

UNIVERSITATEA TEHNICĂ DIN CLUJ - NAPOCA
FACULTATEA DE MECANICĂ
SPECIALIZAREA: MAȘINI ȘI ECHIPAMENTE TERMICE

PROIECT DE DIPLOMĂ

Instalația pentru încălzirea unei piscine, folosind surse regenerabile de energie

Conducător de proiect:
Prof.dr.ing. Mugur Bălan

Absolvent:
Ioan Veres

2005

Cuprins

I. Memoriu tehnic

1. Descrierea rolului și funcționării sistemelor de încălzire a piscinelor..... 8
2. Importanța folosirii surselor de energie regenerabile..... 9
3. Stabilirea amplasamentului, a dimensiunilor și a temperaturilor 9

II. Memoriu justificativ de calcul

1. Determinarea necesarului de căldură pentru încălzirea piscinei
 - 1.1. Calculul pierderilor de căldură prin pereții piscinei..... 10
 - 1.2. Calculul fluxului de căldură schimbat cu mediul ambiant..... 10
 - 1.3. Stabilirea regimului termic al instalației.....10
2. Soluții tehnice de încălzire utilizând surse de energie regenerabile
 - 2.1. Utilizarea energiei solare..... 10
 - 2.2. Utilizarea pompelor de căldură..... 10
 - 2.3. Utilizarea unui cazan cu combustibil solid regenerabil..... 10
3. Calculul termic al soluțiilor de încălzire
 - 3.1. Calculul termic al instalației cu captatori solari
 - 3.2. Calculul termic al pompei de căldură în varianta aer-apă..... 10
 - 3.3. Calculul termic al pompei de căldură în varianta sol-apă..... 10
 - 3.4. Calculul termic al pompei de căldură în varianta apă-apă..... 10
 - 3.5. Calculul termic al sistemului de încălzire cu combustibil solid regenerabil..... 100
4. Analiza comparativă tehnico-economică și alegerea soluției optime
 - 4.1. Comparatie între consumurile de energie..... 100
5. Calculul de proiectare și alegere a aparatelor componente
 - 5.1. Proiectarea schimbătorului de căldură regenerativ
 - 5.1.1. Calculul termic..... 100
 - 5.1.2. Calculul fluidodinamic..... 100
 - 5.1.3. Calculul constructiv..... 100
 - 5.1.4. Calculul de rezistență..... 100

5.2. Alegerea schimbătoarelor de căldură	
5.3. Alegerea aparatelor auxiliare și de automatizare.....	100
6. Automatizarea instalației	
6.1. Schemema de automatizare.....	100
6.2. Descrierea funcționării.....	100
7. Tema tehnologică	
7.1. Tehnologia de fabricație a unui reper component al unuia din aparatele proiectate	100
8. Norme de protecția muncii	
8.1. Introducere.....	100
8.2. Măsuri de protecția muncii introduse în proiectarea instalației termice.....	100
8.3. Masuri de protecție în execuția instalației	100
8.4. Măsuri de protecție în exploatarea și întreținerea instalației.....	100

Bibliografie

Fișă tehnologică

Părți grafice

I. Memoriu tehnic

1. Descrierea rolului și funcționării sistemelor de încălzire a piscinelor

Rolul unui sistem de încălzire a piscinei

În epoca modernă, piscina a devenit un echipament indispensabil atât pentru colectiviitățile mari (ștranduri), cât și pentru utilitati private, hoteluri, campinguri, sport de performanta, turism verde,etc.

În fond, atracțiile piscinei nu sunt limitate astazi numai la practica sportivă, piscina fiind un loc de activitate, de destindere, de menținere a formei fizice si de conviețuire. Ea devine indispensabila pentru cresterea calitatii vietii oamenilor si pentru cresterea gradului de frecventare a hotelurilor și campingurilor. Pentru o familie, piscina poate crea atmosfera de "vacanța de familie" pe tot parcursul anului.

Pentru asigurarea calității acestui mediu și pentru îmbunătățirea condițiilor de desfășurarea a activităților recreative ale utilizatorilor, apa din piscine se încălzește.

Un sistem complet de încălzire a apei din piscină are o serie de funcții:

- menține apa din bazin la o temperatură confortabilă corpului uman (24 – 29 °C);
- recirculă întregul volum de apă într-un interval de timp bine determinat în funcție de condițiile de exploatare a piscinei;
- filtrează și igienizează apa.

Acest sistem are următoarele componente:

- o instalație de încălzire care produce cantitatea de căldură necesară încăzirii apei;
- un schimbător de căldură în care se realizează transferul de căldură de la agentul termic al instalației de încălzire către apa din bazin;
- o instalație de recirculare a apei formată din:pompe de recirculare, sisteme de țevi, duze de aspirație și de introducere a apei în bazin;
- un sistem de filtrare și igienizare a apei;
- un sistem de automatizare care are rolul de a regla și de a menține în limitele prestabilite funcționarea întregului sistem.

Funcționarea sistemului de încălzire a piscinei

Încălzirea apei din bazin se produce în urma schimbului de transferului de căldură de la o sursă caldă (un agent termic) spre o sursă rece (apa din bazin).Sistemul funcționează astfel:

- apa din bazin este recirculată, trecând prin schimbătorul de căldură și prin aparatele de filtrare;
- în instalația de încălzire agentul termic preia căldură de la sursa de căldură, fiind apoi circulat prin schimbătorul de căldură;
- în schimbătorul de căldură agentul termic cedează căldură apei din bazin, iar în urma acestui proces, apa se încălzește.

Principiul de funcționare al sistemului de încălzire a apei din piscină este prezentat în figura I.1.1.

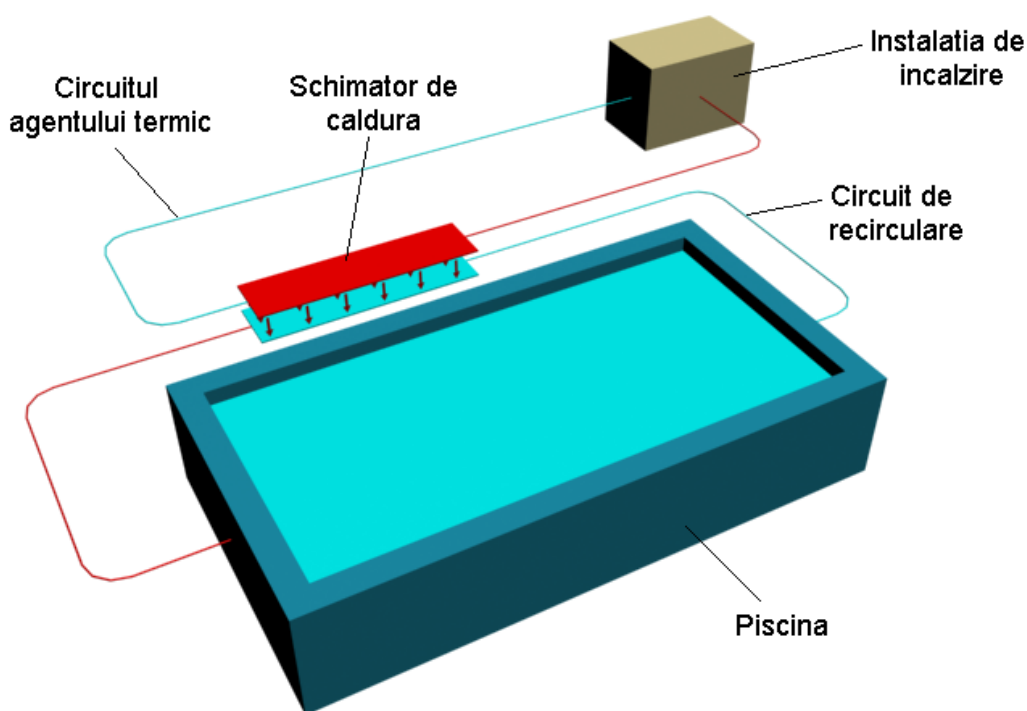


Fig. I.1.1. Principiul de încălzire a apei din piscină

2. Importanța folosirii surselor de energie regenerabile

Energiile regenerabile nu produc emisii poluante și prezintă avantaje pentru mediul mondial și pentru combaterea poluării locale. Obiectivul principal al folosirii energiilor regenerabile îl reprezintă reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră.

Dezvoltarea surselor regenerabile de energie ca o resursă energetică semnificativă și nepoluantă este unul din principalele obiective ale politicilor energetice mondiale care, în contextul dezvoltării durabile, au ca scop creșterea siguranței în alimentarea cu energie, protejarea mediului înconjurător și dezvoltarea la scară comercială a tehnologiilor energetice viabile.

De la adoptarea în 1997 a Protocolului de la Kyoto asupra Convenției Cadru a Națiunilor Unite despre schimbările climatice (1992), industria surselor regenerabile de energie a fost împinsă către capitalizare pe o piață globală a energiei regenerabile, țintă ce poate fi atinsă numai prin coagularea într-un plan comun a imperativelor de reducere a emisiilor de gaze cu efect de seră. Prin acest protocol, țările dezvoltate au stabilit drept țintă reducerea până în 2012 a gazelor cu efect de seră cu 5,2 % față de nivelul din 1990. Protocolul de la Kyoto a fost semnat în Decembrie 1997 la Conferința din Japonia de către 84 de națiuni, însă ratificat doar de către 37, majoritatea din acestea fiind țări în curs de dezvoltare. Acestui protocol i-au urmat multe astfel de înțelegeri și angajamente la nivel mondial și european în dorința unei dezvoltări durabile a lumii, cum ar fi Agreementul de la Haga (noiembrie 2000) sau Bonn (iulie 2001).

La Summit-ul Mondial asupra Dezvoltării Durabile (Sustainability Summit) de la Johannesburg din Septembrie 2002, energia a fost unul dintre cele mai controversate domenii în discuții, cu texte progresive blocate de protecționisti naționali, interese proprii sau vederi pe termen scurt. Astfel, problema adoptării unei ținte comune în ceea ce privește energia regenerabilă a rămas una dintre cele mai controversate, întârziind zile întregi agreementul asupra Planului comun de implementare a surselor regenerabile de energie. Nu a fost fixată nici o țintă, însă toate țările au recunoscut necesitatea creșterii de surse regenerabile în totalul energiei furnizate. În final, pe 4 Septembrie 2002 a fost semnat Planul de Implementare, inclusiv de către România, care s-a pronunțat în favoarea surselor regenerabile și politicilor UE și mondiale (în special Protocolul de la Kyoto).

În anul 2000, ponderea surselor regenerabile în producția totală de energie primară pe plan mondial era de 13,8 %. Din analiza ratelor de dezvoltare din ultimele trei decenii se observă că energia produsă din surse regenerabile a înregistrat o creștere anuală de 2 %. Este evident că pe termen mediu sursele regenerabile de energie nu pot fi privite ca alternativă totală la sursele convenționale, dar este cert că, în măsura potențialului local, datorită avantajelor pe care le au (resurse locale abundente, ecologice, ieftine, independente de importuri), acestea trebuie utilizate în complementaritate cu combustibilii fosili și energia nucleară.

Studiile oamenilor de știință au devenit în ultimii ani din ce în ce mai unanime în a aprecia că o creștere puternică a emisiilor mondiale de gaze cu efect de seră va conduce la o încălzire globală a atmosferei terestre de 2 - 6 °C, până la sfârșitul acestui secol, cu efecte dezastruoase asupra mediului înconjurător.

Prin schimbul natural dintre atmosferă, biosferă și oceane pot fi absorbite circa 11 miliarde de tone de CO₂ din atmosferă (sau 3 miliarde de tone echivalent carbon), ceea ce reprezintă circa jumătate din emisiile actuale ale omenirii. Aceasta a condus la o creștere permanentă a concentrației de CO₂ din atmosferă de la 280 de ppm înainte de dezvoltarea industrială la 360 ppm în prezent.

Estimând că la sfârșitul acestui secol populația globului va atinge circa 10 miliarde de locuitori, în condițiile unor drepturi de emisie uniforme pentru întreaga populație, pentru a nu depăși concentrația de CO₂ de 450 ppm în atmosferă, ar fi necesar ca emisiile pe cap de locuitor să se limiteze la 0,3 tone C/locuitor, ceea ce pentru țările dezvoltate reprezintă o reducere de 10 ori a actualelor emisii de gaze cu efect de seră.

Prognoza consumului de energie primară realizată de Consiliul Mondial al Energiei pentru anul 2050, în ipoteza unei creșteri economice de 3% pe an, fără o modificare a tendințelor actuale de descreștere a intensității energetice și de asimilare a resurselor energetice regenerabile, evidențiază un consum de circa 25 Gtep, din care 15 Gtep din combustibili fosili. Pentru a se păstra o concentrație de CO₂ de 450 ppm, ceea ce reprezintă circa 6 Gt carbon, cantitatea maximă de combustibili fosili utilizabilă nu trebuie să depășească 7 Gtep, rezultând un deficit de 18 Gtep care ar trebui acoperit din surse nucleare și surse regenerabile. Rezultă că pentru o dezvoltare energetică durabilă nu ar trebui să se depășească la nivelul anului 2050 un consum de 13 - 18 Gtep, acoperit din combustibili fosili 7 Gtep, din nuclear 2 - 3 Gtep și restul de 4 - 9 Gtep din surse regenerabile.

Pentru atingerea acestui obiectiv ambițios, propus de țările Uniunii Europene, de a reduce de patru ori emisiile la orizontul anului 2050, se estimează o puternică “decarbonizare” a

sistemului energetic, prin apelare atât la energia nucleară, dar mai ales la sursele regenerabile de energie.

Ținând seama de timpul de implementare a unor noi tehnologii și de înlocuire a instalațiilor existente, este necesar să se accelereze ritmul de dezvoltare a noilor tehnologii curate și a celor care presupun consumuri energetice reduse. În același timp este necesară o profundă evoluție a stilului de viață și o orientare către o dezvoltare durabilă.

În condițiile aderării țării noastre la Uniunea Europeană la începutul anului 2007, va trebui să ne asumăm obiectivelor strategice ale acesteia în domeniul resurselor regenerabile.

Sursele regenerabile de energie sunt energia solară, energia eoliană, energia geotermală, hidrotermală, biomasa, energia hidrogenului și altele.

Sursele fosile posedă proprietăți foarte folositoare care le-au făcut foarte populare în ultimul secol. Din nefericire, sursele fosile nu sunt regenerabile. Mai mult decât atât, acestea sunt responsabile de emisiile de CO₂ din atmosferă, care sunt dăunătoare unui climat ecologic. Utilizarea în continuare a surselor de energie fosile ar produce o creștere a emisiilor de CO₂.

3. Stabilirea amplasamentului, a dimensiunilor și a temperaturilor

Piscina pentru care se va proiecta sistemul de încălzire este o proprietate particulară, situată în curtea unei case. În figura I.3.1 este prezentat aspectul general al piscinei.



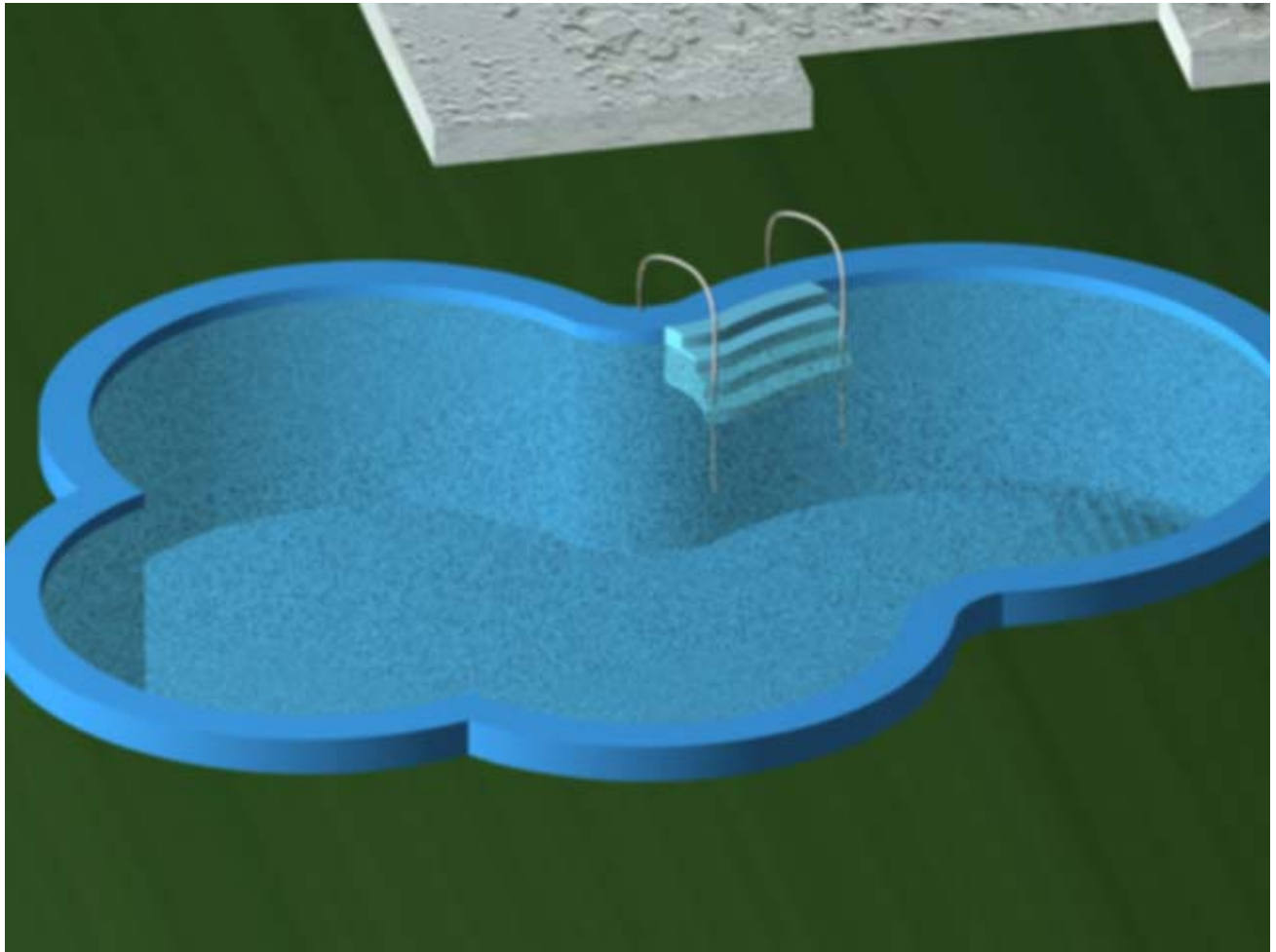


Fig.I.3.1 Prezentarea generală a piscinei

Oglinda apei are o suprafață de $A=60 \text{ m}^2$, iar adâncimea bazinului este de 2 m. Rezultă astfel un volum maxim de apă $V=120 \text{ m}^3$. Bazinul este construit din beton turnat, cu o grosime a pereților $\delta=0.4 \text{ m}$. Etanșeitarea sistemului este asigurată prin acoperirea cu PVC armat, aplicat pe suprafața interioară a structurii de beton. Acest strat de PVC, pe lângă rolul funcțional pe care îl are, oferă posibilitatea de a personaliza piscina, putând fi găsit într-o gamă variată de culori și combinații de modele grafice.

Pe fundul bazinului, sub stratul de PVC se aplică un strat de pâslă care reduce din asperitățile betonului, rezultând, în final, o suprafață foarte netedă. În calculele ce urmează a fii efectuate se va ține cont doar de influența stratului de beton. Celelalte straturi de material se vor neglija, caracteristicile lor termice având o influență foarte mică asupra calculului.

.....

II. Memoriu justificativ de calcul

1. Determinarea necesarului de căldură pentru încălzirea piscinei

Pentru determinarea instalație care va servi la încălzirea apei din piscină, trebuie să se cunoască necesarul de căldură al piscinei. Acest necesar are două componente: pierderile de căldură prin pereții bazinului și fluxul termic schimbat cu mediul ambiant.

Nesarul de căldură se determină cu relația:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_p + \dot{Q}_m \quad [\text{W}] \quad (1.1)$$

în care \dot{Q}_p - pierderile de căldură prin pereții bazinului, în W;

\dot{Q}_m - fluxul de căldură schimbat cu mediul ambiant, în W.

1.1 Calculul pierderilor de căldură prin pereții bazinului

În figura 3 este prezentat modul în care se pierde căldură prin pereții bazinului.

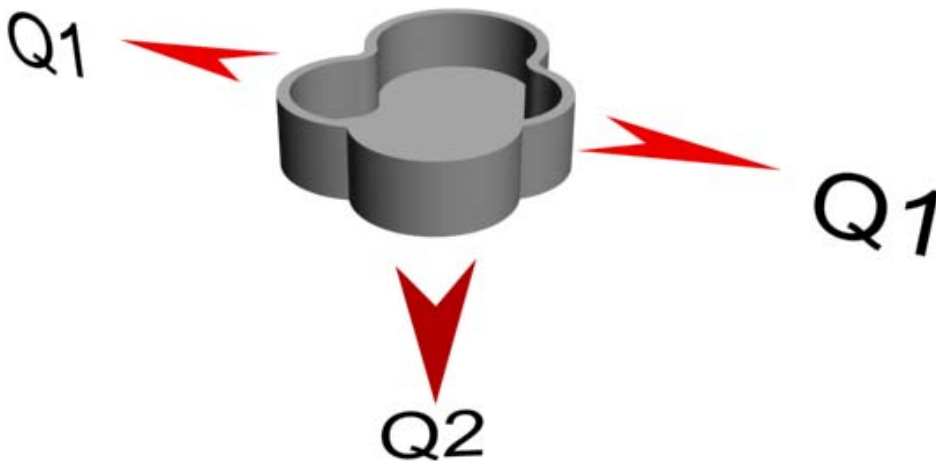


Fig. 1.1.1 Pierderea de căldură prin pereții bazinului

.....

Determinarea temperaturii solului se face din figura 1.1.2.

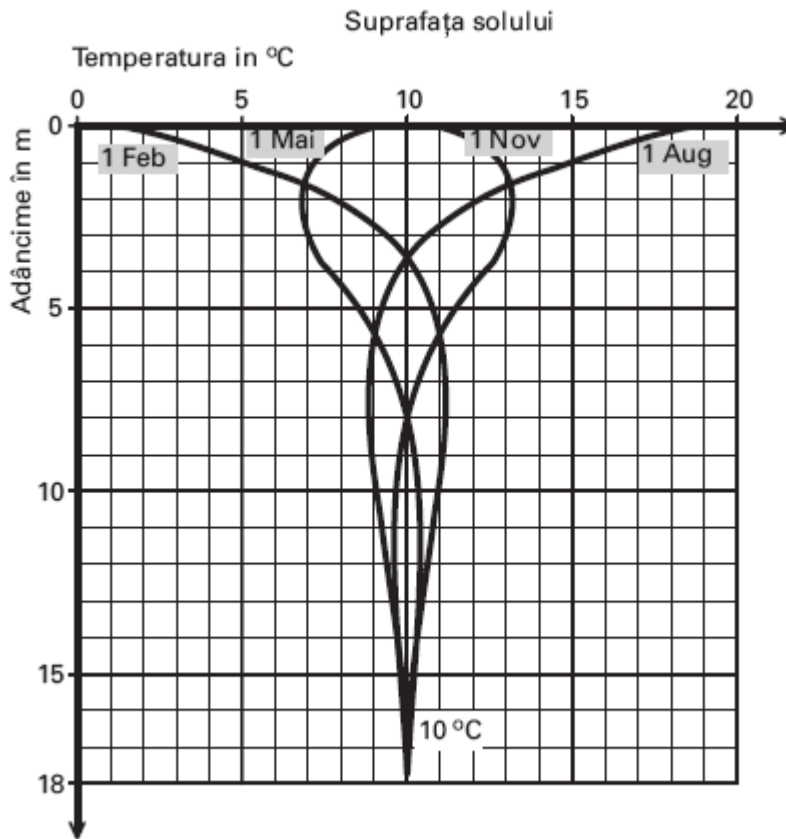


Fig.1.1.2 Variația anuală de temperatură în sol

.....

1.2 Calculul fluxului de căldură schimbat cu mediul ambiant

Fluxului de căldură schimbat cu mediul ambiant se determină cu relația:

$$\dot{Q}_m = \alpha_{apa2} \cdot S_3 \cdot \Delta t_2 \quad [\text{W}] \quad (1.2.1)$$

.....

