cum se observă și din tabelul cu vaporii saturați.

Cu alte cuvinte, vasul de expansiune este suficient de mic pentru a genera instantaneu creșteri semnificative de presiune în circuit atunci când au loc dilatații termice; presiunea din colectoare se menține astfel constantă, peste presiunea vaporilor saturați la fiecare valoare de temperatură atinsă de câmp.

Faptul că fluidul nu se vaporizează niciodată asigură o constantă ridicată de funcționare a sistemului fără „întreruperi de funcționare” și fără „reporniri dificile”.

Mai mult, toate componentele instalației vor putea funcționa și la temperaturi apropiate valorii de 150 °C, precum și la presiuni apropiate de 6 bar.

Acest sistem, fiind supus la o solicitare termică și mecanică considerabile, necesită multă atenție în ceea ce privește calitatea componentelor utilizate, a glicolului, în ceea ce privește realizarea instalației și punerea în funcțiune a acesteia; de exemplu, o mică scădere de presiune la rece bloca instalația, fiind prin urmare necesară instalarea unui sistem de alarmă conectat la manometru.

Cu ajutorul acestei metode se calculează:

$$V_U = 0,090 \times V_A$$

Valabil în cazul extrem de stagnare a panoului la 150 °C.

Vă prezentăm în continuare un tabel de referință pentru dimensionarea în baza acestei metode, la modificarea temperaturii de stagnare a câmpului de colectoare. După cum se observă din tabel, dispăre valoarea volumului câmpului de colectoare, deoarece tocmai condensarea lichidului conținut în acestea nu este luată în considerare în cazul utilizării metodei 2.

SISTEME SOLARE

Tabelul de mai jos prezintă valorile presiunii de pre-încărcare, ale presiunii de umplere la rece și cele ale volumului total admis al instalației la modificarea tipului de vas ales (3, 5, 12, 18, 25 și 50 litri), ale înălțimii de pompare și ale temperaturii de stagnare pentru modelul de colector utilizat.

Presiune supapă de siguranță PVS (bar)			Temperatură de stagnare câmp colectoare				
Înălțime	Presiune de încărcare	Presiune pre-încărcare	Dimensiune vas	120	130	140	150
HIDR	P0	PV	VN	Conținut total maxim admisibil VA			
2	0,9	0,6	3	34	30	27	23
			5	57	51	44	39
			12	137	122	106	93
			18	206	183	159	140
			25	286	254	221	195
			50	573	507	441	389
4	1,1	0,8	3	33	29	25	22
			5	55	49	42	37
			12	131	116	101	89
			18	197	175	152	134
			25	274	242	211	186
			50	547	485	422	372
6	1,3	1	3	31	28	24	21
			5	52	46	40	36
			12	125	111	97	85
			18	188	166	145	128
			25	261	231	201	177
			50	522	462	402	355
8	1,5	1,2	3	30	26	23	20
			5	50	44	38	34
			12	119	106	92	81
			18	179	158	138	122
			25	248	220	191	169
			50	496	440	382	337
10	1,7	1,4	3	28	25	22	19
			5	47	42	36	32
			12	113	100	87	77
			18	170	150	131	115
			25	235	209	181	160
			50	471	417	363	320
15	2,2	1,9	3	24	22	19	17
			5	41	36	31	28
			12	98	87	75	66
			18	147	130	113	100
			25	204	180	157	138
			50	407	361	314	277
20	2,7	2,4	3	21	18	16	14
			5	34	30	27	23
			12	83	73	64	56
			18	124	110	95	84
			25	172	152	132	117
			50	344	304	265	234
25	3,2	2,9	3	17	15	13	11
			5	28	25	22	19
			12	67	60	52	46
			18	101	89	78	69
			25	140	124	108	95
			50	280	248	216	190
35	4,2	3,9	3	9	8	7	6
			5	15	14	12	10
			12	37	33	28	25
			18	55	49	42	37
			25	76	68	59	52
			50	153	135	118	104

2.3.4.5 Anexă pentru dimensionarea vasului

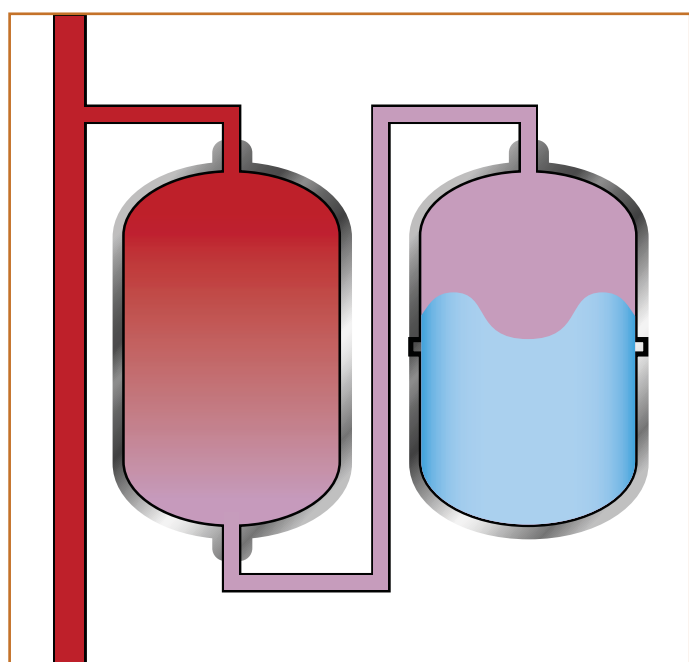
Tabelele prezentate anterior au fost realizate ținându-se cont de proprietățile apei neamestecate cu glicol.

Această aproximare este valabilă pentru concentrațiile de glicol care nu depășesc 40%.

Pentru un calcul mai exact al dilatării agentului termic solar,

puteți consulta tabelele cu valorile vaporilor saturați, precum și factorii de corectare pentru amestecul de propilenglicol Tyfocolor care urmează.

Temperatura (°C)	Presiune absolută (bar a)	Presiune înregistrată de manometru (bar)	Volumul specific al apei (dm ³ /kg)
0	0,006	-0,994	1,0002
20	0,023	-0,977	1,0018
40	0,074	-0,926	1,0087
60	0,199	-0,801	1,0175
80	0,474	-0,526	1,0290
100	1,014	0,014	1,0434
110	1,433	0,433	1,0526
120	1,986	0,986	1,0616
130	2,702	1,702	1,0695
140	3,615	2,615	1,0799
150	4,762	3,762	1,0905
160	6,182	5,182	1,1013
170	7,923	6,923	1,1148
180	10,031	9,031	1,1287
190	12,557	11,557	1,1494
200	15,556	14,556	1,1565
250	39,789	38,789	1,2500
300	85,945	84,945	1,3699



2.3.4.6 Rezervorul de protecție

Chiar dacă vasele pentru instalația solară sunt certificate de producător în ceea ce privește rezistența membranei la temperaturi ridicate, uneori este recomandat să le protejați de solicitările termice produse de fluidul solar.

Situațiile mai puțin plăcute sunt, evident, cele în care vasul de expansiune este instalat în apropierea câmpului de colectoare.

Prin urmare, se instalează un rezervor plin cu fluid între circuit și vasul de expansiune, aceasta scăzând pentru amestec temperaturile fluidului provenit de la colectoare și, în plus, ajută la compensarea pierderilor minime de fluid primar.

Instalarea rezervorului nu se dovedește foarte utilă la instalațiile de dimensiuni mici și medii; în schimb, în cazul instalațiilor de mari dimensiuni acesta devine un element pe care vi-l recomandăm.