1.3 Stabilirea regimului termic al sistemului

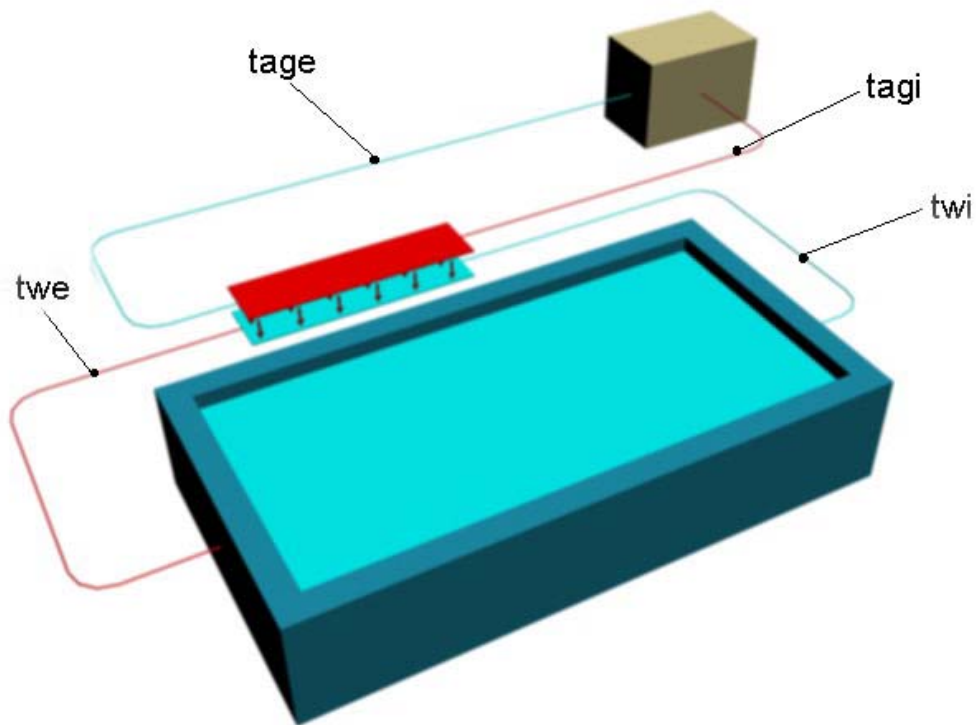


Fig. 1.1.3 Regimul termic al sistemului

- t_{wi} – temperatura apei la ieșirea din piscină
- t_{we} – temperatura apei la intrarea în piscină
- t_{agi} – temperatura agentului termic la ieșirea din instalația de încălzire
- t_{age} – temperatura agentului termic la intrarea în instalația de încălzire

2. Soluții tehnice de încălzire utilizând surse de energie regenerabile

2.1. Instalația de încălzire utilizând energia solară

2.1.1 Posibilități de utilizare a energiei solare

În condițiile actuale, în care problematica energetică castigă în importanță, iar protecția mediului a devenit o cerință a societății, s-au intensificat și eforturile pentru dezvoltarea tehnologiilor de valorificare a energiilor neconvenționale (solare, eoliene, geotermale etc.). Dezvoltarea și perfecționarea tehnologiilor de captare și valorificare a radiației solare rămâne un subiect de actualitate, datorită avantajelor pe care energia solară le oferă:

- soarele este o sursă de energie nepoluantă și practic nepuizabilă, - la scara omenirii - estimându-se o durată a existenței radiației sale de cel puțin 4 bilioane de ani; Soarele emite în spațiu o cantitate mare de energie, din care Pământul primește anual circa $2,8 \times 10^{21}$ kJ; are un potențial energetic uriaș, astfel încât dacă s-ar acoperi a mia parte din suprafața Pământului cu captatori având un randament de 5%, s-ar obține anual circa 60 miliarde de MWh

- energia solară poate fi transformată în alte forme de energie – termică, electrică, mecanică sau chimică, cu ajutorul captatoarelor. Forma, tipul și mărimea acestor instalații de conversie a energiei solare depinde de energia nou creată și pot fi executate în variante constructive simple sau mai complexe, obținându-se performanțe corespunzătoare tehnologiilor folosite

Pe plan mondial, preocupările pentru valorificarea energiei solare sunt reprezentate de obiective ca: stațiile de pompare din Senegal, Mali, Volta Superioara sau Niger; farul din Shanghai; desalinizarea apei în Sudan și Orientul Mijlociu; avioane solare, automobile autonome care utilizează panouri solare și chiar centrale solare spațiale.

În România, preocupările în domeniul energiei solare au culminat în anul 1979, prin implementarea pe scară largă a diferitelor aplicații de utilizare a energiei solare, ca de exemplu: sisteme de preparare a apei calde de consum pentru clădiri de locuit

România dispune de un potențial important de energie solară datorită amplasamentului geografic și condițiilor climatice favorabile. Zonele cu flux energetic solar important ($1450 - 1600$ kWh/m² pe an), sunt: Dobrogea, Delta Dunării și Litoralul Mării Negre. Zonele ce dispun de fluxuri energetice solare medii anuale cuprinse între $1350 - 1450$ kWh/m² pe an sunt: Câmpia Română, Câmpia de Vest, Banat și o parte din podișurile Transilvaniei și Moldovei. Harta radiației solare în România este redată în figura 2.1.1.

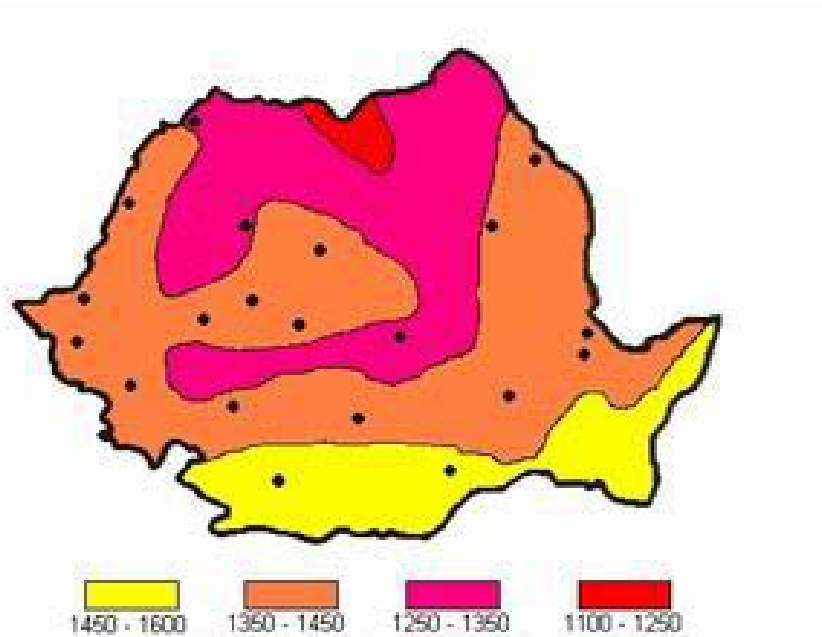


Fig.2.1.1 Harta radiației solare în România

Constanta solară (sau radiația directă) reprezintă energia termică ce este primită pe o suprafață normală (plasată perpendicular pe direcția razelor solare) situată la limita atmosferei terestre. Valoarea constantei solare C_s este de 1,355 kW/m² (2). Această valoare se modifică datorită variației periodice a distanței Pământ – Soare și datorită fenomenelor solare. Fluxul integral de energie radiantă care vine de la Soare spre Pământ este variabil, în funcție de variația distanței Pământ – Soare. Distanța medie Pământ - Soare este de aprox. 149 milioane km, iar traiectoria Pământului în jurul Soarelui este o ușoară elipsă excentrică; această distanță se modifică periodic odată cu solstițiul de vară, respectiv solstițiul de iarnă.

Fluxul de energie radiat de Soare care ajunge la suprafața Pământului este mai mic decât constanta solară, deoarece, în drumul ei, radiația solară străbătând masa atmosferică (peste 8 km) este redusă ca urmare a reținerilor sau a disipării energiei. Sunt reținute astfel razele X, g, și o parte din razele ultraviolete. Vaporii de apă și bioxidul de carbon existent în atmosferă contribuie la reținerea radiației solare. Atmosfera modifică intensitatea, distribuția spectrală și distribuția spațială a radiației solare prin două mecanisme: absorbție și difuzie. Radiația absorbită este în general transformată în căldură, iar radiația difuză este retrimisă în toate direcțiile în atmosferă. Prin aceste procese, atmosfera se încălzește și produce o radiație cu lungime de undă mare, denumită radiație atmosferică. Prin reflecția datorată moleculelor de aer, radiația este împrăștiată difuz (difuzie Rayleigh), formându-se radiația bolții cerești.

Radiația globală IG primită de la Soare, de o suprafață orizontală la nivelul solului pentru o zi senină, se compune din suma radiației directe și radiația difuză. Radiația solară directă

depinde de orientarea suprafeței receptoare. Radiația difuză poate fi considerată aceeași, indiferent de orientarea suprafeței receptoare, chiar dacă în realitate există mici diferențe. Figura 2.1.2 reprezintă proporția radiației difuze din radiația globală.

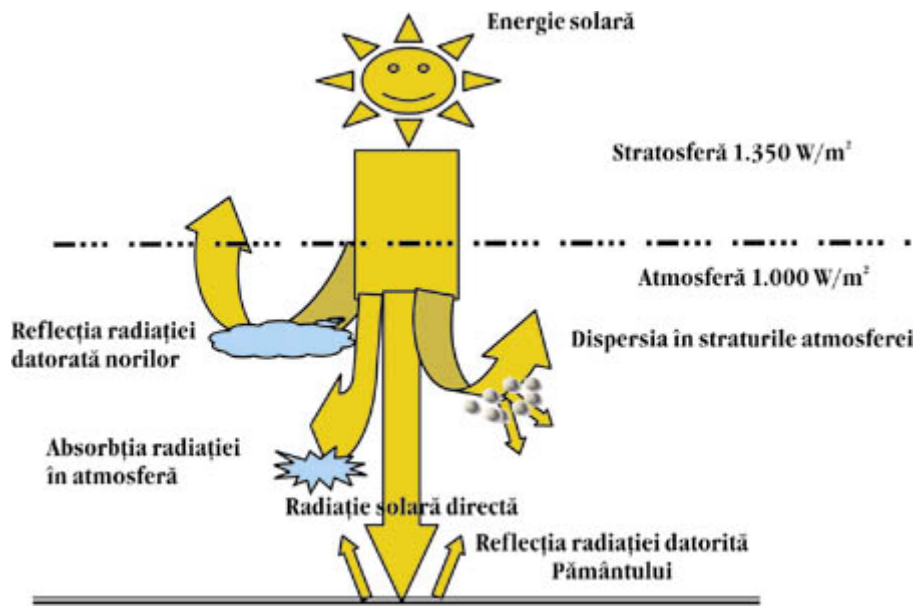


Fig.2.1.2 Proporția radiației difuze din radiația globală

Factorii meteorologici care au o influență importantă asupra radiației solare la suprafața Pământului sunt: transparența atmosferei, nebulozitatea, felul și poziția norilor. Relația dintre factorii meteorologici și radiația solară este monitorizată de Institutul Național de Hidrologie și Meteorologie, lunar și pentru fiecare anotimp în diferite zone ale țării. În tabele/hărți se centralizează statistic datele despre: durată efectivă de strălucire a Soarelui; numărul mediu de zile însorite; distribuția densității zilnice; intensitatea radiației solare și alte caracteristici ale radiației solare.

Pentru problemele legate de utilizarea energiei solare, sunt necesare două date meteorologice importante: intensitatea de radiație și durata de insolație. Pe baza acestor valori și a datelor referitoare la radiația solară totală și directă pe cer senin, precum și a radiației pe o suprafață normală la baza, se pot calcula intensitățile radiației solare efective pe diferite suprafețe.

Durata de strălucire a Soarelui, indică perioada de timp din zi, lună și an în care acesta a strălucit pe bolta cerească. Reprezintă elementul principal de caracterizare a gradului de însorire al unui punct sau zone de pe glob.

În tabelul 1 este redată variația densității puterii radiante solare globale. În tabelele 2 și 3 sunt centralizate durata medie orară, respectiv sumele medii orare de strălucire a Soarelui pentru câteva localități.

Tabelul 1 – Densitățile puterii radiante solare globale medii (W/m²) pe o suprafață orizontală în București.

Ora	Felul cerului	Lunile anului											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
6	S	-	-	23	72	142	184	142	69	20	-	-	-
	A	-	-	15	34	84	105	75	36	14	-	-	-
9	S	130	258	384	560	655	680	655	541	365	190	116	89
	A	65	123	191	280	378	337	380	291	182	93	65	25
12	S	280	420	639	799	881	905	681	775	611	416	296	140
	A	145	215	318	405	535	462	528	503	377	243	162	68
15	S	132	260	384	560	655	680	655	541	365	190	115	85
	A	68	130	183	296	330	342	335	295	188	101	63	24
18	S	-	-	23	72	142	184	142	69	20	-	-	-
	A	-	-	6	32	70	89	68	32	10	-	-	-

(A = cer acoperit, nebulozitate 8–10; S = cer senin; nebulozitate 0–3)

Tabelul 2 – Durata medie orară d, de strălucire a soarelui la ora 12 (11,30 – 12,30)

Localitatea	Durata medie orară la ora 12, în luna:											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
București - Basarabi	0,39	0,39	0,49	0,61	0,62	0,71	0,79	0,82	0,77	0,68	0,46	0,36
Constanța	0,39	0,37	0,48	0,58	0,67	0,78	0,82	0,85	0,80	0,68	0,46	0,35
Cluj - Cetățuie	0,42	0,47	0,58	0,51	0,61	0,5	0,61	0,63	0,71	0,6	0,32	0,31
Iași	0,37	0,36	0,47	0,56	0,64	0,72	0,75	0,79	0,71	0,59	0,33	0,32
Timișoara	0,36	0,4	0,57	0,57	0,66	0,68	0,75	0,77	0,71	0,65	0,39	0,37

Tabelul 3 – Sumele medii orare ale duratei de strălucire a Soarelui

Localitatea	Sumele medii lunare (h/lună), în luna:											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
București - Basarabi	76,6	79,8	125	183	252,2	296,6	317,8	293,4	227,3	178,1	98,7	67,5
Constanța	78,6	80,7	131,2	182,4	254,6	307,3	330,1	310,2	243,1	182,7	106	70,9
Cluj - Cetățuie	83,7	104,2	168,9	169,2	219,7	238,8	236,1	222,6	201,1	162,1	65,8	62
Iași	71,1	73,3	127,2	173,9	229,0	259,1	272,2	264,8	205,0	154,3	71,4	55,0
Timișoara	75,5	88,6	156,9	184,8	240,3	263,6	297,3	276,4	216	175,3	83,9	53,6

Energia solara se poate utiliza in diferite forme, problema de bază constând în găsirea unor căi cât mai simple și eficiente pentru conversia acesteia în alte forme de energie :

- energia fototermică: utilizată în aplicații industriale, încălzirea clădirilor, prepararea apei calde de consum, uscarea materialelor, distilarea apei, etc.

- energia fotomecanică: prezintă importanță în energetica spațială, unde conversia bazată pe presiunea luminii este folosită la zborurile navelor cosmice;

- energia fotoelectrică: cu aplicații în energetica solară terestră și în energetica spațială.

O instalație de conversie a energiei solare în energie termică, cu aplicații în instalațiile pentru construcții este prevăzută în general cu următorul echipament :

- captatorul solar;
- dispozitive de stocare a căldurii solare;
- rețea de conducte pentru transportul și distribuția căldurii solare la consumator (circuit solar);
- elementele de automatizare a întregului proces de producere, stocare, transport și distribuție a căldurii solare;
- aparatura și dispozitive de siguranță și control.

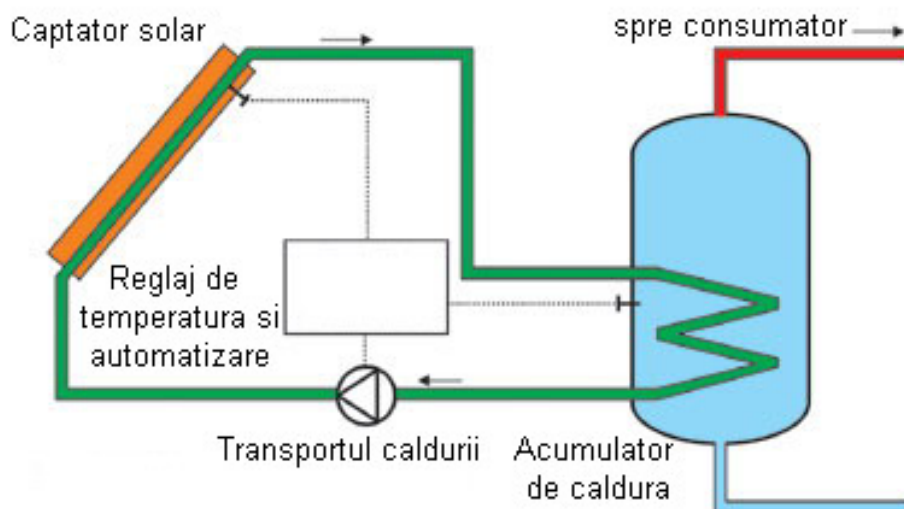


Fig.2.1.3 Componentele instalației de conversie a energiei solare în energie termică

Captatorii solari reprezintă instalațiile folosite pentru transformarea radiației solare în energie termică. Forma, tipul sau mărimea acestora depinde de energia nou creată; sunt executate din diferite materiale și tehnologii specifice pentru domeniul temperaturilor joase ($<100^{\circ}\text{C}$), sau pentru temperaturi înalte.

Captatorul solar, are rolul de a transforma radiația solară în energie termică și de a o ceda mediului de transport (agentului termic : apă, aer, sau altul) și trebuie amplasat astfel încât eficiența captării radiației solare să fie maximă.

Fiind elemente exterioare ale instalației solare, captatorii trebuie să îndeplinească pe lângă condițiile de eficiență a captării radiației solare și condițiile de rezistență și stabilitate a construcțiilor (vânt, încărcare cu zapada etc.), dar și de estetică a construcțiilor.

Se menționează două tipuri de captatori:

- captatorul fără concentrarea radiației solare: un dispozitiv simplu, care captează pe o suprafață de obicei plană și fixă - radiațiile solare directe și difuze, le absoarbe și le transformă în căldură,

suprafața absorbantă fiind egală cu suprafața care interceptează radiațiile solare;

- captatorul cu concentrarea radiației solare: are o construcție mai complexă, datorată faptului că urmărește mișcarea aparentă a Soarelui. Suprafața de captare are forme diverse, bazate pe reflexie și refracție pentru a mari cât mai mult densitatea fluxului de radiație.

Dispozitivul de stocare a căldurii solare (acumulatorul): reprezintă o parte importantă a sistemului solar deoarece între aportul de radiație solară și necesarul de căldură există diferențe, ca de exemplu: variația orară a consumului de apă caldă menajera, sau variația necesarului de căldură pentru încălzire.

Acumulatorul are rolul de a compensa variațiile naturale ale radiației solare și drept urmare variațiile de energie termică cedată de către captatorul solar mediului de transport. Acumulatorul stochează energia termică în momentul când nu există consum sau consumul este redus și o pune la dispoziția consumatorului când radiația solară este redusă sau minimă. Pentru sistemele solare care încălzesc apă de piscină, acumulatorul este de fapt bazinul cu apă (piscina), la prepararea apei calde de menajere acumulatorul poate fi un boiler bine izolat termic, iar la sistemele solare pentru încălzire acumulatorul poate fi realizat sub forma unui recipient deschis izolat termic corespunzător.

Stocarea energiei termice ce s-a obținut din energia solară se poate face în diverse forme, alegerea modului de stocare depinde de natura procesului care se urmărește în instalația solară. De exemplu, pentru stocarea căldurii se pot folosi fluide ca apa sau aerul.

Circuitul solar: are rolul de a transporta energia termică preluată de captatorul solar la acumulatorul de energie termică sau la consumator. Transportul energiei termice în circuitul solar se realizează prin intermediul unui agent termic (aer, apă sau alte lichide). În sistemul din fig. 9 agentul termic preia căldura din captatorul solar și o cedează acumulatorului. Sistemele solare care folosesc apa ca agent termic sunt alcătuite din conducte, armături, pompe de circulație, echipament de măsură, siguranță și automatizare.

Sisteme de utilizare a instalațiilor solare:

- instalații pentru prepararea apei calde menajere;
- instalații pentru încălzire;
- instalații pentru încălzirea apei din piscine;
- instalații de răcire;
- instalații solare de uscare;
- instalații solare de desalinizare etc.

Ca și la alte echipamente tehnice și în cazul sistemelor solare, sunt mai puțin amintite dezavantajele acestora. Este simplu de înțeles că, folosind sistemul solar se poate menține mai ușor temperatura apei din piscine la 25°C în sezonul de vară, decât prepararea apei calde de consum în sezonul de iarnă, la temperatura de 45°C sau asigurarea necesarului de căldură pentru încălzire. Din păcate, atunci când necesarul de căldură pentru încălzire sau prepararea apei calde de consum este mai mare, iarna, radiația solară este scăzută și nu se poate obține calitatea necesară a agentului termic (temperatura și debitul de agent termic necesar). Chiar dacă aceste sisteme solare constituie instalații relativ simple, pentru a asigura o eficiență optimă dimensionarea acestor sisteme trebuie să țină seama de variația radiației solare și variația necesarului de energie termică.

În continuare vor fi prezentate sistemele de captare a energiei solare în cadrul instalațiilor pentru construcții; cele mai importante aplicații în domeniul utilizării energiei solare sunt:

- prepararea apei calde menajere vara și preîncălzirea apei reci pentru prepararea apei calde - toamna - iarna - primavara;
- încălzirea apei din piscine vara;
- încălzirea încăperilor în anotimpul rece.

Instalații solare pentru prepararea apei calde menajere

Aceste sisteme corespunzător dimensionate pot asigura ca Soluție unică alimentarea clărilor de locuit cu apă caldă menajeră la temperatura de 45°C în sezonul de vară. În lunile martie - aprilie și septembrie - octombrie sistemul poate prelua însă doar o parte din sarcina termică necesară producerii apei calde menajere.

Soluțiile tehnice pentru acest sistem sunt reprezentate de instalații cu circulație naturală și instalații cu circulația forțată (la acest tip fiind prevăzută o pompă de circulație pe circuitul agentului termic). Pentru asigurarea nevoilor de consum instalația solară este prevăzută, de obicei, cu boiler în care este preparată și acumulată apa caldă menajeră (vezi fig. 3). Pentru a se putea prepara apa caldă menajeră la temperatura de 45°C, considerând temperatura apei reci de 10°C, temperatura apei trebuie ridicată cu 35°C; pentru acesta, suprafața absorbantă a captatorului solar trebuie să ajungă la temperatura de 50°-70°C spre a putea transfera căldură agentului termic și apoi apei calde de consum cu o eficiență acceptabilă. Aceste temperaturi ridicate în captatori și în conductele de transport ale agentului termic

presupun măsuri de izolare termică corespunzătoare pentru reducerea pierderilor de căldură. Captatorii solari pentru sistemele solare de preparare a apei calde menajere sunt de regulă captatori plani montați în cutii bine izolate termic în care suprafața neagră absorbantă se găsește sub una sau două rânduri de sticlă, sau alt material transparent. Ca și componentă a sistemului solar, acești captatori sunt montați pe acoperișul clădirilor.

Sistemele de preparare a apei calde de consum rămân în funcțiune și în sezonul rece pentru că pot asigura chiar și în zilele de iarnă însorite o cantitate de căldură pentru prepararea apei calde de consum. La amplasarea sistemului în zone unde apare pericol de îngheț, pentru protejarea captatorului solar este necesar să se folosească agent termic în amestec cu glicol și separarea obligatorie a circuitului de agent termic față de apă caldă de consum din rezervorul de acumulare (serpentina montată în boiler).

Din practică se cunoaște că pentru un consum de 50 l/om zi este necesară o suprafață a captatorului de aproximativ 1,5 m² și se poate acoperi în perioada de vară necesarul de apă caldă menajeră în proporție de 90-100%. În funcție de mărimea sistemului solar realizat pentru prepararea apei calde menajere și de soluția constructivă adoptată, se pot obține 300500 kWh/m² an.

Încălzirea apei din piscine

Încălzirea apei din piscinele descoperite ridică cele mai mici probleme tehnice deoarece sunt folosite doar în sezonul de vară, iar temperatura apei din piscină poate fi ușor adusă și menținută la temperatura de 24-29°C. Dacă scade radiația solară (nori, ploaie), va scădea și temperatura apei din piscină, dar și gradul de folosire al acesteia. Ridicarea temperaturii apei din piscină cu 5-10°C, se poate realiza cu captatori solari simpli orientați spre sud. Aceștia sunt prevăzuți cu serpentine realizate din furtun negru sau membrane din mase plastice sau cauciuc prevăzute cu canale pentru apă. Acumulatorul este, în această situație, piscina (bazinul de apă). Volumul mare de acumulare are drept rezultat scăderea mică a temperaturii apei pe perioada de noapte sau în zilele neînsorite. Prin acoperirea piscinei pe timp de noapte se pot reduce semnificativ pierderile de căldură ale apei din piscină. Datorită folosirii sistemului de încălzire doar în lunile de vară nu există pericol de îngheț deci nu este necesară introducerea antigelului în circuitul captatorului solar.

Debitul de apă prin captatorul solar trebuie să fie constant și relativ mare, circulația acestuia fiind asigurată de o pompa de circulație, astfel încât să se obțină o creștere de temperatură de maxim 8°C în captatorul solar. În aceste condiții, captatorii solari pot capta anual 250-300 kWh/m², adică pot folosi 25-30% din radiația solară medie anuală considerată de 1000 kWh/m² pe an.

Instalații solare pentru încălzire

Comparativ cu sistemele solare pentru prepararea apei calde menajere, instalațiile solare pentru încălzire sunt folosite mai puțin în practică datorită faptului că cererea de energie termică - mare pe timp de iarnă - nu corespunde cu disponibilul de energie solară în această perioadă. Astfel, în perioada rece a anului, valoarea necesarului de căldură pentru încălzire crește odată cu scăderea temperaturii exterioare, în timp ce aporturile de căldură solară sunt mai mici și scad odată cu scurtarea timpului de strălucire a Soarelui pe bolta cerească. Aceasta înseamnă că necesarul de căldură corespunde minimului de energie solară disponibilă și ca atare se impun anumite condiții tehnice atât clădirii cât și instalației. Astfel, se impune o anumită arhitectură a clădirii, o izolare termică suplimentară a construcției, orientarea captatorilor spre sud, precum și prevederea unor surse auxiliare de căldură. Aceste sisteme pot fi asociate cu alte forme de energie - eoliană sau geotermală - sau utilizează sisteme combinate cu pompe de căldură. Se folosesc două categorii de sisteme solare de încălzire: sistemul pasiv și sistemul activ. Aceste sisteme au reprezentat și reprezintă subiectul unor programe de cercetare aplicate în multe țări (SUA, Franța, Danemarca, Germania, România etc). Datorită faptului că sursa de energie solară are o durată diurnă limitată, în timp ce clădirea trebuie încălzită permanent, ambele sisteme (pasiv și activ) sunt prevăzute cu o unitate de stocare a căldurii provenite din radiația solară.

2.2. Calculul termic al captatorului solar

În prezent, în tehnica instalațiilor solare de încălzire a clădirilor și prepararea apei calde menajere, se folosesc o mare diversitate de captatori solari, producătorii oferind datele tehnice ale acestora. Funcționarea captatorului solar poate fi mai simplu explicată considerând un captator plan -(figura 2.1.4.), unde:

- pe o suprafață vopsită în negru (suprafața absorbantă) cade radiația solară directă și difuză. Radiația solară este transformată în căldură și suprafața de absorbție se încălzește;
- pentru a putea transfera căldura obținută către consumatorul de căldură, este folosit un agent termic (apă, aer) care în contact cu suprafața absorbantă, preia căldura și o transportă spre consumatori. De regulă, în sau pe suprafața de absorbție sunt fixate conducte sau sunt realizate canale prin care circulă agentul termic;
- pentru a reduce pierderile de căldură înspre mediul ambiant suprafața absorbantă este amplasată de regulă, într-o carcasă bine izolată din punct de vedere termic, fiind prevăzută doar pe partea frontală cu o suprafață transparentă care să permită trecerea radiației solare (un geam).

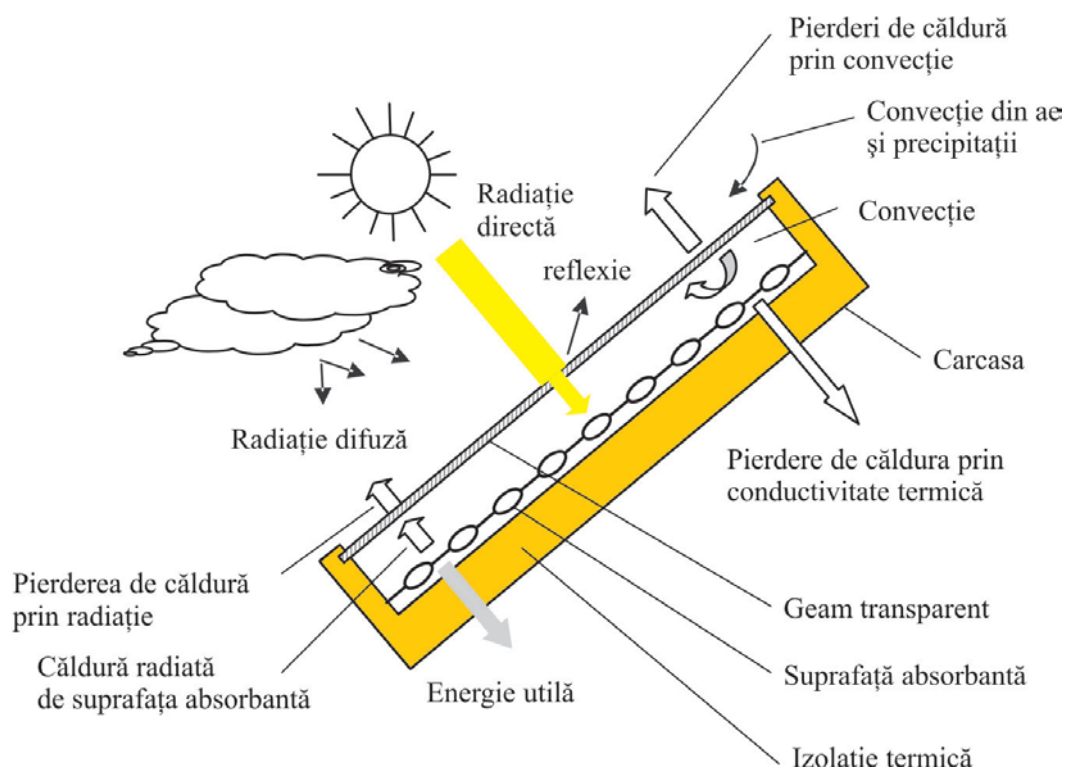


Fig.2.1.4 Principiul funcțional al captatorului plan

„Inima“ oricărui sistem solar este suprafața absorbantă - de exemplu tablă din cupru vopsită în negru. Suprafața neagră de absorbție transformă radiația solară directă sau difuză în căldură, în proporție de 85 – 98% - în funcție de construcția sistemului. Dacă captatorul este izolat termic corespunzător, cea mai mare parte din căldura preluată de suprafața de absorbție este transferată agentului termic și astfel suprafața de absorbție este răcită.

Ca agenți termici se folosesc de obicei lichide cu capacități bune de înmagazinare și transport a căldurii (căldură specifică mare), cum sunt apa sau amestecuri apă – antigel.

Spre exemplu, dacă suprafața de absorbție este o tablă din cupru (cuprul având conductibilitate termică ridicată) se poate lipi pe această tablă o serpentină - realizată din țevă de cupru – prin care este circulat (gravitațional sau forțat) agentul termic care transportă căldura la consumator sau acumulator.

Ca toate procesele de transformare, transfer de căldură și transport al căldurii și în cazul captatorilor solari apar pierderi de căldură. Acest lucru înseamnă că nu toată căldura captată de suprafața de absorbție se poate transfera spre consumatori.

Pierderile de căldură care apar și de care trebuie să se țină seama sunt:

- *pierderile de căldură prin radiație*: toate corpurile, în acest caz - suprafețele de absorbție - care au o temperatură mai ridicată decât cea a mediului în care sunt amplasate, cedează căldura prin radiație (în infraroșu cu lungime de undă mare) spre mediul înconjurător;
- *pierderile de căldură prin convecție*: aerul de deasupra suprafeței de absorbție se încălzește, se ridică transportând o parte din căldura absorbită;
- *pierderile de căldură prin conducție*: prin izolația termică a carcsei suprafeței absorbante, prin conductele care leagă captatorul se pierde o cantitate de căldură care este cedată mediului înconjurător.

Pentru a reduce pierderile de căldură, suprafața absorbantă a unui captator plan este montată într-o carcasă închisă pe toate laturile (pentru a împiedica convecția), izolată termic pe părțile laterale și sub suprafața de absorbție (pentru a reduce pierderile de căldură prin radiație și conducție).

Doar pe fața captatorului, care este orientată spre soare, carcasa este închisă cu un material transparent (geam de sticlă). Materialul transparent trebuie să permită trecerea radiației solare și să rețină cât mai mult din radiația suprafeței de absorbție (efectul de seră).

Pierderi de căldură, caracteristicile captatorului solar, randamentul captatorului solar

Pentru a putea a efectua calculele care urmează, se consideră un captator solar plan care are următoarele caracteristici:

- geam de sticlă cu conținut scăzut de fier, cu un coeficient de transmisie $\tau = 0,85$
- suprafața de absorbție realizată din tablă de cupru;
- suprafața de absorbție vopsită cu email negru, cu un coeficient de absorbție $\alpha=0.90$;
- intensitatea radiației solare este $S=1000 \frac{W}{m^2}$
- coeficientul global de transmisie a căldurii $k=3 \frac{W}{m^2 \cdot K}$
- temperatura de intrare a agentului termic în captator $t_{age}=35 \text{ } ^\circ\text{C}$

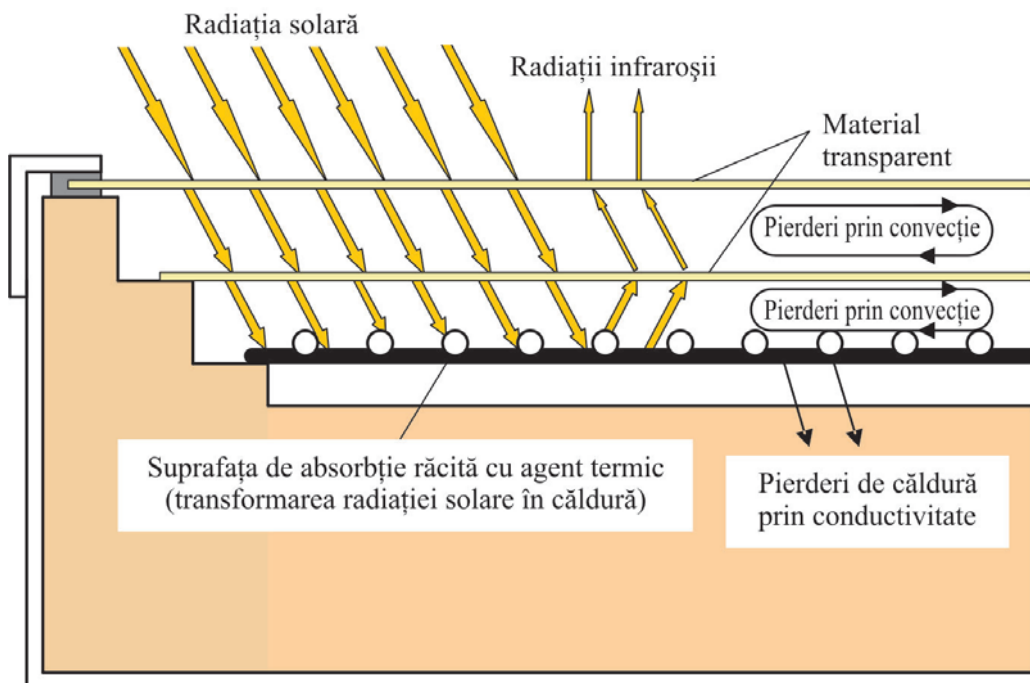


Fig.2.1.5 Reprezentarea schimatică a pierderilor de căldură ale captatorului plan

Pierderi „optice“

Datorită reflecției radiației solare pe suprafața transparentă, precum și datorită absorbției radiației solare în masa materialului transparent, o parte din radiația solară nu ajunge la suprafața absorbantă. Dacă pierderile de căldură prin reflexia radiației solare sunt dependente de unghiul sub care cade radiația solară (la unghiuri mai mari de 45° pierderile de căldură cresc simțitor) pierderile de căldură prin absorbția în materialul transparent, se pot aprecia mai exact prin factorul de transmisie τ .

Pentru un singur strat de sticlă, 85–95 % din radiația solară traversează sticla și ajunge la suprafața de absorbție (în funcție de tipul de sticlă) adică, $\tau = 0,85 - 0,95$. În tabelul 4 este dată valoarea coeficientului de transmisie τ pentru câteva materiale transparente care pot fi folosite în construcția captatorilor solari.

Tabelul 4 – Coeficienți în funcție de materialul transparent

Material	Grosime mm	Temperatura maximă admisă °C	Transferul de energie directă/ difuză %	Factor de transmisie τ direct/difuz
Sticlă cu conținut de fier	4	160	85/80	81/74
Sticlă solară (săracă în fier)	4	200	89/83	87/80
Plăci duble din polycarbonat	8 - 16	140	80/83	77/83

Intensitatea radiației solare absorbită de suprafața absorbantă se poate determina conform relației:

$$S_a = S \cdot A_0 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (2.1.2.1)$$

în care A_0 – factor optic (procentul din intensitatea radiației solare transformată în căldură)

$$A_0 = \tau \cdot \alpha \quad (2.1.2.2)$$

$$A_0 = 0.765$$

$$S_a = 765 \frac{W}{m^2}$$

Pierderile optice ale captatorului reprezintă diferența dintre intensitatea radiației solare și intensitatea radiației solare absorbită de suprafața absorbantă:

$$\Pi_{opt} = S - S_a \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (2.1.2.3)$$

$$\Pi_{opt} = 235 \frac{W}{m^2}$$

Pierderile termice

Cantitatea de căldură captată de către suprafața de absorbție are drept efect ridicarea temperaturii acesteia la valoarea t_a , temperatură mai mare decât temperatura mediului exterior t_m . Datorită acestei diferențe de temperatură apar pierderile de căldură prin radiație și conducție termică. Se consideră că, agentul termic vehiculat prin captatorul solar va avea aproximativ temperatura suprafeței de absorbție, adică t_a . În realitate, însă, căldura preluată de agentul termic este mai mică de cât cea captată. Mărimea pierderilor de căldură (pierderi termice) este în strânsă legătură cu caracteristicile constructive ale captatorului solar și diferența de temperatură Δt dintre mediul exterior și cea a suprafeței absorbante. Cu cât este mai mare temperatura suprafeței de absorbție și drept urmare mai mare diferența de temperatură, cu atât mai mare este pierderea de căldură, denumită în acest caz, pierdere termică.

Pierderea termică unitară Π_t se poate aprecia cu relația (2.1.2.4):

$$\Pi_t = k(t_a - t_m) \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (2.1.2.4)$$

$$t_a = \frac{t_{agi} + t_{age}}{2} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (2.1.2.5)$$

$$t_a = 37.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Pi_t = 52.5 \frac{W}{m^2}$$

Intensitatea utilă a radiației solare S_u (efectiv absorbită de agentul termic) este căldura pe care captatorul o transferă agentului termic vehiculat și reprezintă de fapt, diferența dintre căldura produsă de către suprafața absorbantă și pierderile termice din captator, adică:

$$S_u = S_a - \Pi_t \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (2.1.2.6)$$

$$S_u = 712.5 \frac{W}{m^2}$$

În relațiile de mai sus sunt neglijate căldura specifică a captatorului, pierderile de căldură prin transportul agentului termic și modificarea unghiului sub care cade radiația solară.

Randamentul captatorului solar este definit ca fiind raportul dintre energia utilă obținută și intensitatea radiației solare:

$$\eta = \frac{S_u}{S} \quad (2.1.2.7)$$

$$\eta = 71.25 \%$$

În practică, pentru a trasa caracteristica unui captator se folosește un grafic în care pe ordonată este randamentul captatorului iar pe abscisă diferența de temperatură dintre agentul termic și mediul ambiant pentru o intensitate a radiației solare date. (vezi figura 3)

Cu cât crește diferența de temperatură Δt adică crește temperatura agentului termic cu atât cresc pierderile termice și scade randamentul colectorului.

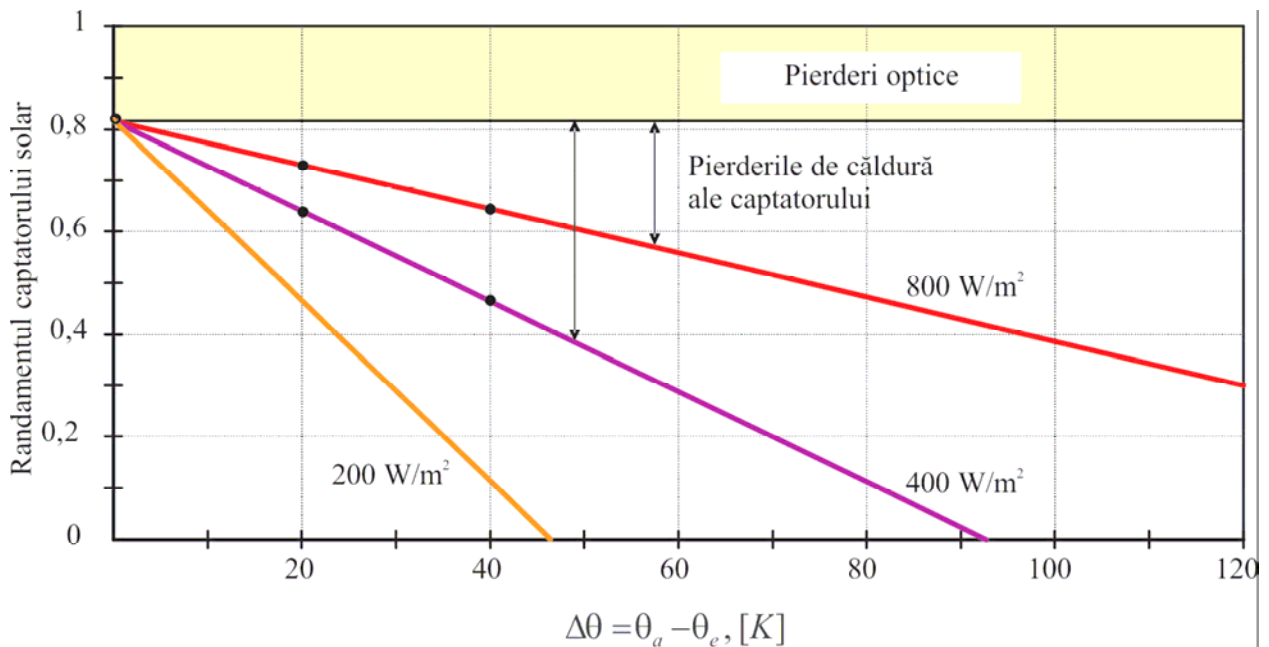


Fig.2.1.6 Variația randamentului cu diferența de temperatură

Dacă intensitatea radiației solare scade, creșterea de temperatură a agentului termic are un efect și mai mare de scădere a randamentului captatorului.

Pentru a reduce pierderile de căldură și a crește randamentul captatorilor solari, sistemul trebuie astfel dimensionat și construit încât agentul termic preparat să aibă parametri reduși, dar în limita eficacității energetice a sistemului.

.....

2.2. Instalații de încălzire utilizând pompe de căldură

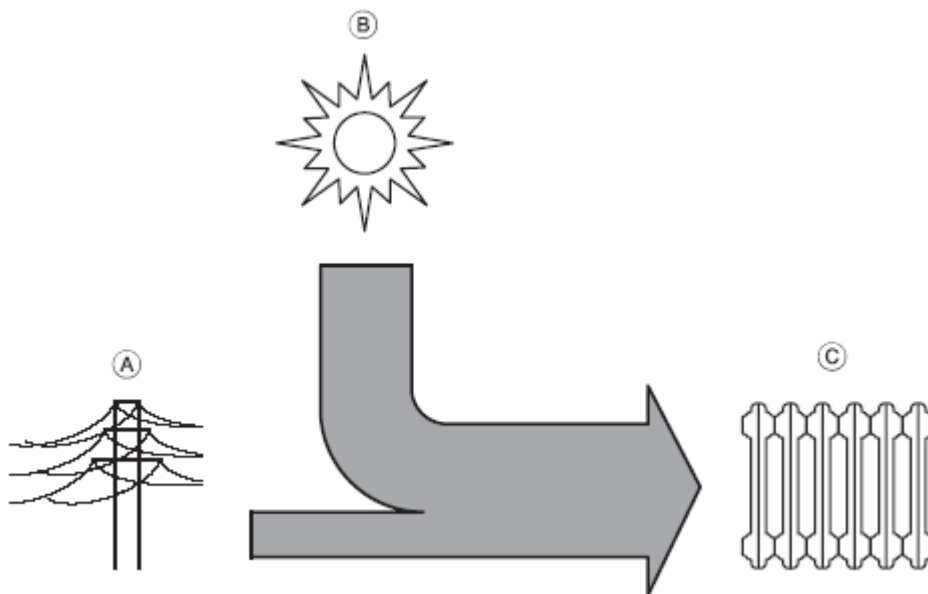
2.2.1 Principiile de funcționare și de calcul a pompelor de căldură

Generalități

Pompele de căldură sunt instalații de încălzire care au ca sursă de căldură ecologică – energie solară acumulată în sol, apă freatică și în aerul atmosferic. Căldura ecologică se găsește în cantități nelimitate, iar pompa de căldură oferă posibilitatea de încălzire economică și ecologică, utilizând această formă de energie.

Pompele de căldură moderne oferă posibilități tehnice efective pentru economisirea de energie și reducerea emisiilor de CO₂. Pompa de căldură oferă premisele tehnice necesare pentru a folosi eficient energia solară sub formă de căldură ecologică pentru încălzire și preparare apă caldă menajeră.

Acest tip de instalație obține aproximativ trei sferturi din energia necesară pentru încălzire din mediul înconjurător, iar pentru restul, utilizează ca energie de acționare curentul electric.



A – energie de acționare (curent electric);

B – căldură ecologică (sol, apă, aer)

C – căldură pentru încălzire

Fig. 2.2.1

Funcționarea unei pompe de căldură

Modul de funcționare al unei pompe de căldură corespunde modului de funcționare al unui frigider. În cazul frigiderului, agentul de răcire scoate căldura cu ajutorul vaporizatorului, iar prin intermediul condensatorului, aceasta se transferă în încăperea.

În cazul pompei de căldură, căldura se atrage din mediul înconjurător (sol, apă, aer) și se conduce la sistemul de încălzire. Circuitul termic al agregatului de răcire se realizează conform legilor fizice. Agentul de lucru, un lichid care atinge punctul de fierbere la o temperatură scăzută, se conduce într-un circuit și consecutiv, se evaporă, se comprimă, condensează și se destinde.

În vaporizator se află un agent de lucru la presiune redusă. Nivelul de temperatură al căldurii ecologice din vaporizator este mai ridicat decât domeniul de temperaturi de fierbere corespunzător presiunii agentului de lucru. Această diferență de temperaturi conduce la o transmitere a căldurii ecologice asupra agentului de lucru, iar agentul de lucru fierbe și vaporizează.

Vaporii rezultați din agentul de lucru sunt aspirați continuu de către compresor și se comprimă. În timpul comprimării cresc presiunea și temperatura vaporilor. Vaporii agentului termic ajung din compresor în condensator, care este înconjurat de agent termic.

Temperatura agentului termic este mai redusă decât temperatura de condensare a agentului de lucru, astfel încât vaporii se răcesc și se lichefiază.

Căldura preluată în vaporizator și suplimentar, energia electrică transferată prin comprimare, se eliberează în condensator prin condensare și se transferă agentului termic.

În continuare se recirculă agentul de lucru prin intermediul unui ventil de laminare în vaporizator. Agentul de lucru trece de la presiunea ridicată a condensatorului, la presiunea redusă a vaporizatorului. La intrarea în vaporizator se ating din nou presiunea și temperatura inițială. Circuitul este închis.

În subrăcitorul regenerativ se produce un schimb de căldură între vaporii obținuți în vaporizator și lichidul rezultat în urma condensării. În urma schimbului de căldură, lichidul aflat la o temperatură ridicată, cedează căldură vaporilor, suferind o subrăcire. Vaporii, ca urmare a faptului că primesc o cantitate suplimentară de căldură, se supraîncălzesc.

Toate aceste procese se pot observa în schema funcțională din figura 2.2.2 și în diagrama din figura 2.2.3.

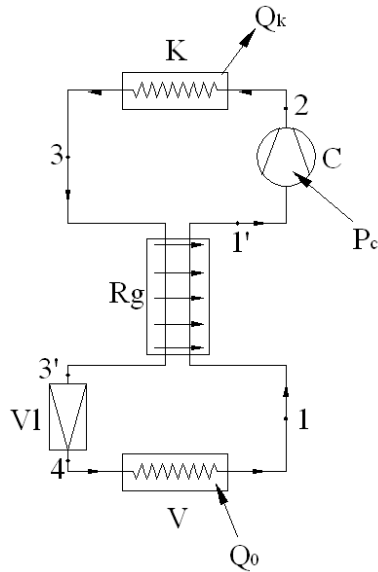


Fig.2.2.2 Schema funcțională a unei pompe de căldură

\dot{Q}_0 - cantitatea de căldură preluată

\dot{Q}_k - puterea termică a pompei

V – vaporizator

K – condensator

R_g – subrăcitor regenerativ

VI – ventil de laminare

C – compresor

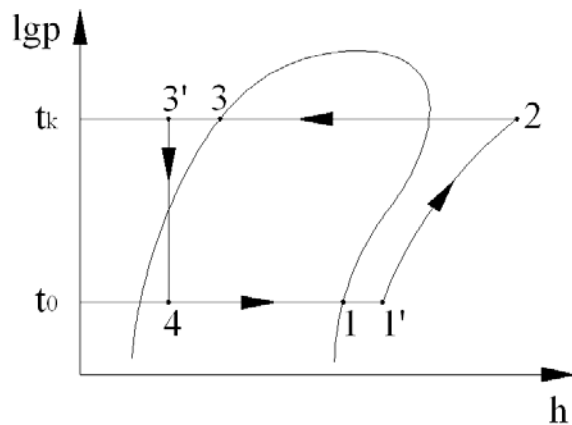


Fig.2.2.3 Procesele de lucru în diagrama $lgp - h$

t_0 – temperatura de vaporizare

3 – 3' – subrăcirea lichidului

t_k – temperatura de condensare

3' – 4 - procesul de laminare

1 - 1' - vaporii se supraîncălzesc

1 - 2 - procesul de comprimare a vaporilor

2 - 3 - condensarea vaporilor

Calculul ciclului termic al pompei de căldură

Căldura termică (sarcina termică a vaporizatorului) a pompei (sarcina termică a vaporizatorului) este, de fapt, necesarul de căldură pe care trebuie să-l asigure instalația:

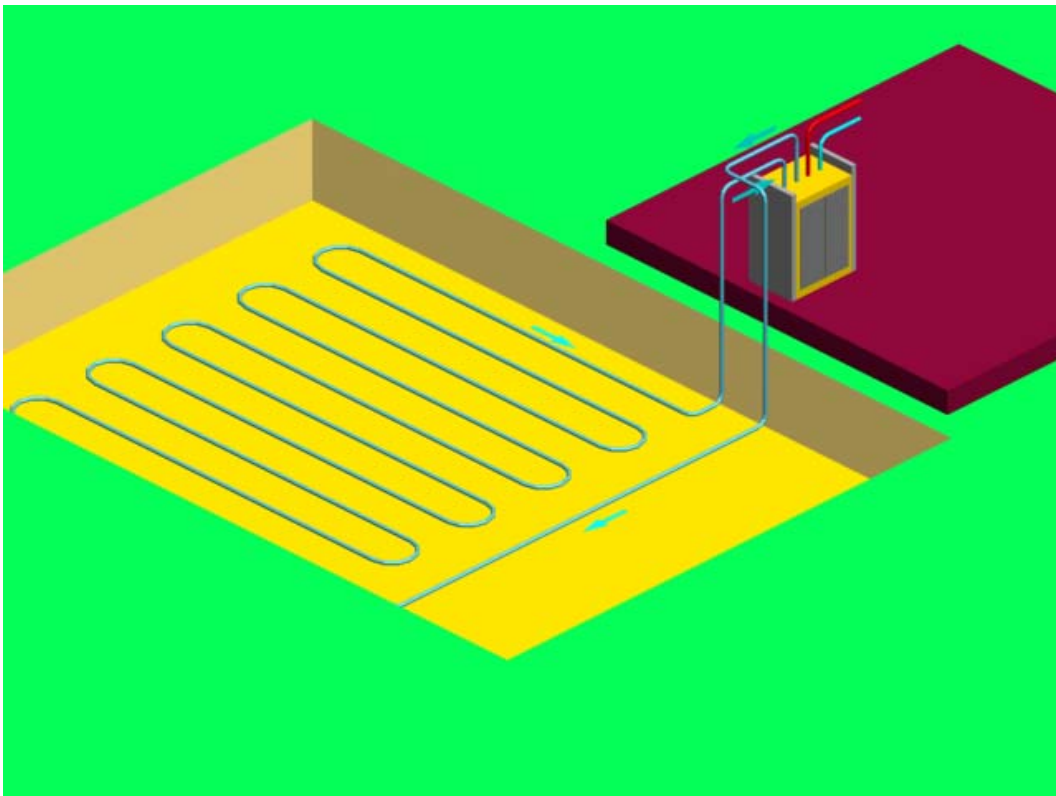
$$\dot{Q}_k = \dot{Q} = 5.7 \text{ kW}$$

2.2.2. Pompa de căldură sol - apă

Acest tip de pompă utilizează ca sursă de căldură energia solară acumulată în sol. Solul are proprietatea că poate acumula și menține energia solară pe o perioadă mai lungă de timp, ceea ce conduce la un nivel de temperatură al sursei de căldură aproximativ constant de-a lungul întregului an și astfel la o funcționare a pompei de căldură cu un randament ridicat.

Căldura solului este transmisă cu un amestec de apă și agent de protecție la îngheț (apă sărată). Astfel se garantează că apa sărată nu va îngheța în timpul funcționării. Căldura din sol se preia prin schimbătoare de căldură montate orizontal, numite și colectori pentru sol (figura 2.2.4) sau prin schimbătoare de căldură montate vertical, numite sonde pentru sol (figura 2.2.5). Aceste schimbătoare de căldură sunt construite din tuburi din material plastic.

Apa sărată se pompează prin tuburile de plastic cu ajutorului unei pompe de circulație, realizându-se astfel captarea căldurii din sol.



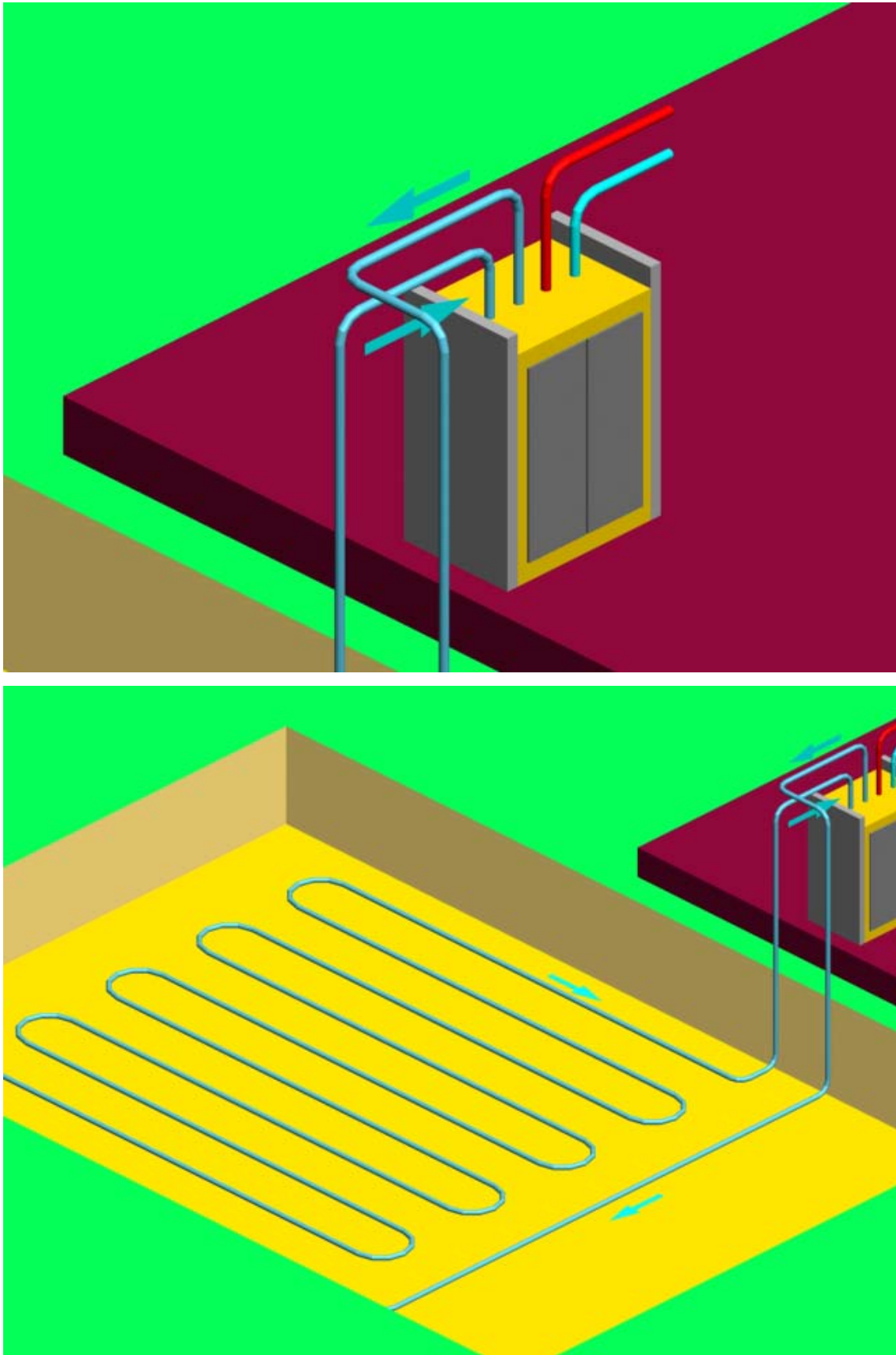
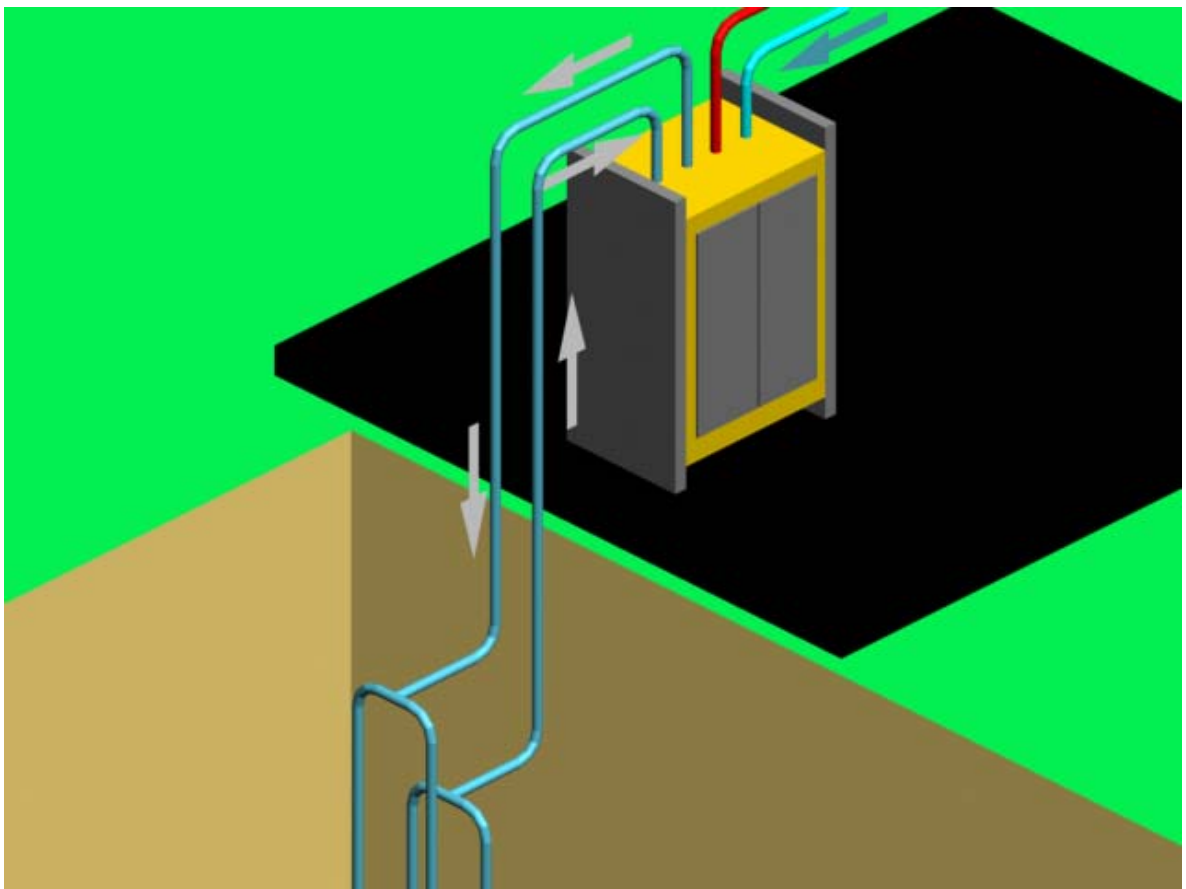
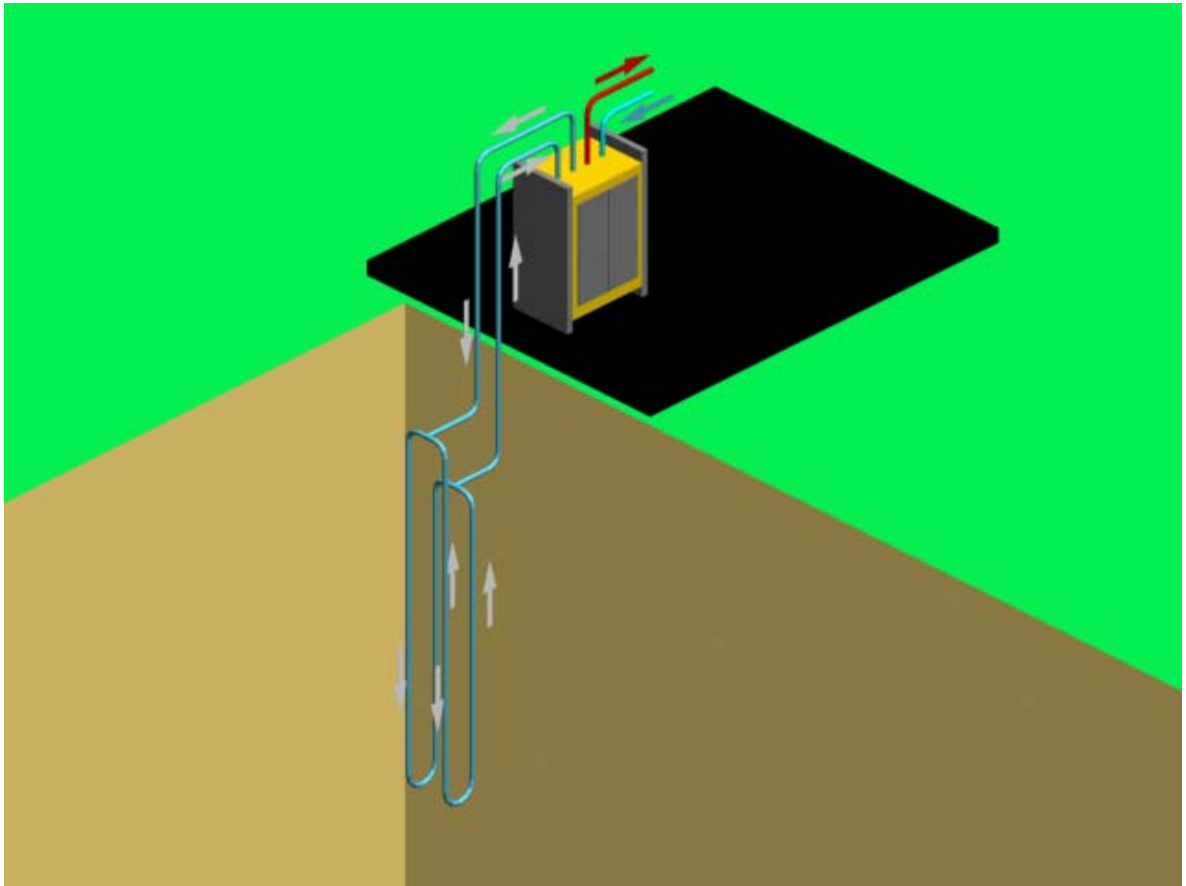


Fig.2.2.4 Instalație cu colectori orizontali



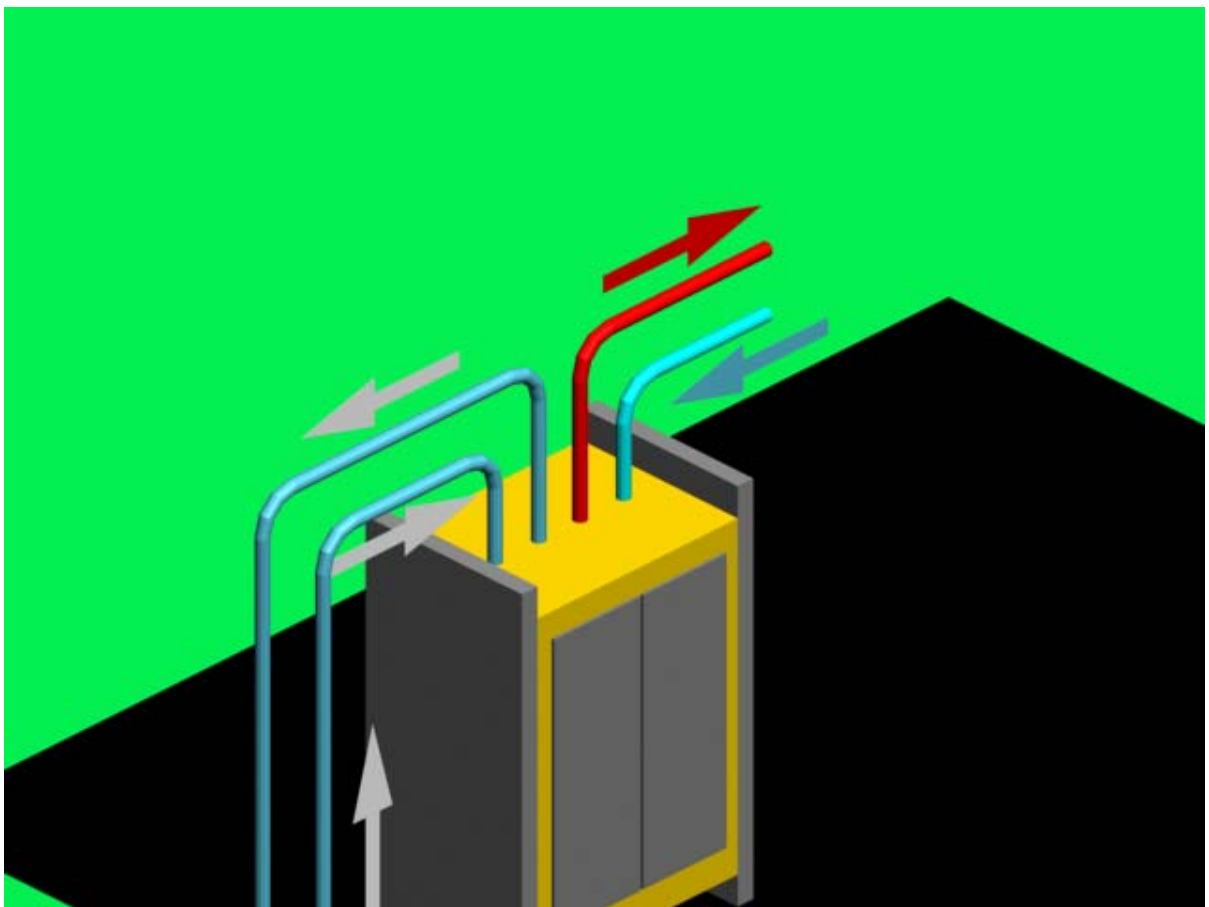
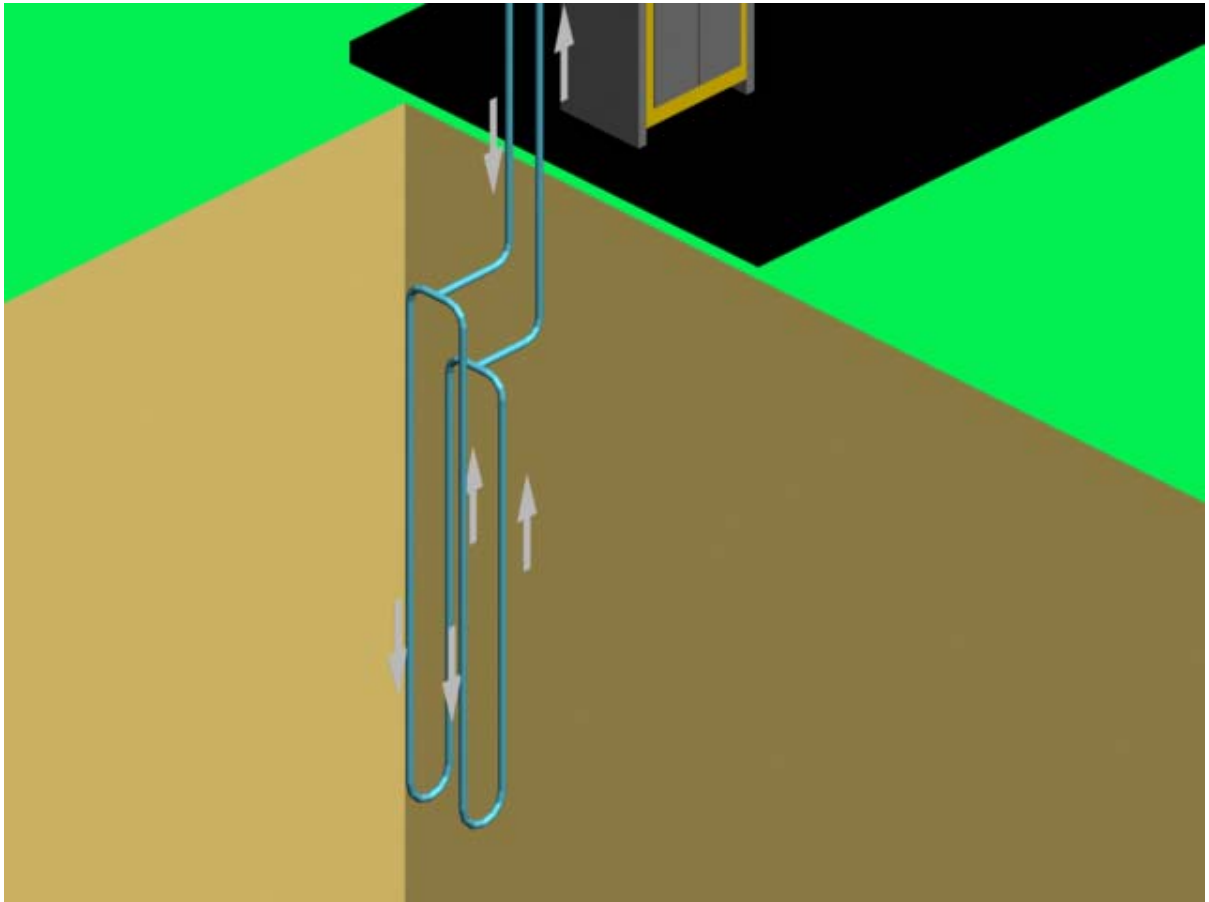


Fig.2.2.5 Instalație cu sonde pentru sol

Calculul pompei de căldură sol – apă

Pentru realizarea unui calcul corect cu rezultate precise se utilizează programul CoolPack, a cărui interfață și mod de lucru sunt prezentate în figura 2.2.6. Se consideră că agentul de lucru al instalației este freonul R407C și că temperatura apei sărate la intrarea în vaporizator este de 5 °C.

CYCLE SPECIFICATION								
TEMPERATURE LEVELS		PRESSURE LOSSES		SUCTION GAS HEAT EXCHANGER		REFRIGERANT		
T_E [°C]:	-3.0	ΔT_{SH} [K]:	15	Δp_{SL} [K]:	0.5	No SGHX	0.30	R407C
T_C [°C]:	43.0	ΔT_{SC} [K]:	7	Δp_{DL} [K]:	0.5			
CYCLE CAPACITY								
Heating capacity \dot{Q}_C [kW]	5.7	\dot{Q}_E : 4.427 [kW]	\dot{Q}_C : 5.7 [kW]	\dot{m} : 0.02518 [kg/s]	\dot{V}_S : 5.79 [m ³ /h]			
COMPRESSOR PERFORMANCE								
Isentropic efficiency η_{IS} [-]	0.7	η_{IS} : 0.700 [-]	\dot{W} : 1.38 [kW]					
COMPRESSOR HEAT LOSS								
Heat loss factor f_Q [%]	10	f_Q : 10.0 [%]	T_2 : 83.9 [°C]	\dot{Q}_{LOSS} : 0.138 [kW]				
SUCTION LINE								
Unuseful superheat $\Delta T_{SH,SL}$ [K]	1.0	\dot{Q}_{SL} : 24 [W]	T_8 : 13.0 [°C]	$\Delta T_{SH,SL}$: 1.0 [K]				
Calculate	Print	Help	Home	Auxiliary	State Points	COP : 3.208	COP* : 3.225	

Fig.2.2.6 Calculul instalației în CoolPack

În tabelul 5 sunt trecute mărimile caracteristice ale punctelor specifice din ciclul termic ale instalației, citite din diagrama din figura 2.2.7.

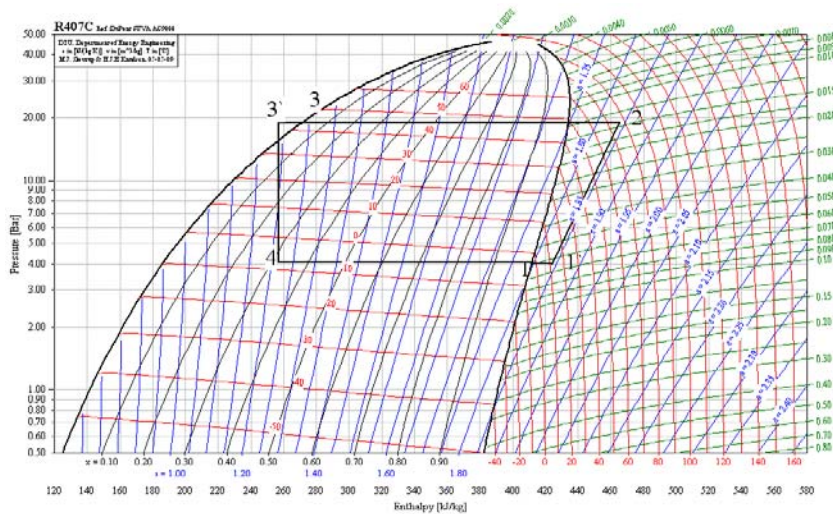


Fig.2.2.7 Diagrama lgp-h a ciclului termic

Tabelul 5 – punctele caracteristice ale ciclului termic al pompei sol - apă

	t	p	h	s	v
	[⁰ C]	[bar]	[kJ/kg]		
1	-3	4.06	411.3	1.8	0.05
1'	12	4.06	424.6	1.84	0.06
2	76.5	18.77	465.3	1.84	0.01
3	43	18.77	270.2	1.23	0.0001
3'	36	18.77	257	1.19	-
4	-7.7	4.06	275	1.2	0.01

În urma calculului efectuat în CoolPack, s-au obținut următoarele rezultate:

- sarcina termică a vaporizatorului: $Q_o = 4.42$ kW

- puterea compresorului: $P_c = 1.38$ kW

- debitul masic de agent frigorific: $\dot{m} = 0.025$ $\left[\frac{kg}{s} \right]$

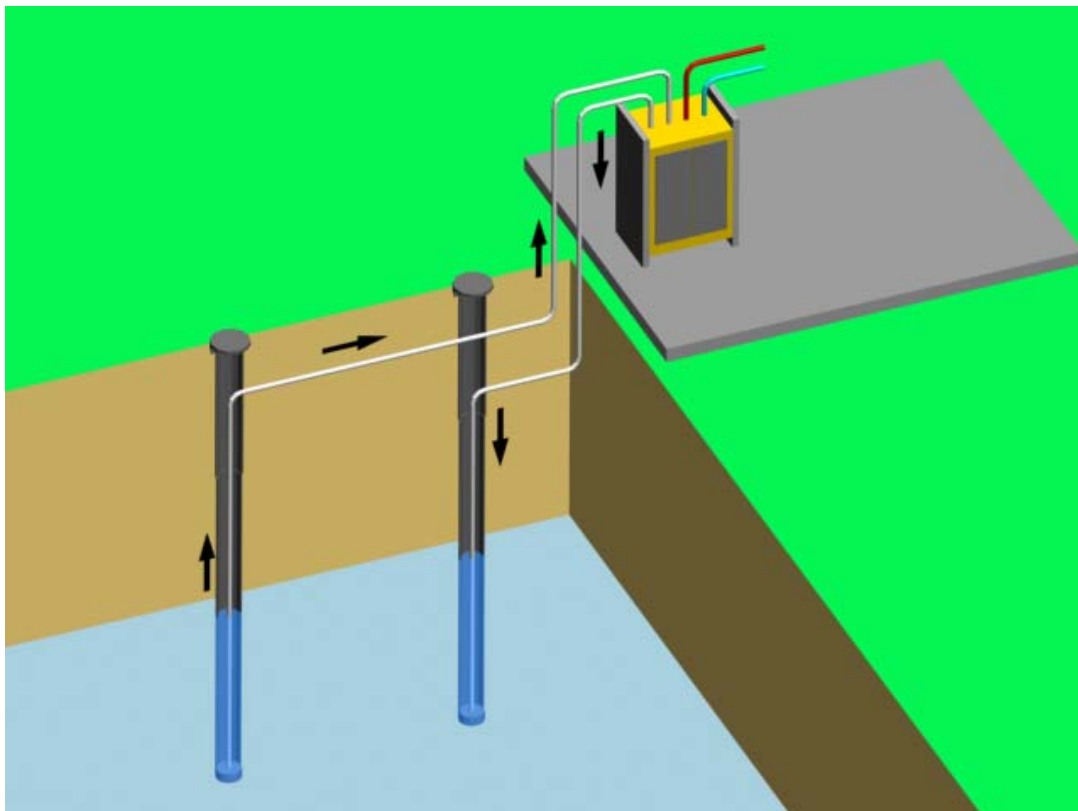
- eficiența termică: COP = 3.22

2.2.3 Pompa de căldură apă – apă

Datorită nivelului de temperatură constant al sursei de căldură, indicele de putere al pompei se menține ridicat de-a lungul întregului an. Din păcate, apa freatică în cantități suficiente în toate zonele și nu are o calitate corespunzătoare. Dar acolo unde condițiile permit, merită să se utilizeze acest sistem.

Pentru utilizarea acestui tip de sursă de căldură trebuie să se realizeze un puț aspirant și un puț absorbant. Extracția și recircularea trebuie să se realizeze în direcția de curgere a apei freatică, pentru a se evita un „scurtcircuit”.

Cu ajutorul unei pompe se transportă apa freatică spre vaporizatorul pompei de căldură. Acolo, căldura apei este transmisă agentului de lucru, care se evaporă. Apa freatică se răcește, în funcție de dimensionare, cu până la 5 °C, dar proprietățile sale nu se modifică. În continuare se transportă din nou spre apa freatică prin intermediul unui puț absorbant.



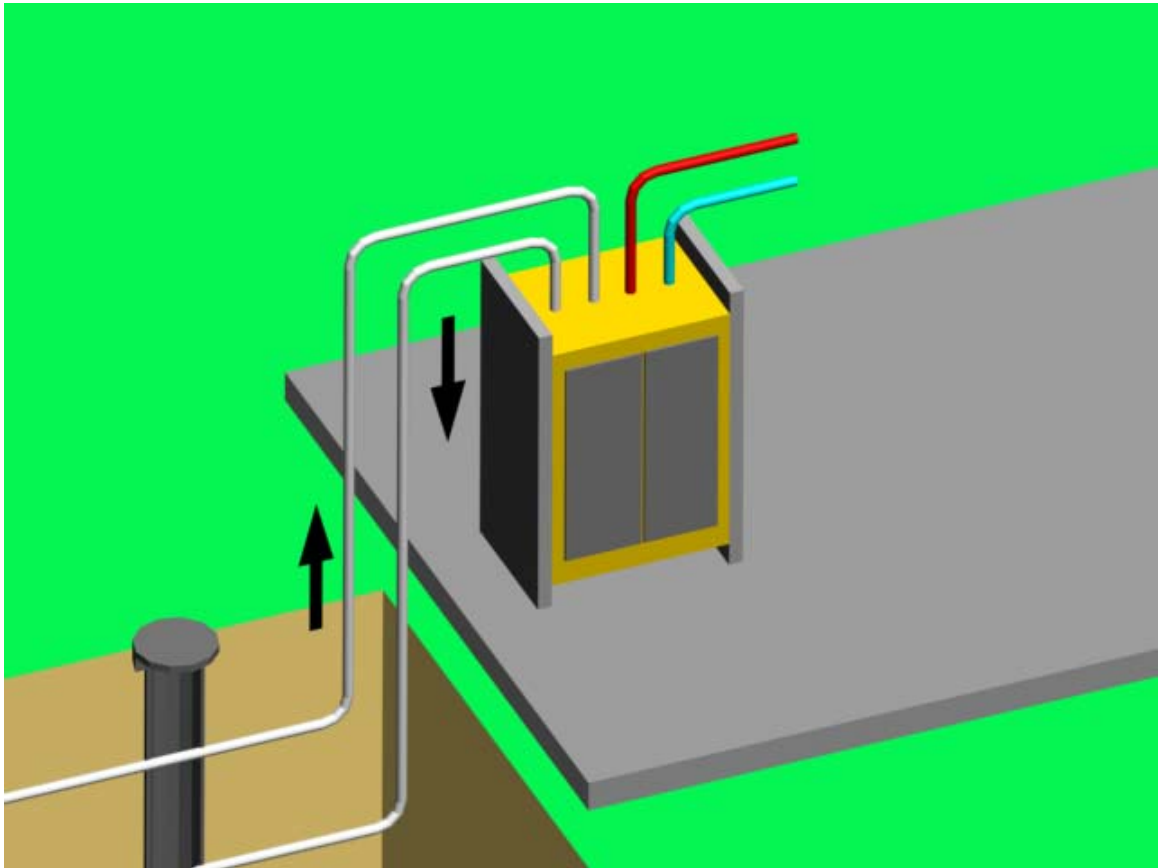
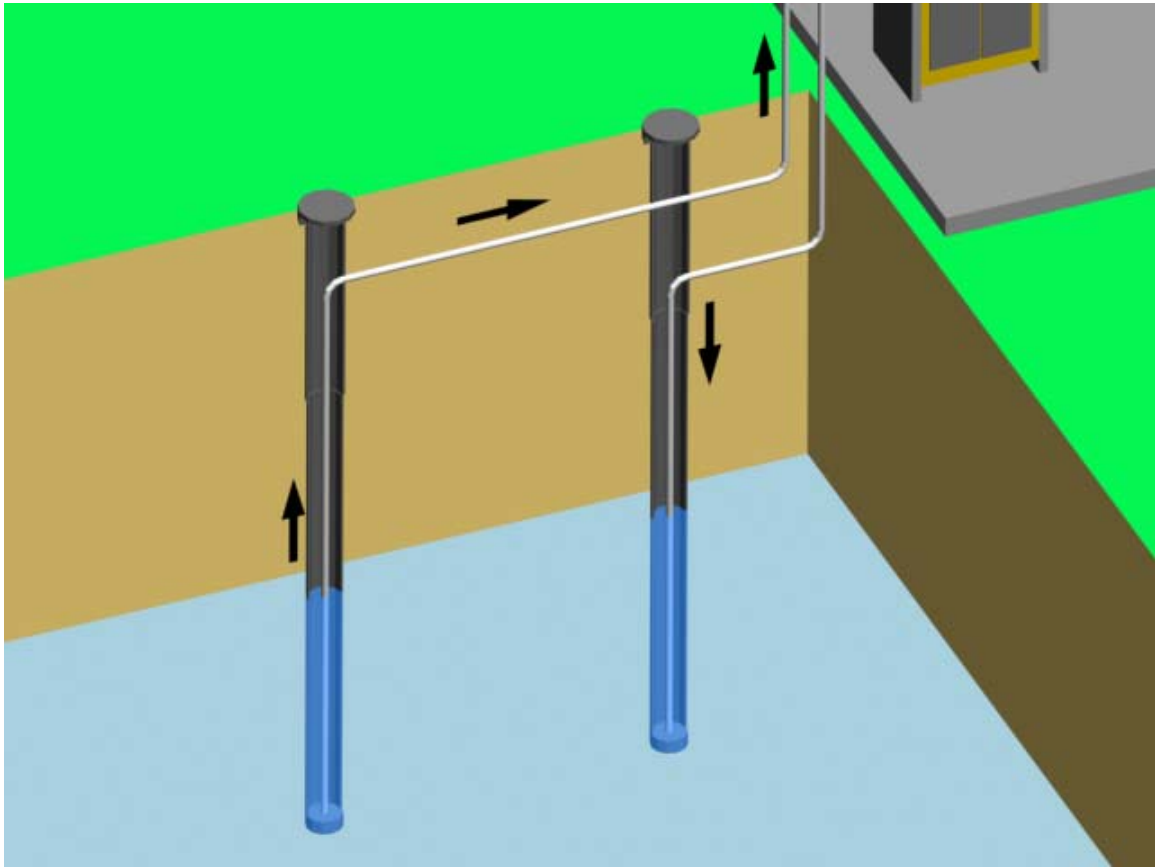


Fig.2.2.8 Pompa de căldură apă - apă

Calculul pompei de căldură apă – apă

În tabelul 6 sunt redate valorile mărimilor caracteristice ale punctelor specifice al ciclului termic.

Tabelul 6 - punctele caracteristice ale ciclului termic al pompei apă - apă

	t	p	h	s	v
	[°C]	[bar]	[kJ/kg]		
1	2	4.8	414.4	1.78	0.048
1'	17	4.8	427.6	1.83	0.052
2	73.2	18.77	461	1.84	0.01
3	43	18.77	270.2	1.23	0.0001
3'	36	18.77	257	1.19	-
4	-7.7	4.8	275	1.2	0.01

CYCLE SPECIFICATION								
TEMPERATURE LEVELS		PRESSURE LOSSES		SUCTION GAS HEAT EXCHANGER		REFRIGERANT		
T _E [°C]:	2.0	ΔT _{SH} [K]:	15	AP _{SL} [K]:	0.5	No SGHX	0.30	R407C
T _C [°C]:	43.0	ΔT _{SC} [K]:	7	AP _{DL} [K]:	0.5			
CYCLE CAPACITY								
Heating capacity Q _C [kW]	5.7	Q _E : 4.566 [kW]	Q _C : 5.7 [kW]	m: 0.02552 [kg/s]	V _S : 4.97 [m ³ /h]			
COMPRESSOR PERFORMANCE								
Isentropic efficiency η _{IS} [-]	0.7	η _{IS} : 0.700 [-]	W: 1.225 [kW]					
COMPRESSOR HEAT LOSS								
Heat loss factor f _Q [%]	10	f _Q : 10.0 [%]	T ₂ : 80.9 [°C]	Q _{LOSS} : 0.1225 [kW]				
SUCTION LINE								
Unuseful superheat ΔT _{SH,SL} [K]	1.0	Q _{SL} : 25 [W]	T ₈ : 18.0 [°C]	ΔT _{SH,SL} : 1.0 [K]				

Calculate	Print	Help	Home	Auxiliary	State Points	COP: 3.727	COP': 3.747
-----------	-------	------	------	-----------	--------------	------------	-------------

Fig.2.2.9 Calculul pompei de căldură apă – apă în CoolPack

În urma calculului efectuat în CoolPack, s-au obținut următoarele rezultate:

- sarcina termică a vaporizatorului: $Q_o = 4.56$ kW

- puterea compresorului: $P_c = 1.22$ kW

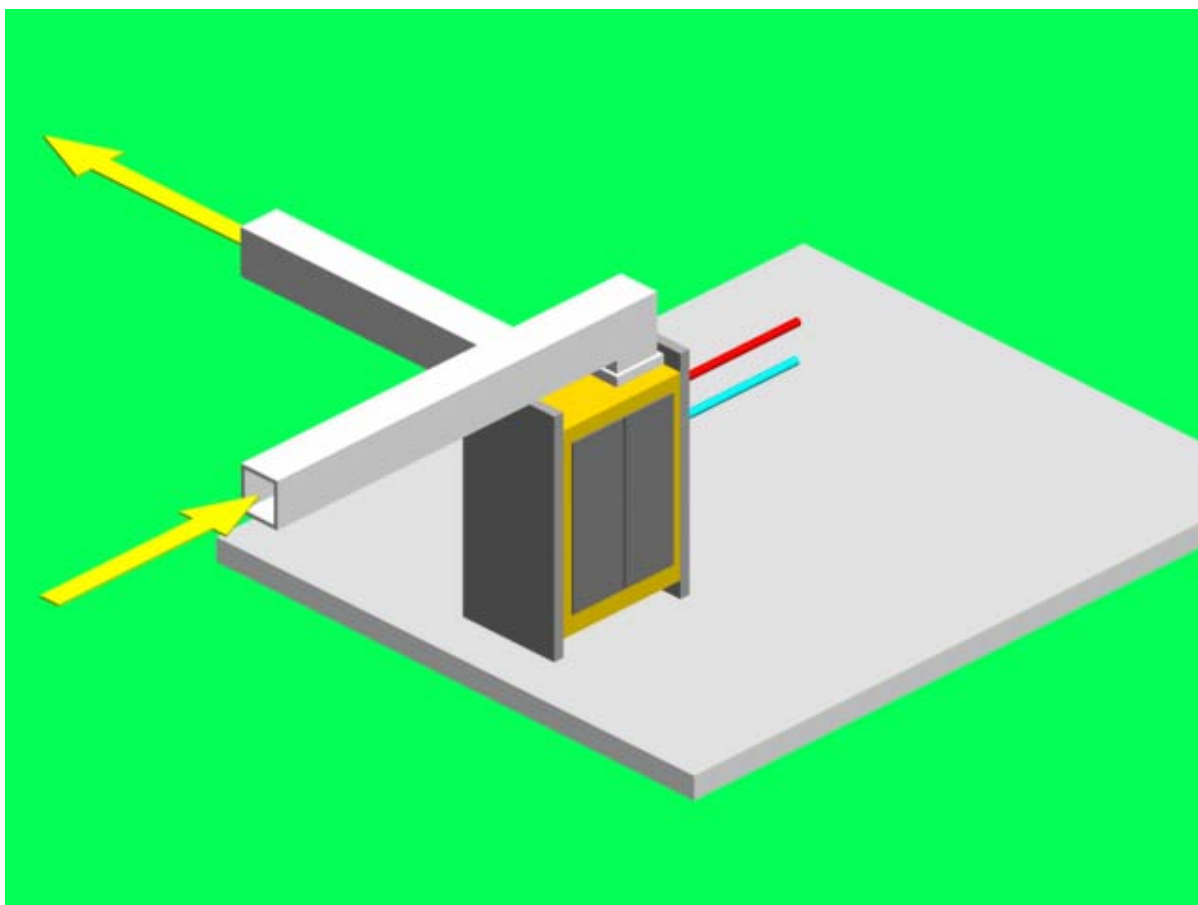
- debitul masic de agent frigorific: $\dot{m} = 0.025$ $\left[\frac{kg}{s} \right]$

- eficiența termică: COP = 3.74

2.2.4. Pompa de căldură aer – apă

Acest tip de pompă utilizează ca sursă de căldură aerul atmosferic. Sursa de căldură aer este foarte ușor de obținut și este disponibilă peste tot în cantități nelimitate. Prin aer se înțelege, în acest context, utilizarea aerului din exterior. Nu se acceptă utilizarea ca sursă de căldură în clădiri de locuit a aerului din interior.

În cazul pompelor de căldură aer – apă, dimensionarea sursei de căldură se stabilește în funcție de tipul constructiv și de dimensiunile aparatului. Cantitatea necesară de aer este dirijată de către un ventilator încorporat în aparat, prin canale de aer, către vaporizator, care extrage căldura din aer.



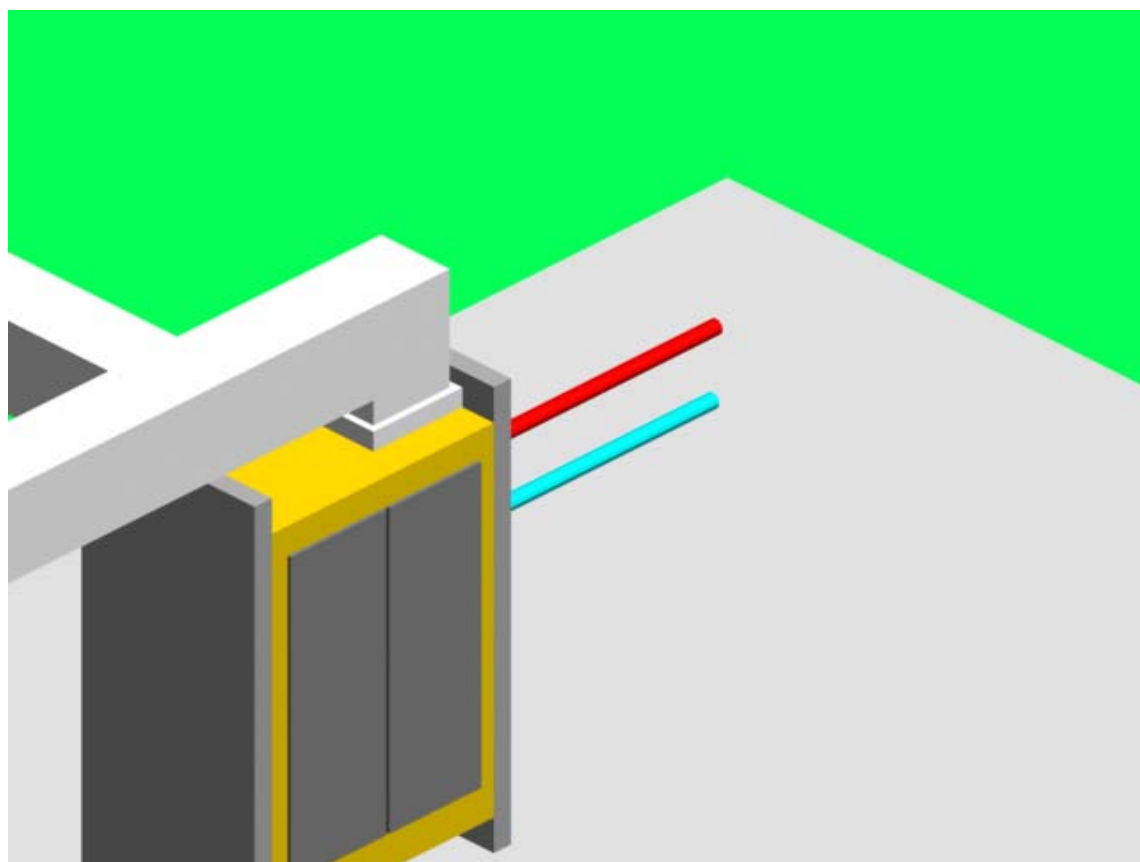
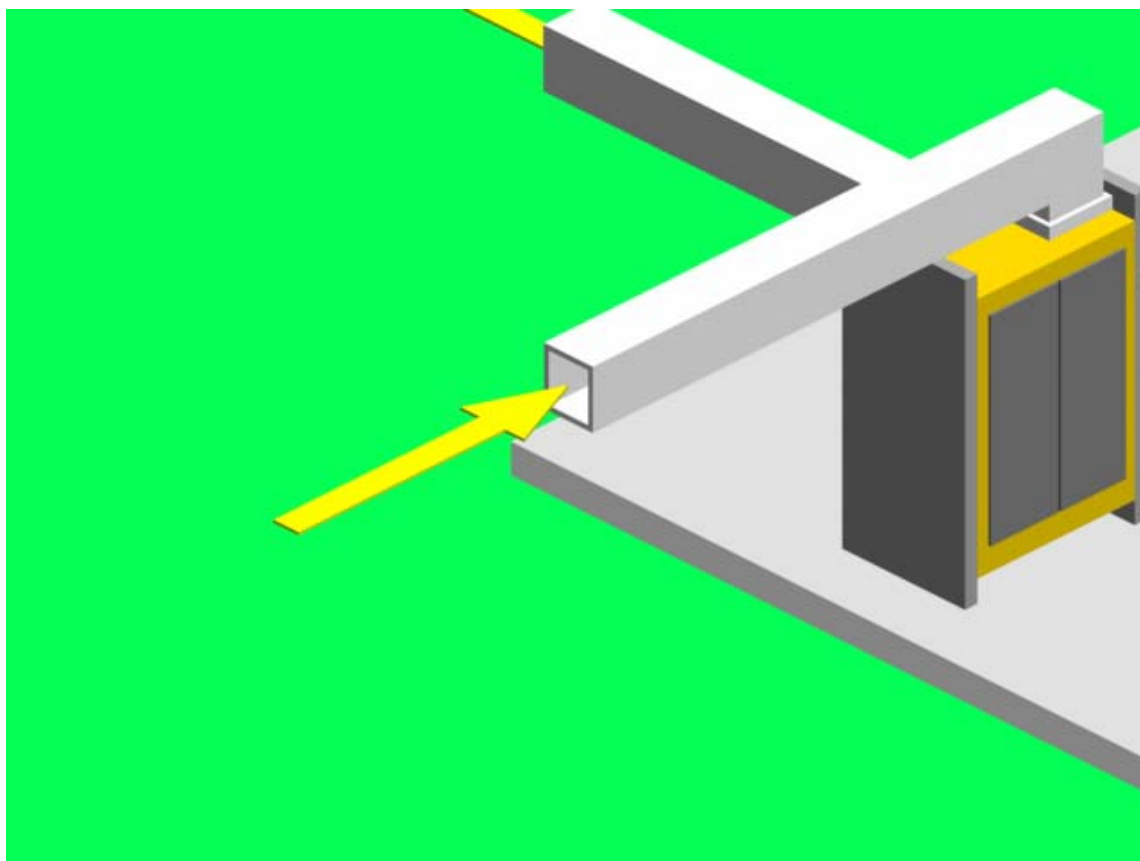


Fig.2.2.10 Pompa de căldură aer - apă

Calculul pompei de căldură aer – apă

Tabelul 7 - punctele caracteristice ale ciclului termic al pompei aer - apă

	t	p	h	s	v
	[°C]	[bar]	[kJ/kg]		
1	12	6.7	419.5	1.77	0.035
1'	27	6.7	433.2	1.82	0.038
2	71.4	18.77	459.7	1.82	0.01
3	43	18.77	270.2	1.23	0.0001
3'	36	18.77	257	1.19	-
4	-7.7	4.8	275	1.2	0.01

CYCLE SPECIFICATION			
TEMPERATURE LEVELS	PRESSURE LOSSES	SUCTION GAS HEAT EXCHANGER	REFRIGERANT
T_E [°C]: 12.0 ΔT_{SH} [K]: 15	Δp_{SL} [K]: 0.5	No SGHX 0.30	R407C
T_C [°C]: 43.0 ΔT_{SC} [K]: 7	Δp_{DL} [K]: 0.5		
CYCLE CAPACITY			
Heating capacity \dot{Q}_C [kW]: 5.7	\dot{Q}_E : 4.837 [kW] \dot{Q}_C : 5.7 [kW]	\dot{m} : 0.02617 [kg/s]	\dot{V}_S : 3.71 [m ³ /h]
COMPRESSOR PERFORMANCE			
Isentropic efficiency η_{is} [-]: 0.7	η_{is} : 0.700 [-]	\dot{W} : 0.9207 [kW]	
COMPRESSOR HEAT LOSS			
Heat loss factor f_Q [%]: 10	f_Q : 10.0 [%]	T_2 : 75.4 [°C]	\dot{Q}_{LOSS} : 0.09207 [kW]
SUCTION LINE			
Unuseful superheat $\Delta T_{SH,SL}$ [K]: 1.0	\dot{Q}_{SL} : 27 [W]	T_B : 28.0 [°C]	$\Delta T_{SH,SL}$: 1.0 [K]

Calculate	Print	Help	Home	Auxiliary	State Points	COP: 5.253	COP': 5.283
-----------	-------	------	------	-----------	--------------	------------	-------------

Fig.2.2.11 Calculul pompei de căldură aer – apă în CoolPack

În urma calculului efectuat în CoolPack, s-au obținut următoarele rezultate:

- sarcina termică a vaporizatorului: $Q_o = 4.83 \text{ kW}$

- puterea compresorului: $P_c = 0.92 \text{ kW}$

- debitul masic de agent frigorific: $\dot{m} = 0.026 \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$

- eficiența termică: $\text{COP} = 5.28$

2.3. Instalații de încălzire utilizând cazane cu combustibil regenerabil

2.3.1 Combustibilul solid regenerabil

Combustibilul solid regenerabil este reprezentat de lemn și de deșeurile lemnoase obținute în urma prelucrării industriale a lemnului. Lemnul este o sursă naturală și aproape inepuizabilă de energie, într-adevăr, este un produs greu regenerabil, dar regenerarea lui este foarte importantă, având în vedere importanța lui. Pe de altă parte deșeurile lemnoase, obținute în urma prelucrării industriale a lemnului, creează o problemă datorită necesității unui spațiu mare de depozitare. Cu toate că cifrele sunt foarte diferite, de la o sursă la alta, se poate aprecia ca în medie cantitatea de deșeuri lemnoase existentă în stocuri, care se constituie ca deșeuri nedestinate valorificării, se ridică în țara noastră la ordinul milioanei de tone. Proveniența acestor deșeuri este diversă.

Cele mai importante surse de masă lemnoasă care pot fi folosite ca și combustibil solid sunt rumegușul, talașul și praful de lemn de la instalațiile industriale de prelucrare a lemnului, crengile, cojile de copac precum și copacii nevalorificați din exploatarea forestieră etc.

Majoritatea deșeurilor lemnoase sunt valorificabile industrial ca materie primă. Este bine cunoscută valorificarea talașului și rumegușului pentru plăci aglomerate sau valorificarea paielor pentru plăci termoizolante. Datorită însă cantității mari de deșeuri și caracterului dispers de producere a lor, valorificarea calitativ superioară industrială este relativ redusă. Se creează astfel depozite foarte mari de deșeuri supuse biodegradării, care prezintă un pericol ecologic datorită interacțiunii biologice și chimice cu mediul.

În ultimul timp, în țările cu dezvoltare industrială modernă, prelucrarea și tratarea ecologică a deșeurilor lemnoase, în scopuri energetice, se face pe scară largă, dar, din păcate la noi în țară încă acest domeniu este foarte puțin utilizat. Masa lemnoasă are o putere calorică ridicată și folosirea ei drept combustibil este foarte avantajoasă. Există posibilitatea, în special pentru rumeguș, de a-l arde direct în focare special destinate unui astfel de combustibil. Cum se

va arăta însă, greutatea în vrac este foarte mică pentru deșeurile brut, iar transportul și chiar arderea lui sunt dificile.

Pentru a aduce deșeurile la o formă valorificabilă, superioră energetic, este indicată o prelucrare mecanică prin brichetare sau peletizare. Rumeșul se poate prelucra mecanic dacă umiditatea materialului nu depășește anumite limite, de ordinul 12% pentru peletizare și 18% pentru brichetare. Deșeurile lemnoase cu dimensiuni mai mari, crengi, paie, joarde etc, pot fi tocate mecanic în mașini rotative de desichetat care, cu un consum foarte mic de energie, le aduce la dimensiunea necesară prelucrării finale.

Brichetarea lucrează pe principiul preseii prin împingere cu piston, cu acționare cu bielă manivelă și volant, cu masă mare sau cu acționare hidraulică. Materialul este adus în presă cu un melc transportor și se precomprimă într-un sistem conic. În această fază materialul poate fi încălzit sau răcit, în funcție de rețeta tehnologică. Brichetele sunt presate din așchii de lemn netratate și pot fi utilizate în orice fel de arzătoare de lemn, de la sobele de teracotă, la focuri deschise. În funcție de volumul lor, brichetele au o putere calorică mare și permit o încălzire eficientă. Așchiile sunt supuse unor presiuni mari și astfel comprimate fără a utiliza aditivi. Umiditatea brichetelor astfel rezultate este mai mică de 10 %.

Folosirea unei soluții de încălzire bazată pe peleți oferă un grad de automatizare mult mai performant decât o soluție de încălzire bazată pe rumeș, lemne sau brichete, precum și o creștere a autonomiei instalației demnă de luat în considerare.

Peletizarea este o presare a materialului la dimensiuni mult mai mici și cu densitate mai mare. Tehnologia peletizării inițial s-a dezvoltat în industria nutrețurilor animale, apoi s-a extins la tehnologia de prelucrare a deșeurilor. Prin peletizare se obțin următoarele avantaje:

- micșorarea spațiului de depozitare de cca. 10 ori;
- îmbunătățirea condițiilor de curgere a materialului granulat și a posibilității de dozare;
- eliminarea formării de bolți (blocaje de curgere) în silozuri sau instalații de transport;
- mărirea densității energetice volumice, exprimată în kcal/m³ de masă solidă combustibilă.

Încălzirea cu peleți este total ecologică și perfectă pentru îndeplinirea cerințelor de încălzire rezidențială în totalitate prin sistemul însuși ori în combinație cu alte sisteme ce folosesc surse regenerative fără dezavantajele de ordin ecologic care ar putea decurge de aici.

Ca și confort sau ușurință de utilizare, peleții satisfac aceleași cerințe ca și gazul metan sau produsele petroliere. Peleții sunt descărcați într-un buncăr precum gazul metan, fără praf și complet automat.

2.3.2. Funcționarea unui cazan cu combustibil solid

Funcționarea acestui sistem de încălzire se bazează pe schimbul de căldură dintre gazele rezultate în urma arderii combustibilului și agentul termic circulat prin cazan. În focarul cazanului este ars combustibilul solid. În urma arderii rezultă gaze, care sunt trecute prin canale de gaze. Aceste canale sunt înconjurate de agentul termic. La trecerea gazelor prin canale, agentul termic preia căldura gazelor și se încălzește.

În figura 2.3.1 este prezentat un sistem de ardere a combustibilului solid.



Fig. 2.3.1 Cazan cu combustibil solid

2.3.3 Calculul consumului de combustibil al cazanului

Următorul calcul se va face pentru determinarea debitului de combustibil, pentru fiecare tip de combustibil în parte: peleți, brichete, lemn.

Debitul de combustibil D_c determină cu relația:

$$D_c = \frac{\dot{Q}}{P_{cal}} \left[\frac{kg}{s} \right] \quad (2.3.3.1)$$

în care P_{cal} – puterea calorică a combustibilului

Determinarea debitului de peleți:

Puterea calorică a peleiilor este $P_{calpel}=18421.92 \frac{kJ}{kg}$

$$D_{cpel} = 1.11 \frac{kg}{h} = 3.083 \cdot 10^{-4} \frac{kg}{s}$$

Determinarea debitului de brichete (fag):

Puterea calorică a brichetelor $P_{calpel}=18601.9 \frac{kJ}{kg}$

$$D_{cbri} = 1.1 \frac{kg}{h} = 3.05 \cdot 10^{-4} \frac{kg}{s}$$

Determinarea debitului de lemn (fag):

Puterea calorică a $P_{callemn}=14653.8 \frac{kJ}{kg}$

$$D_{cbri} = 1.4 \frac{kg}{h} = 3.88 \cdot 10^{-4} \frac{kg}{s}$$

3. Analiza tehnico – economică a costurilor de exploatare

În vederea alegerii unei instalații de încălzire dintre cele prezentate în acest proiect, se va efectua un calcul tehnico – economic între aceste soluții. Calculul cuprinde determinarea costului de exploatare pentru fiecare instalație în parte și o analiză comparativă pe baza căreia se va putea alege varianta optimă a instalației de încălzire.

Instalația de încălzire cu captatori solari

Costul de exploatare al acestui tip de instalație este nul, din cauză că sistemul nu consumă altă formă de energie în afară de cea solară. În componența sistemului există o pompă, care consumă energie electrică, folosită pentru circulația agentului termic prin instalație, dar se consideră că ea consumă o cantitate de energie scăzută și va fi exclusă din calcul. La fel și în cazul celorlalte instalații, în care, deasemenea există pompe de circulație, consumul lor nu se va lua în calcul.

În consecință, instalația cu captatori solari va reprezenta soluția optimă pentru încălzirea apei din piscină. Pentru cazul în care această instalație nu poate funcționa (radiație solară redusă), se recurge la alegerea unui sistem de încălzire bivalent. Adică, instalația cu captatori solari va fi cuplată cu un alt sistem de încălzire dintre cele prezentate în acest proiect.

O altă ipoteză de la care pornește acest calcul este că instalațiile funcționează la un regim de lucru continuu.

3.1 Calculul costului de exploatare al instalațiilor de încălzire

Instalația de încălzire utilizând pompe de căldură

În cadrul acestor sisteme consumul de energie este reprezentat de consumul de energie electrică al compresorului instalației.

a) Pompa de căldură sol - apă

Puterea compresorului $P_c = 1.38 \text{ kW}$

În tabelul 8 sunt trecute valorile costului de exploatare pentru acest sistem de încălzire, raportat la intervale de timp de o oră, o zi și o lună

Tabelul 8 - analiza economică a pompei sol - apă

Tipul instalației	Putere consumată	Consum de energie	Pretul energiei	Costul de exploatare
Sol-apa	[kW]	[kWh]	[lei/kWh]	[lei]
pe ora	1.38	1.38	4120	5685.6
	[kW]	[kWh]	[lei/kWh]	[lei]
pe zi	1.38	33.12	4120	136454.4
	[kW]	[kWh]	[lei/kWh]	[mil. lei]
pe luna	1.38	993.6	4120	4.093632

b) Pompa de căldură apă – apă

Puterea compresorului $P_c=1.22$ kW

Tabelul 9 - analiza economică a pompei apă - apă

Tipul instalației	Putere consumată	Consum de energie	Pretul energiei	Costul de exploatare
Apă - apă	[kW]	[kWh]	[lei/kWh]	[lei]
pe ora	1.22	1.22	4120	5026.4
	[kW]	[kWh]	[lei/kWh]	[lei]
pe zi	1.22	29.28	4120	120633.6
	[kW]	[kWh]	[lei/kWh]	[mil. lei]
pe luna	1.22	878.4	4120	3.619008

c) Pompa de căldură aer – apă

Puterea compresorului $P_c=0.92$ kW

Tabelul 10 - analiza economică a pompei aer - apă

Tipul instalației	Putere consumată	Consum de energie	Pretul energiei	Costul de exploatare
Aer -apa	[kW]	[kWh]	[lei/kWh]	[lei]
pe ora	0.92	0.92	4120	3790.4
	[kW]	[kWh]	[lei/kWh]	[lei]
pe zi	0.92	22.08	4120	90969.6
	[kW]	[kWh]	[lei/kWh]	[mil. lei]
pe luna	0.92	662.4	4120	2.729088

d) Cazan pe peleți

Tabelul 11 - analiza economică a cazanului pe peleți

Tipul instalației	Putere consumată	Consum de energie	Putere calorică a comb.	Debit de combustibil	Pretul combustibilului	Costul de exploatare
Cazan pe peleți	[kW]	[kJ/h]	[kJ/kg]	[kg/h]	[lei/kg]	[lei]
pe ora	5.7	20520	18421.92	1.1138904	3800	4232.7836
	[kW]	[kJ/zi]	[kJ/kg]	[kg/zi]	[lei/kg]	[lei]
pe zi	136.8	492480	18421.92	26.73337	3800	101586.81
	[kW]	[kJ/lună]	[kJ/kg]	[t/luna]	[mil/t]	[mil]
pe luna	4104	14774400	18421.92	0.8020011	3.8	3.0476042

e) Cazan pe brichete

Tabelul 12 - analiza economică a cazanului pe brichete

Tipul instalației	Putere consumată	Consum de energie	Putere calorică a comb.	Debit de combustibil	Pretul combustibilului	Costul de exploatare
Cazane pe brichete	[kW]	[kJ/h]	[kJ/kg]	[kg/h]	[lei/kg]	[lei]
pe ora	5.7	20520	18601.9	1.1031131	2600	2868.0941
	[kW]	[kJ/zi]	[kJ/kg]	[kg/zi]	[lei/kg]	[lei]
pe zi	136.8	492480	18601.9	26.474715	2600	68834.259
	[kW]	[kJ/luna]	[kJ/kg]	[t/luna]	[mil/t]	[mil. lei]
pe luna	4104	14774400	18601.9	0.7942414	2.6	2.0650278

f) Cazan pe lemne

Tabelul 13 - analiza economică cazanului pe lemne

Tipul instalației	Putere consumată	Consum de energie	Putere calorică a comb.	Debit de combustibil	Pretul combustibilului	Costul de exploatare
Cazan pe lemne	[kW]	[kJ/h]	[kJ/kg]	[kg/h]	[lei/kg]	[lei]
pe ora	5.7	20520	14653.8	1.4003194	900	1260.2874
	[kW]	[kJ/zi]	[kJ/kg]	[kg/zi]	[lei/kg]	[lei]
pe zi	136.8	492480	14653.8	33.607665	900	30246.898
	[kW]	[kJ/luna]	[kJ/kg]	[t/luna]	[mil/t]	[mil. lei]
pe luna	4104	14774400	14653.8	1.0082299	0.9	0.907407

3.2. Analiza comparativă a costurilor de exploatare a instalațiilor

În tabelul 14 sunt trecute valorile costurilor de exploatare pentru instalațiile de încălzire considerate, iar în diagrama comparativă din figura 3.1 se poate observa care este cea mai bună soluție tehnică.

Tabelul 14

Tipul instalației	Costul de exploatare
	[mil. lei]
sol-apă	4.09
aer-apă	3.61
apa-apă	2.72
peleti	3.04
brichete	2.06
lemne	0.90

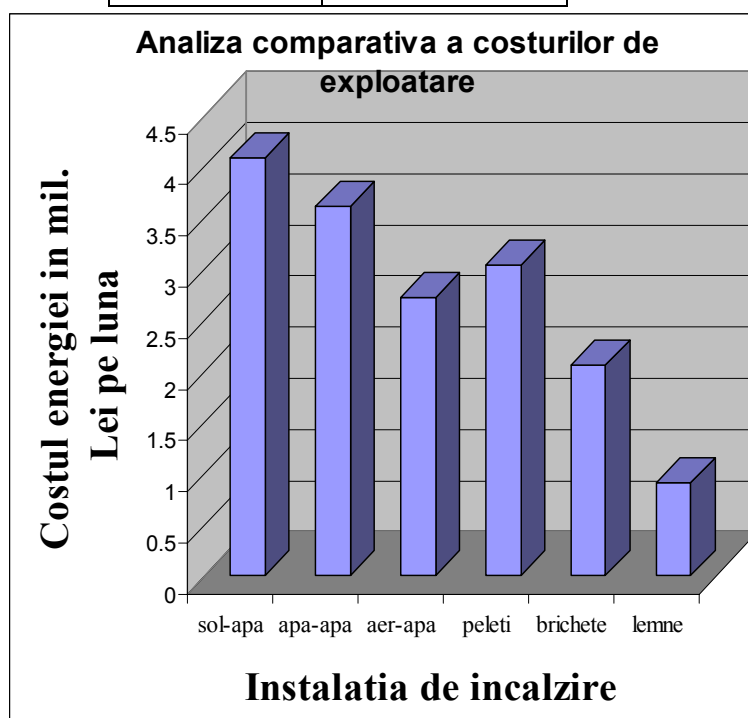


Fig. 3.1 Analiza costurilor de exploatare

Din diagramă se poate vedea că instalația cu cel mai redus cost de exploatare este cazanul pe lemne. Ar fi logic să se aleagă această soluție, dar din cauză că acest cazan nu se poate automatiza, nu este alegere optimă pentru sistemul de încălzire al apei din piscină. Următoarea soluție este cazanul pe brichete, dar și în această situație apare dezavantajul automatizării. Prin urmare nici această instalație nu poate fi aleasă.

Soluția optimă care împreună cu captatorii solari, poate asigura încălzirea apei din piscină la un preț de exploatare relativ redus o reprezintă pompa de căldură aer – apă. Cele două instalații vor forma un sistem de încălzire bivalent.

4. Calculul instalației de încălzire

În urma efectuării calculului necesare proiectării instalației de încălzire a apei din piscină s-a ajuns la concluzia că această instalație este un sistem bivalent care are în componență o instalație cu captatori solari și o pompă de căldură aer – apă. Aceste instalații vor fi conectate la sistemul de recirculare al apei din piscină prin intermediul unei boiler în care se va produce schimbul de căldură între agentul termic și apa din piscină. În figura 4.1 este prezentat principial sistemul ales.

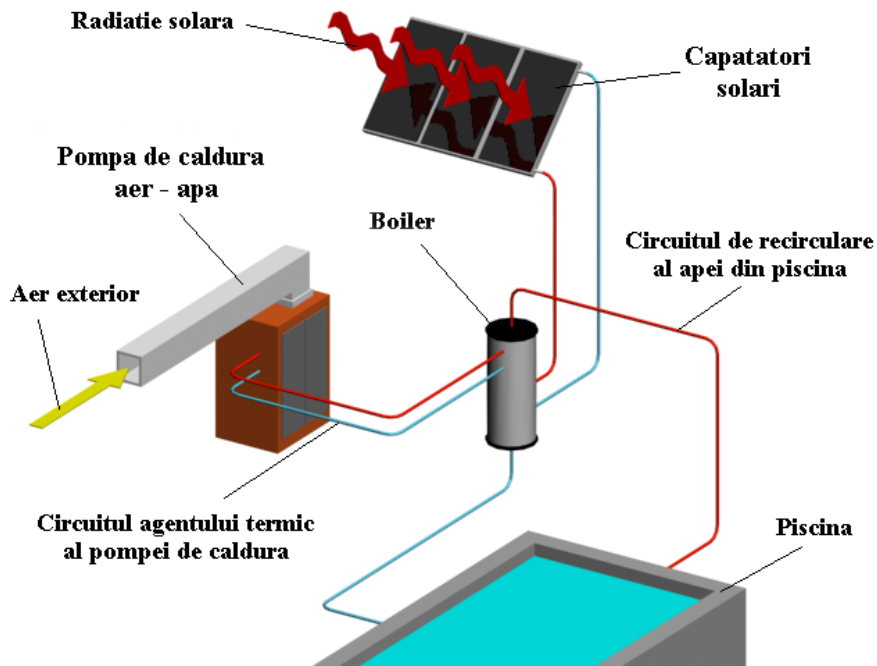


Fig.4.1 Sistemul de încălzire a apei din piscină

În continuare se va efectua un calcul de alegere al componentelor sistemului.

4.1. Calculul de alegere al captatorilor solari

Pentru instalația cu captatori solari se pot utiliza captatorii plani produși de firma Viessmann, modelul Vitosol 100 s 2.5 (figura 4.2). Acești colectori sunt construiți special pentru montaj pe acoperișuri înclinate și au o suprafață de captare de 2.5 m².



Fig.4.2 Captatorul plan Vitosol 100 s2.5

Determinarea numărului de colectori se face cu relația (4.1.1), care reprezintă raportul dintre suprafața de captare calculată și suprafața de captare a collectorului;

$$Z = \frac{S_c}{2.5} \quad (4.1.1)$$

$$Z=3.2$$

Se aleg 4 colectori.

4.2 Calculul necesarului de căldură pentru preparare apă caldă menajeră pe timp de vară

Având în vedere că panourile solare vor funcționa în mare parte doar primavara și toamna, se trage concluzia că investiția făcută nu se justifică. Din acest motiv, pe timp de vară, ele vor prepara apă caldă menajeră.

.....

Se observă că puterea realizată de captatori este mult mai mare decât necesarul de căldură pentru prepararea apei calde menajere. În concluzie, pe timp de vară instalația cu captatori solari va putea fi utilizată pentru prepararea apei calde menajere.

4.3. Calculul de alegere al pompei de căldură aer - apă

Pentru această instalație poate fi utilizată o pompă de căldură aer – apă produsă de firma Viessmann, modelul Vitocal 300 AW (figura 4.3), care are ca date de catalog următoarele caracteristici:

- temperatura aerului în vaporizator $t_a=2\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- temperatura de intrare a agentului termic în condensator $t_{age}=35\text{ }^{\circ}\text{C}$
- sarcina termică a condensatorului $Q_k=5.4\text{ kW}$



Fig.4.3 Pompa de căldură Vitocal 300 AW

Pentru această pompă se calculează ciclul termic pentru a determina dacă poate să asigure condițiile de funcționare impuse pentru acest sistem.

.....

Tabelul 15 – punctele caracteristice ale ciclului termic al pompei de catalog

	t	p	h	s	v
	[⁰ C]	[bar]	[kJ/kg]		
1	-13	2.8	405.7	1.8	0.08
1'	2	2.8	418	1.85	0.088
2	80.2	18.77	469.4	1.85	0.01
3	43	18.77	270.2	1.23	0.0001
3'	36	18.77	257	1.19	-
4	-7.7	2.8	275	1.2	0.01

.....

5. Automatizarea instalației de încălzire

Sistemul de automatizare al instalației de încălzire are rolul de a menține temperatura apei din piscină și a apei calde menajere la o valoare constantă.

În cea mai mare parte a timpului, instalația care va asigura necesarul de căldură, va fi instalația cu captatori solari. În mod normal, această instalație va funcționa doar în cazul în care există radiație solară suficientă (cer senin). Pornirea și oprirea instalației va fi comandată de o fotocelulă care sesizează prezența sau lipsa radiației solare: dacă există radiație solară suficientă, fotocelula va porni pompa de circulație a instalației cu panouri solare, iar în cazul apariției norilor (radiație solară redusă), fotocelula va opri această pompă.

Întregul sistem de automatizare se va raporta la temperatura apei din boiler, care trebuie să aibă valoarea constantă de 25 ⁰C. Această valoare precum și variația ei va fi sesizată de un termostat montat în boiler. Dacă temperatura apei din boiler are valoarea de 24.5 ⁰C, instalația funcționează, iar dacă valoarea acestei temperaturi este de 25.5 ⁰C, instalația se va opri.

Funcționarea instalației cu captatori solari:

- când temperatura apei din boiler este de 25.5 ⁰C, termostatul comandă pornirea pompei de recirculare a apei din piscină și a pompei instalației cu captatori;

- când temperatura apei din boiler atinge valoarea de 26.5 ⁰C, termostatul comandă oprirea celor două pompe.

Funcționarea pompei de căldură

Pompa de căldură poate porni doar în cazul în care radiația solară este redusă, adică fotocelula deschide circuitul de alimentare cu curent electric al compresorului, al pompei de circulare a agentului termic al pompei de căldură și al ventilatorului.

- când temperatura apei din boiler atinge valoarea de 26.5°C , termostatul comandă închiderea ventilului electromagnetic. Compresorul aspiră din vaporizatorul nealimentat cu lichid și presostatul de joasă presiune sesizează scăderea presiunii de vaporizare și oprește compresorul, pompa de circulație și ventilatorul. Funcționarea pompei de căldură se întrerupe.

- când temperatura apei din boiler scade până la valoarea de 24.5°C , termostatul comandă deschiderea ventilului electromagnetic, vaporizatorul se alimentează cu lichid, iar presiunea de vaporizare crește. Presostatul de joasă presiune sesizează acest lucru și pornește compresorul, pompa de circulație și ventilatorul.

În figura 5.1 este prezentată schema sistemului de automatizare aferent sistemului de încălzire.

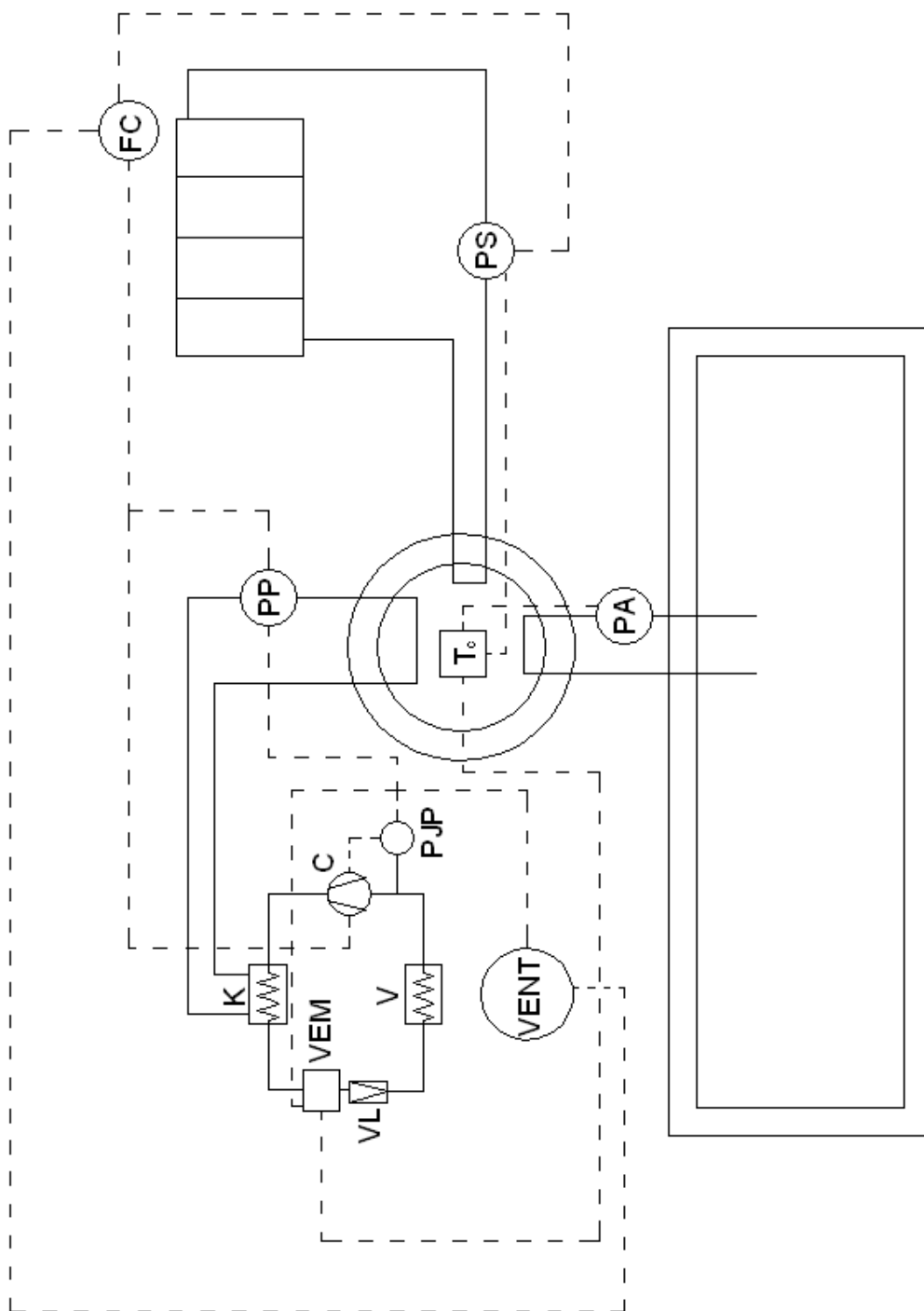


Fig. 5.1 Schema de automatizare a sistemului de încălzire

VEM – ventil electromagnetic; PJP – presostat de joasă presiune; T_c – termostat;
 PA – pompa de recirculare a apei din piscină; PS – pompa de circulație a agentului termic din instalația cu capatatori solari; PP – pompa de circulație a agentului termic din pompa de căldură;
 FC – fotocelulă; VENT – ventilatorul pompei de căldură

6. Tema tehnologică

Tehnologia de fabricație este realizată pentru dopul de golire al boilerului. Acest dop este montat în partea inferioară a boilerului, în punctul cel mai de jos, pentru ca apa să poată fi evacuată în totalitate. Asamblarea se realizează prin filetare. În figura 6.1 este prezentat acest dop.

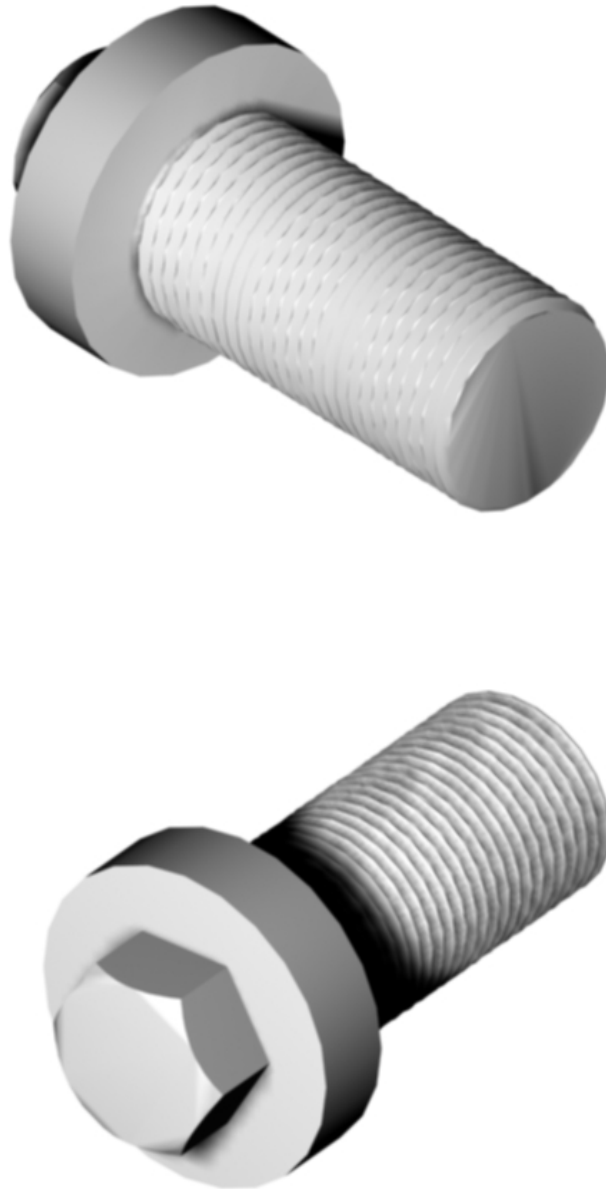


Fig. 6.1 Dopul de golire

Itinerariul de fabricație și fișa tehnologică sunt prezentate în anexele proiectului.

7. Norme specifice de securitate a muncii pentru lucrări de instalații de încălzire

Pentru executarea lucrărilor efectuate în vederea realizării instalației termice aferente locuinței unifamiliale considerate este necesară respectarea normelor specifice de securitate a muncii pentru lucrări de instalații de încălzire, care sunt obligatorii pentru toate activitățile cu acest profil. Aceste norme specifice sunt prevăzute de Legea nr. 5 din 1965 și au fost modificate prin Decretul nr. 48 din 1969. Hotărârea Guvernului României nr. 448 din 1994 privind organizarea și funcționarea Ministerului Muncii și Protecției Sociale a primit Avizul Consiliului tehnico-economic nr. 214 din 28 noiembrie 1995.

Normele specifice de securitate a muncii sunt reglementări cu aplicabilitate națională, care cuprind prevederi minimum obligatorii pentru desfășurarea principalelor activități din economia națională în condiții de securitate a muncii. Respectarea conținutului acestor reglementări nu absolvă agenții economici de răspundere pentru prevederea, stabilirea și aplicarea oricăror alte măsuri de securitate a muncii, adecvate condițiilor concrete de desfășurare a activităților respective.

Reglementarea măsurilor de securitate a muncii în cadrul normelor specifice de securitate a muncii, vizând global desfășurarea uneia sau mai multor activități în condiții de securitate, se realizează prin tratarea tuturor aspectelor de securitate a muncii la nivelul fiecărui element al sistemului.

Prevederile sistemului național de reglementări normative pentru realizarea securității muncii constituie alături de celelalte reglementări juridice referitoare la sănătatea și securitatea în muncă, baza pentru activitatea de concepție și proiectare a echipamentelor de muncă și tehnologiilor, autorizarea funcționării unităților, instruirea salariaților cu privire la securitatea muncii, cercetarea accidentelor de muncă și stabilirea cauzelor și responsabilităților, controlul și autocontrolul de protecție a muncii precum și fundamentarea programului de protecție a muncii.

Normele specifice de securitate a muncii pentru lucrări de instalații încălzire se aplică cumulativ cu Normele generale de protecție a muncii. Prezentele norme specifice se vor revizui periodic și vor fi modificate ori de câte ori este necesar, ca urmare a schimbărilor de natură legislativă survenite la nivel național, a introducerii de tehnologii noi sau ori de câte ori este cazul.

Prevederile normelor specifice de securitate a muncii pentru lucrările de instalații de încălzire se referă la modul în care se desfășoară angajarea și repartizarea lucrătorilor, dotarea cu echipamente individuale de protecție, protecția împotriva incendiilor și exploziilor, organizarea locurilor de muncă, iluminat, ventilație, accesul în spații foarte periculoase,

manipularea, transportul și depozitarea materialelor, efectuarea săpăturilor și a lucrărilor la înălțime. Prevederile de proiectare privind lucrările de instalații de încălzire se referă la realizarea armăturilor și la modul de utilizare a aparatelor de măsură și control.

Acest proiect a fost realizat în conformitate cu prevederile de proiectare privind lucrările de instalații de încălzire, iar în această ordine de idei s-a avut în vedere asigurarea condițiilor de securitate a muncii, iar soluția tehnică adoptată asigură pe deplin aceste condiții.

7. Prezentarea instalației proiectate



Fig 7.1 Amplasamentul piscinei

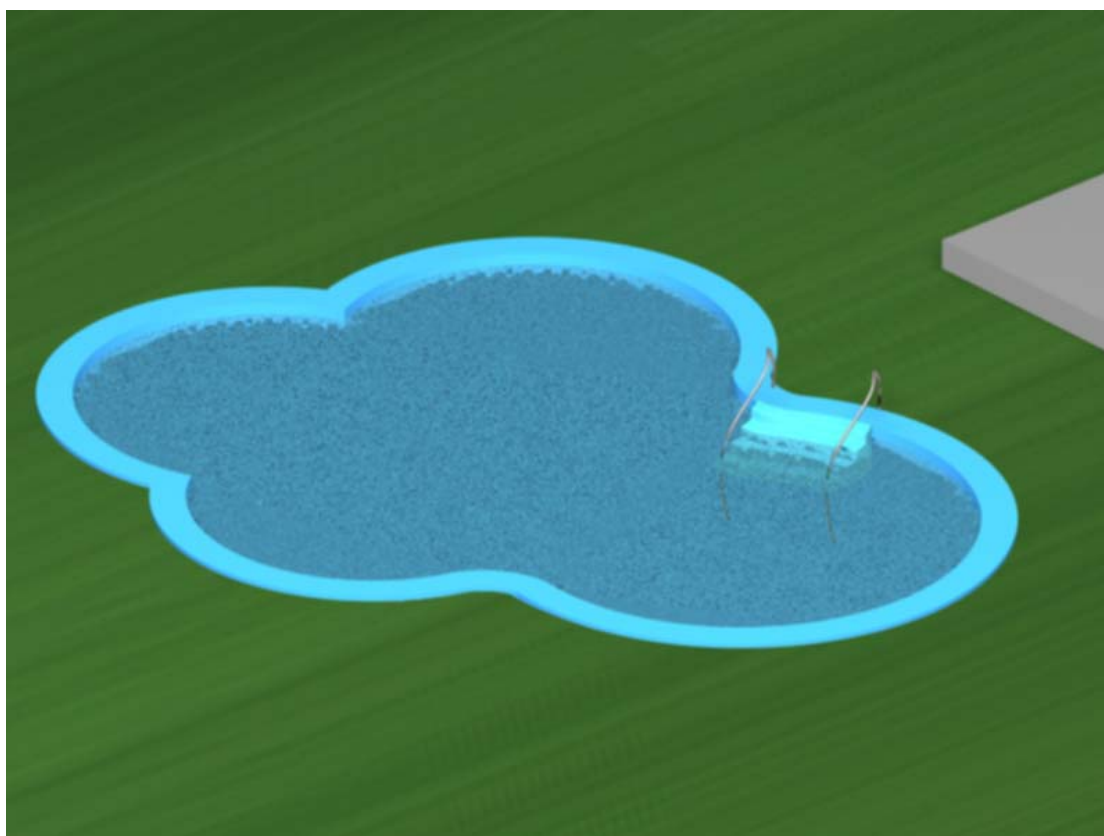


Fig 7.2 Piscina



Fig 7.3 Spațiul tehnic în care este amplasat sistemul de încălzire

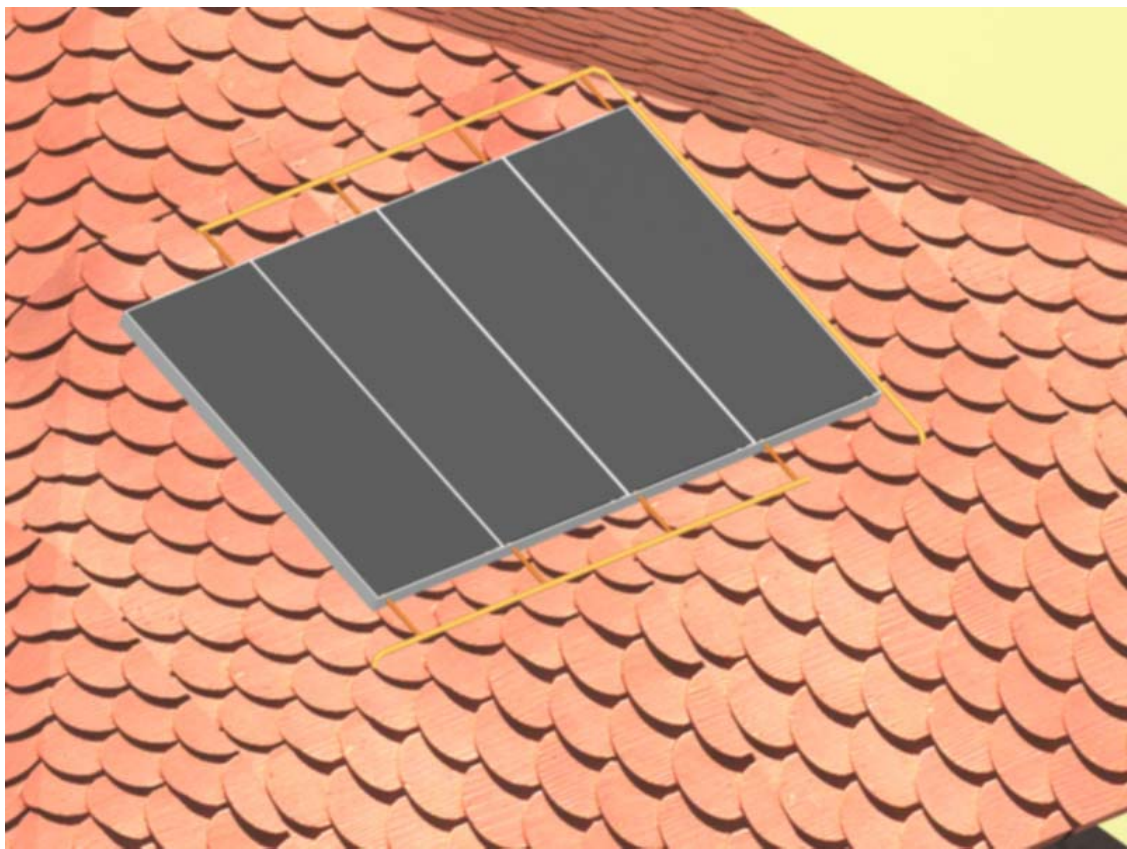


Fig 7.4 Captatorii solari montați pe acoperiș

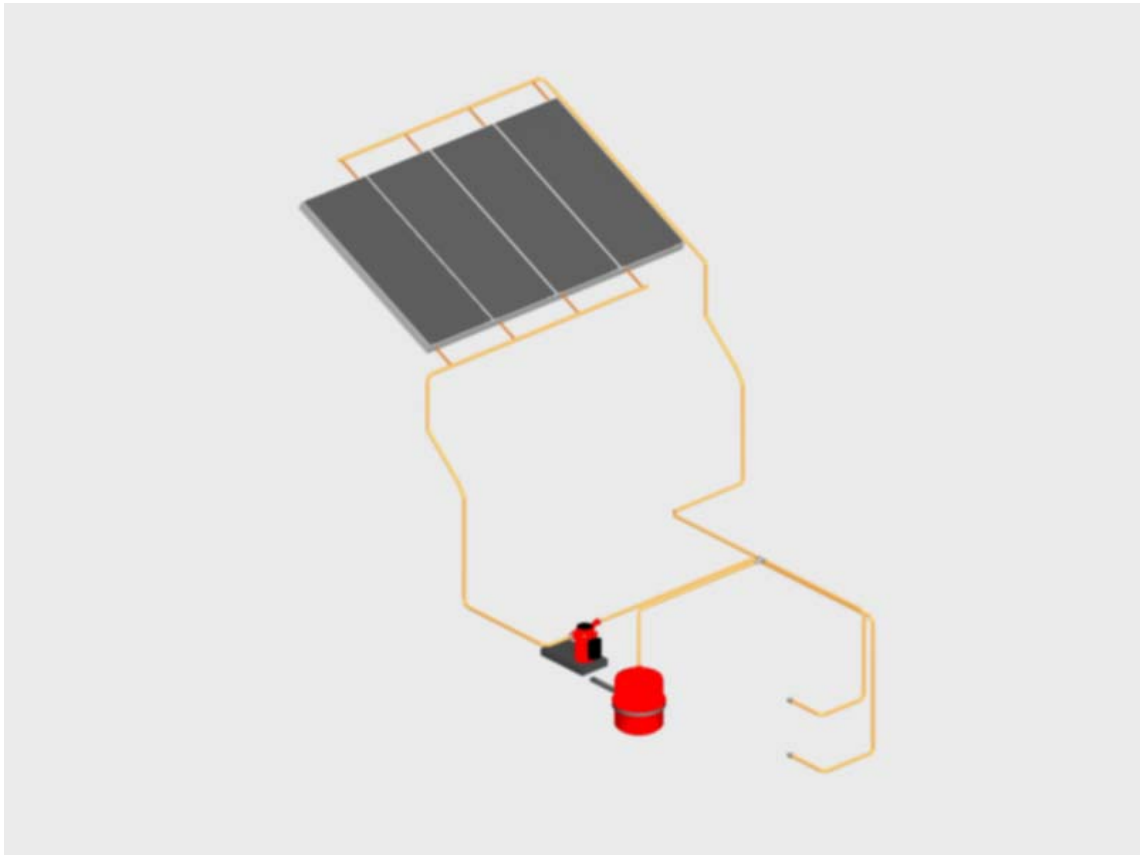


Fig 7.5 Instalația cu captatori solari

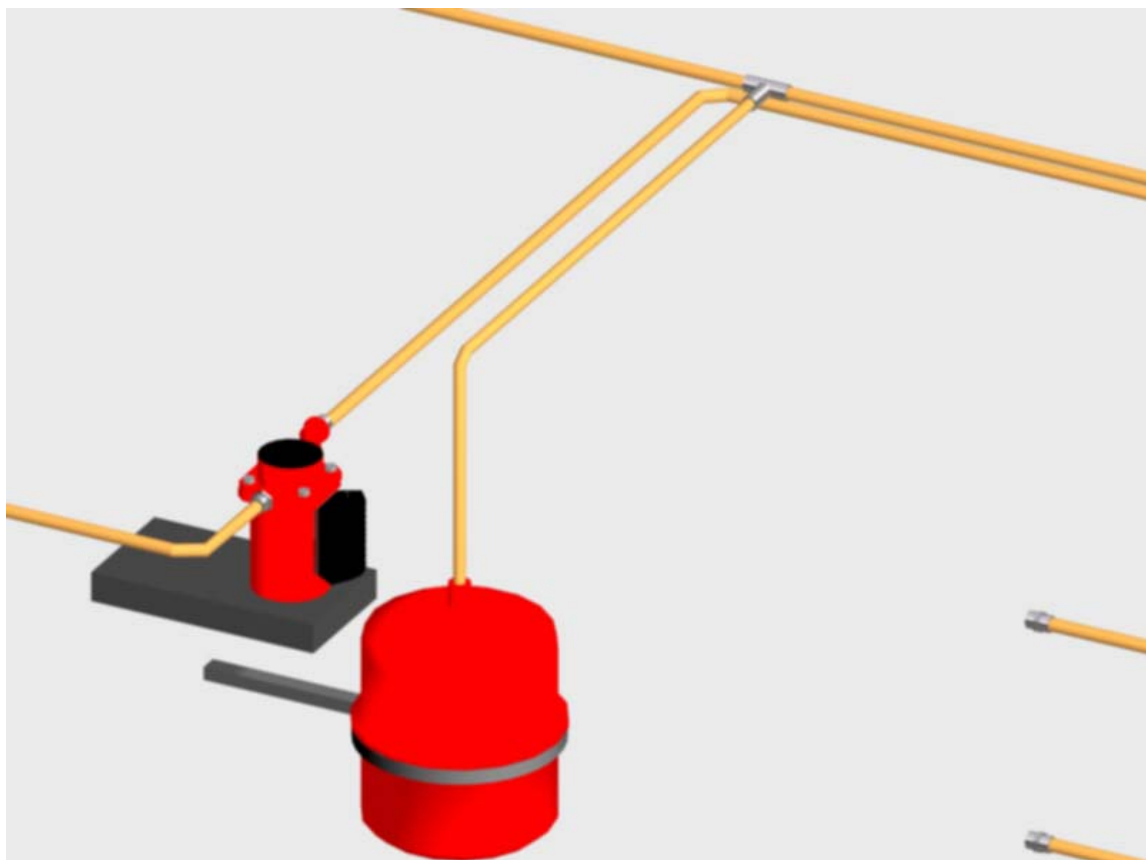


Fig 7.6 Detaliu al instalației cu captatori solari

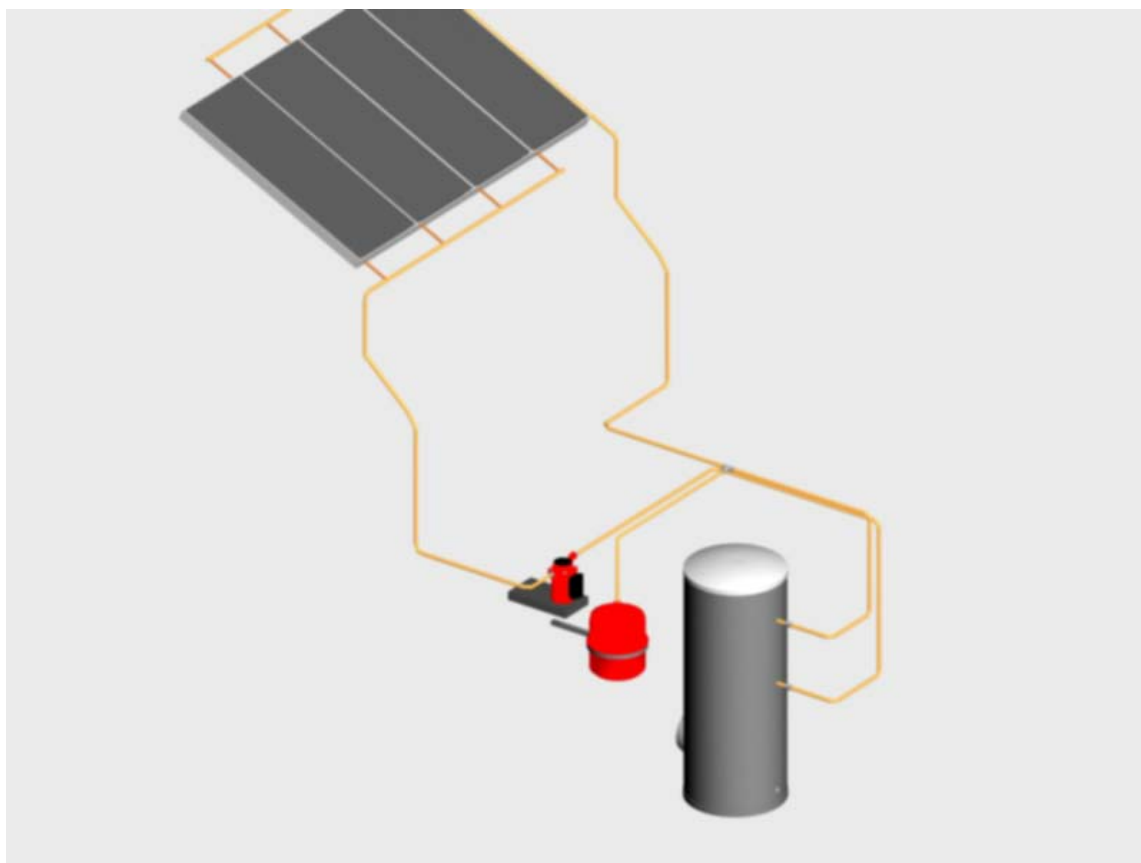


Fig 7.7 Instalația cu captatori solari conectată cu boilerul

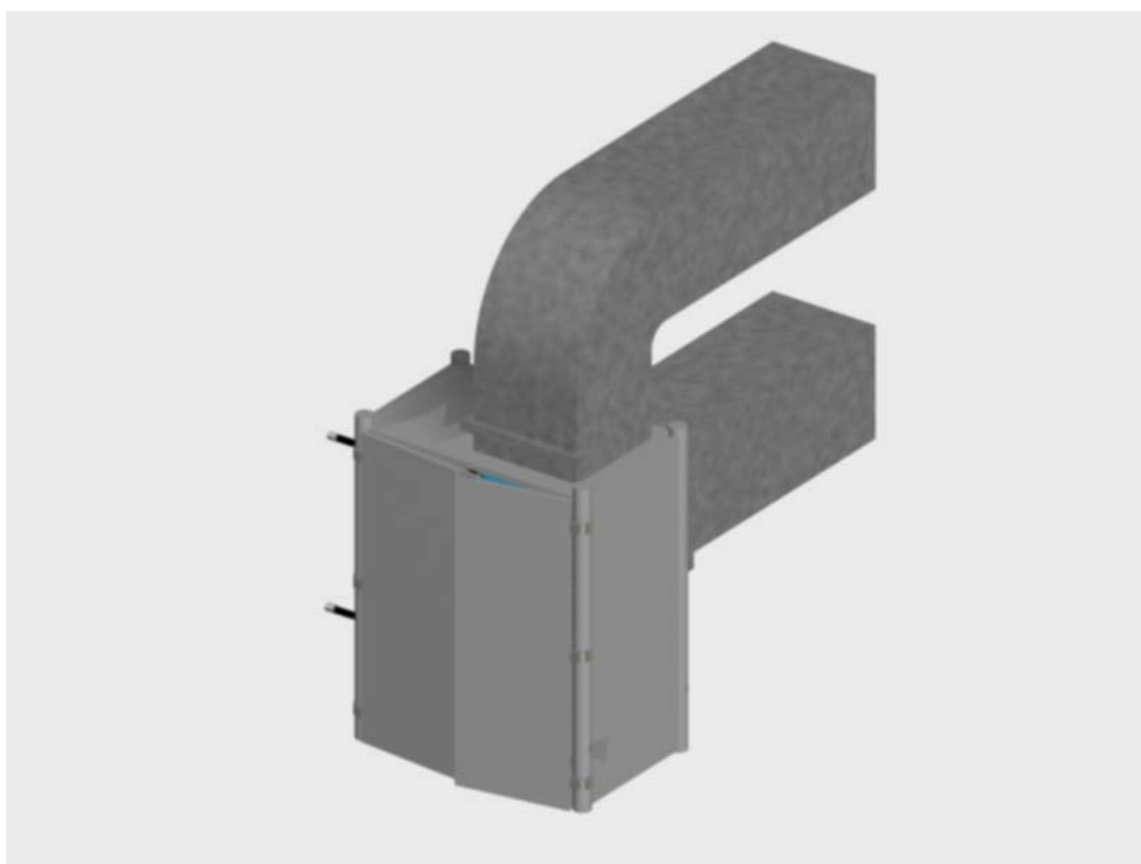


Fig 7.8 Pompa de căldură

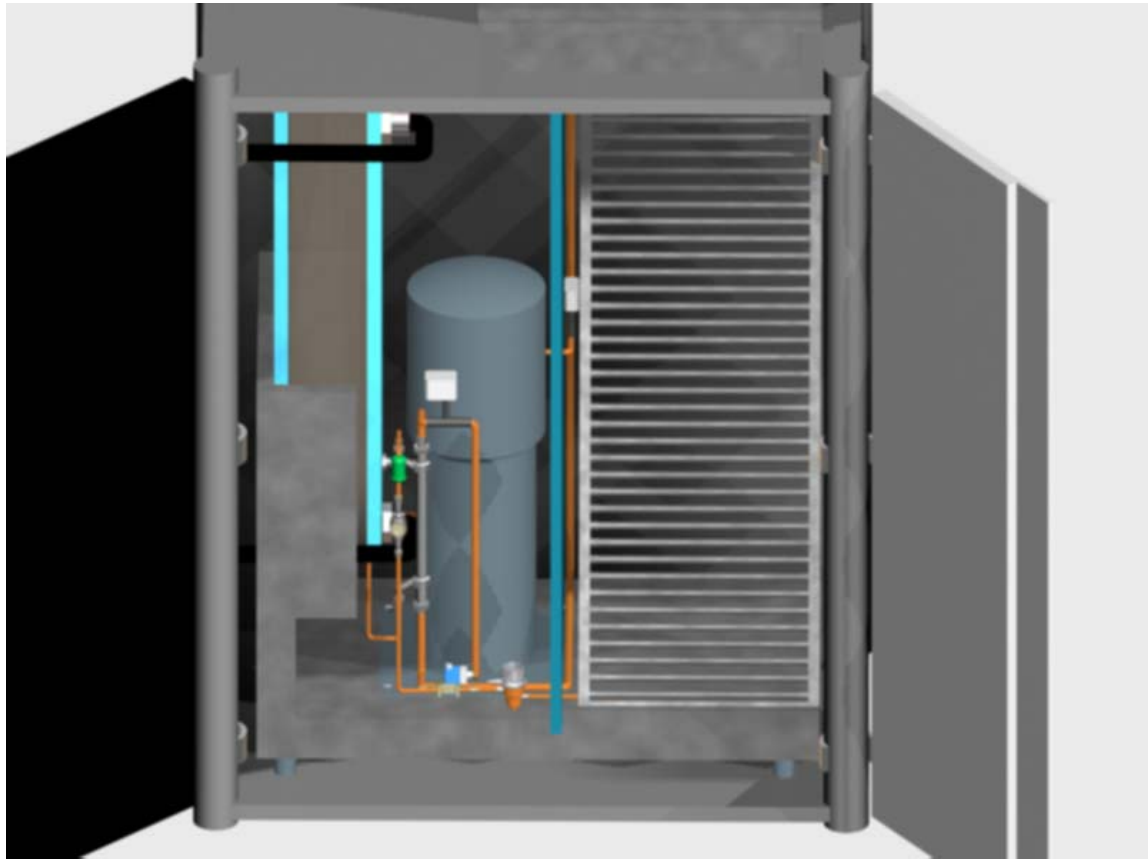


Fig 7.9 Componentele pompei de căldură

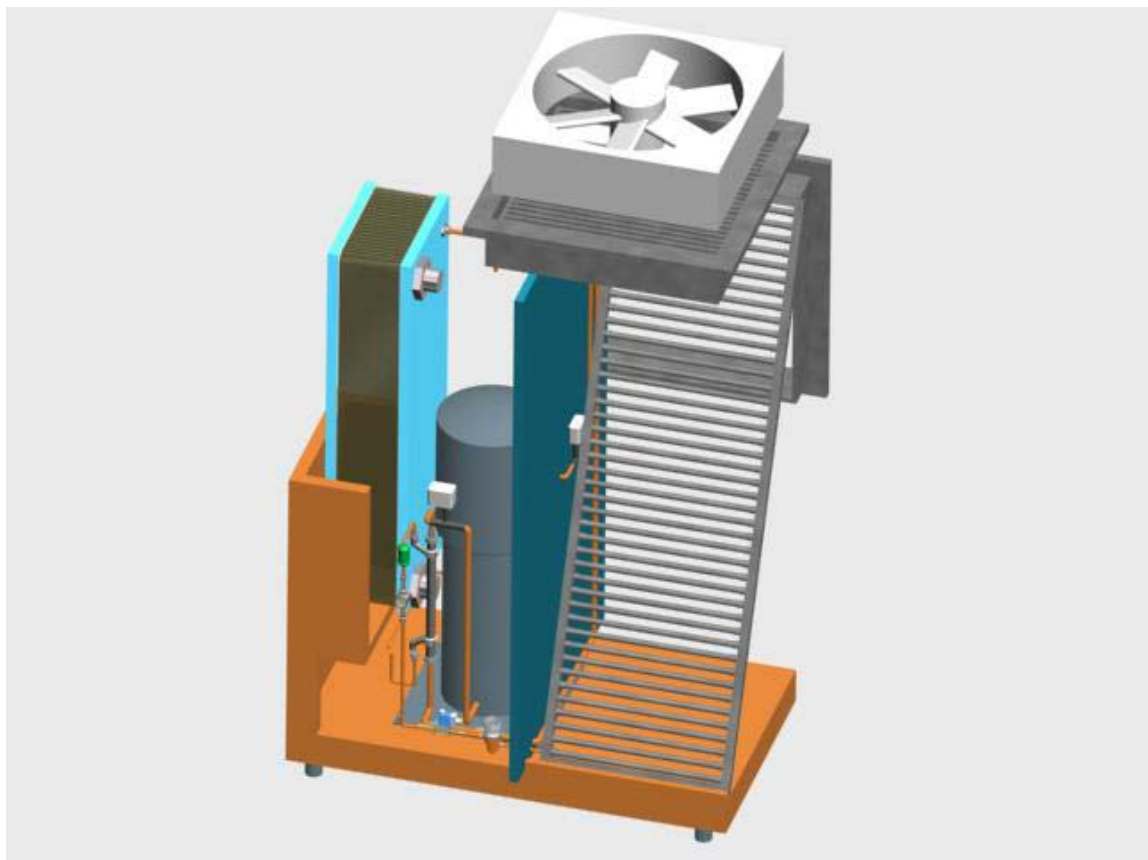


Fig 7.10

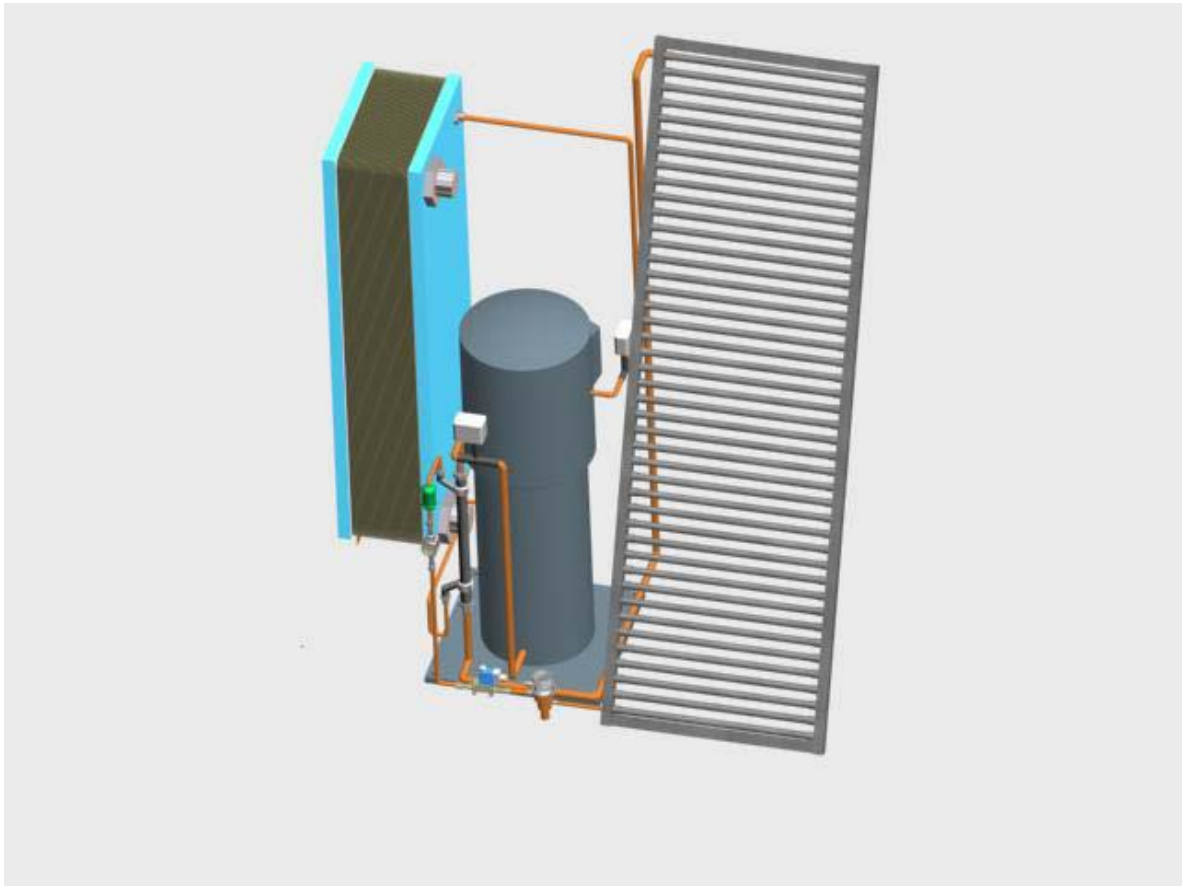


Fig 7.11

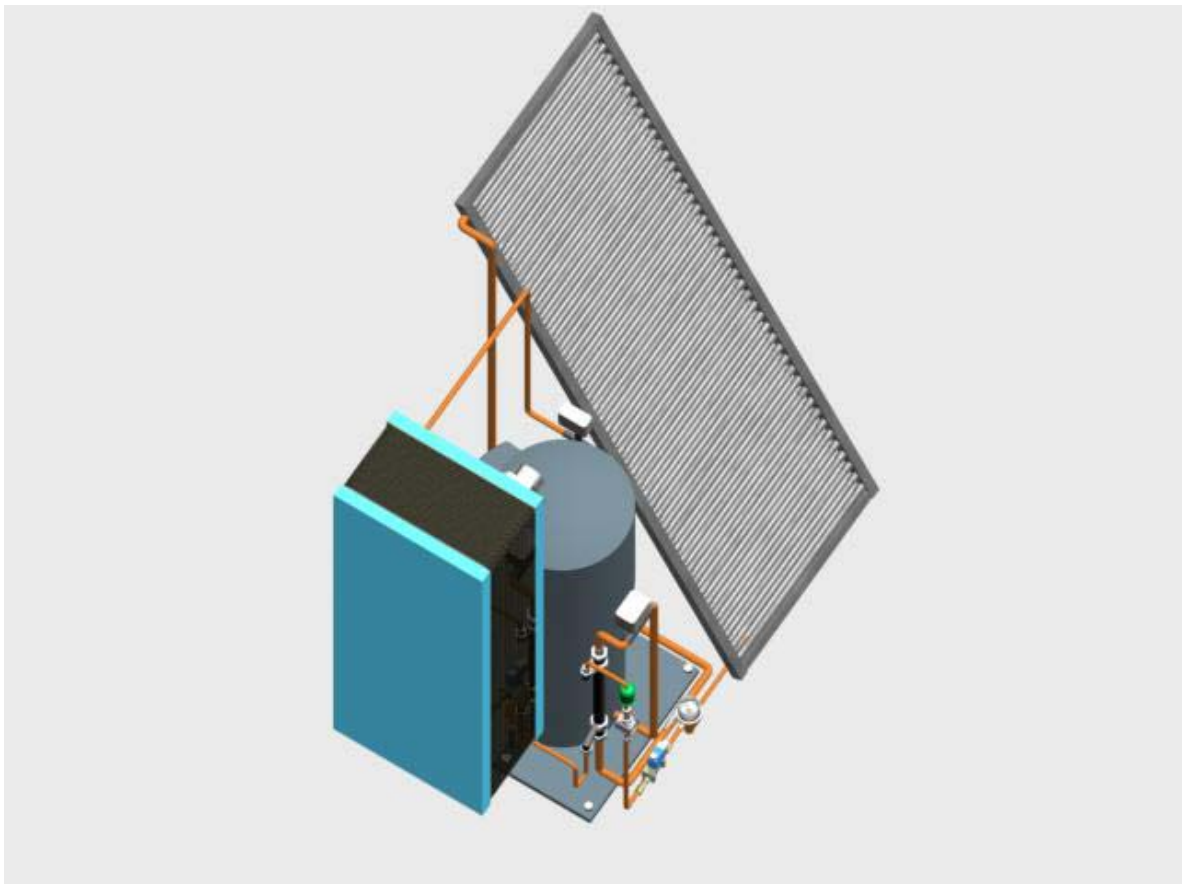


Fig 7.12

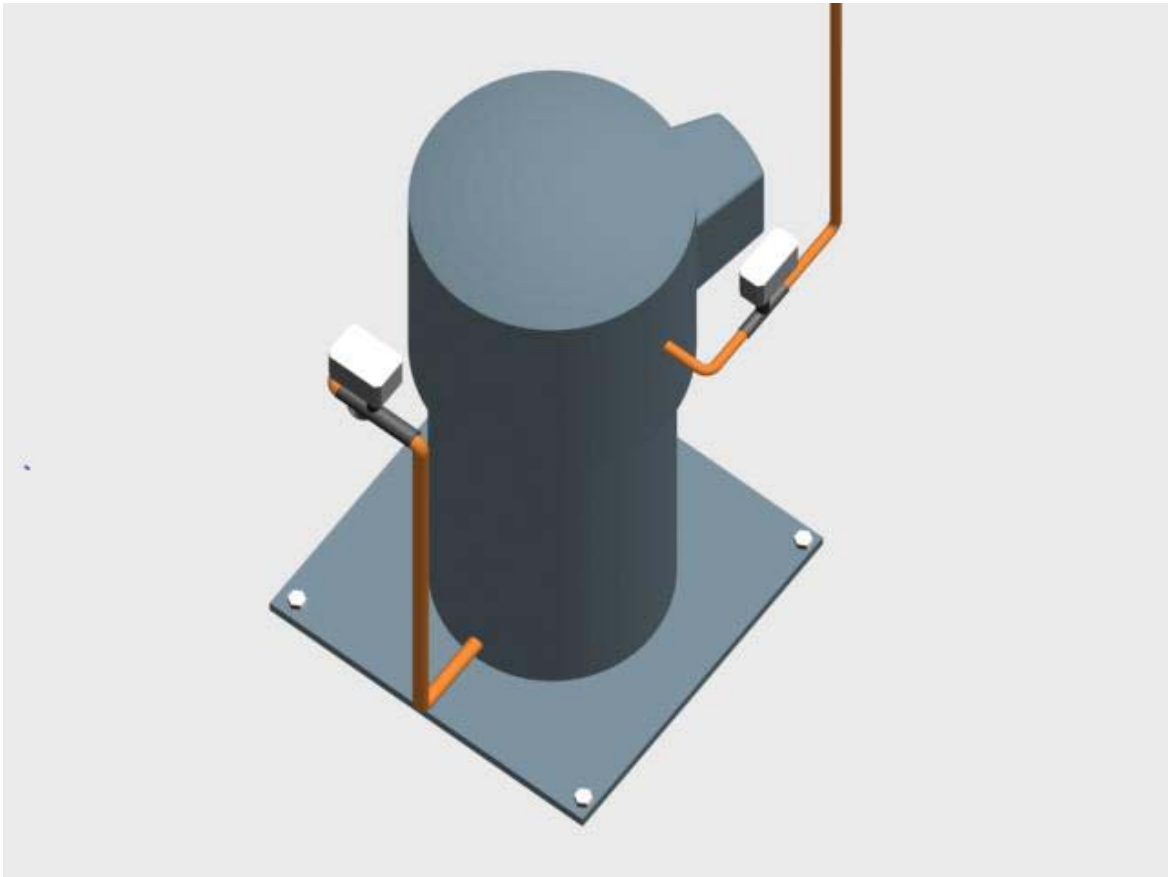


Fig 7.12 Compresorul și presostatele pompei

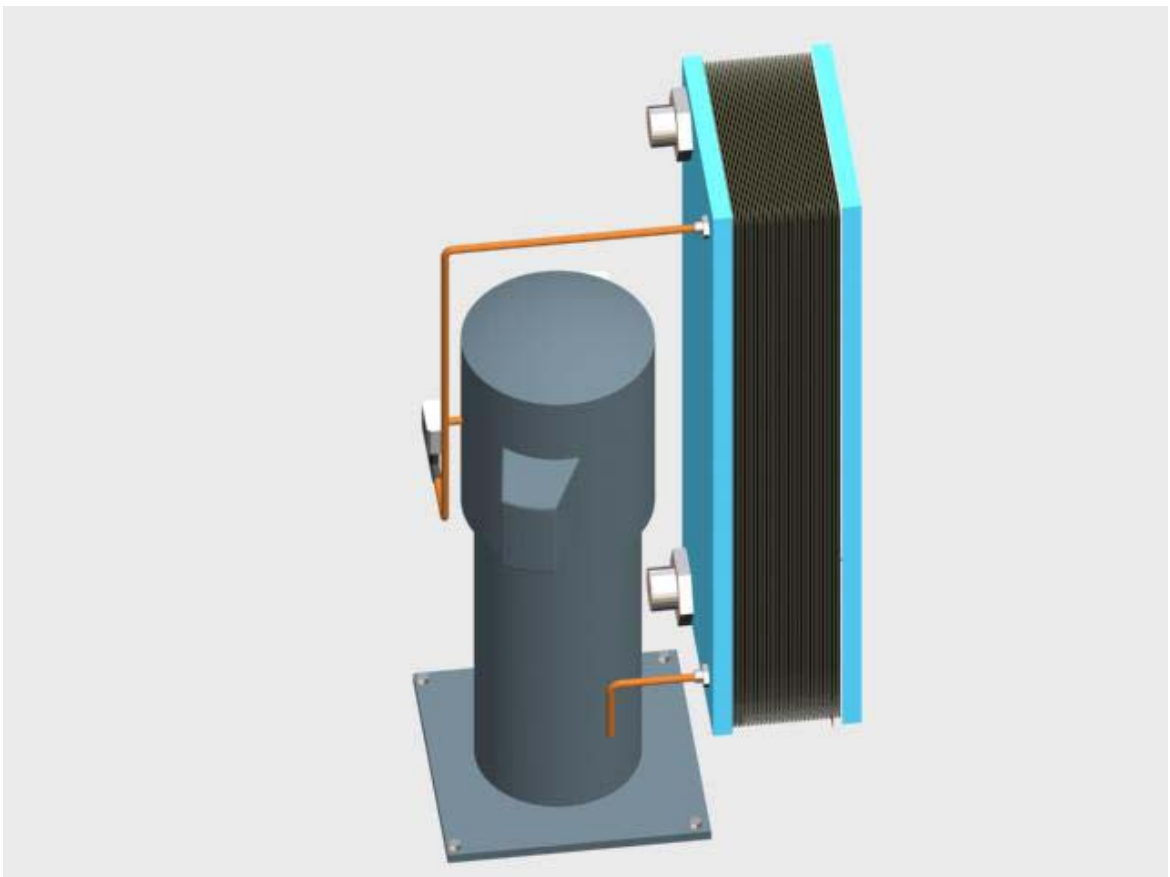


Fig 7.13 Compresorul legat cu condensatorul

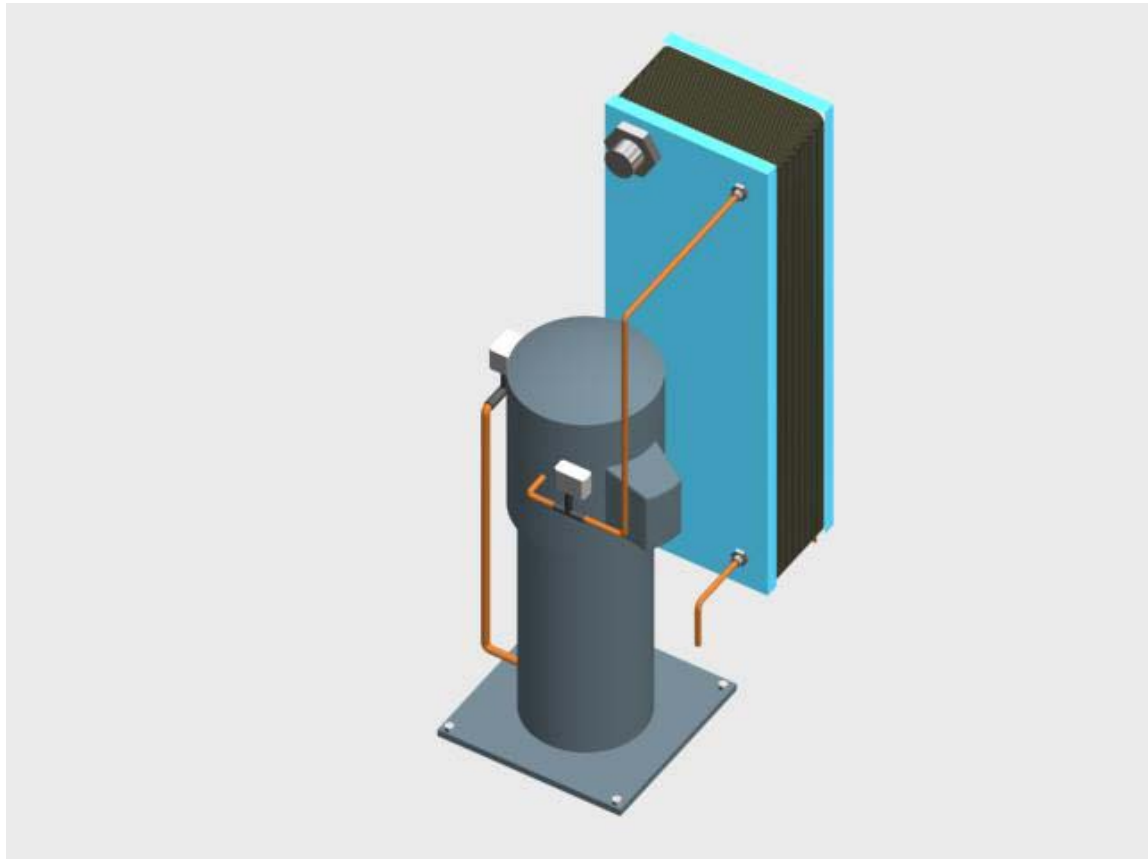


Fig 7.14

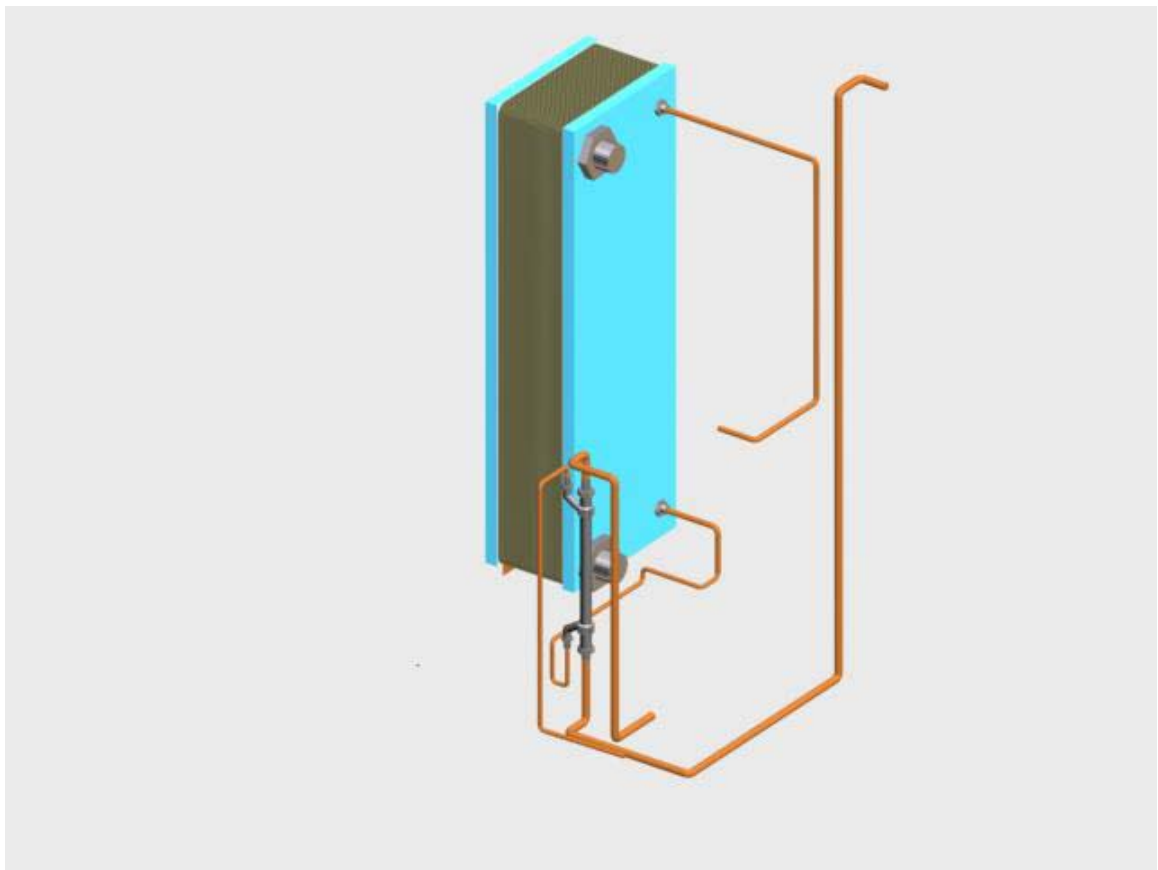


Fig 7.15 Conductele de intrare și ieșire din condensator

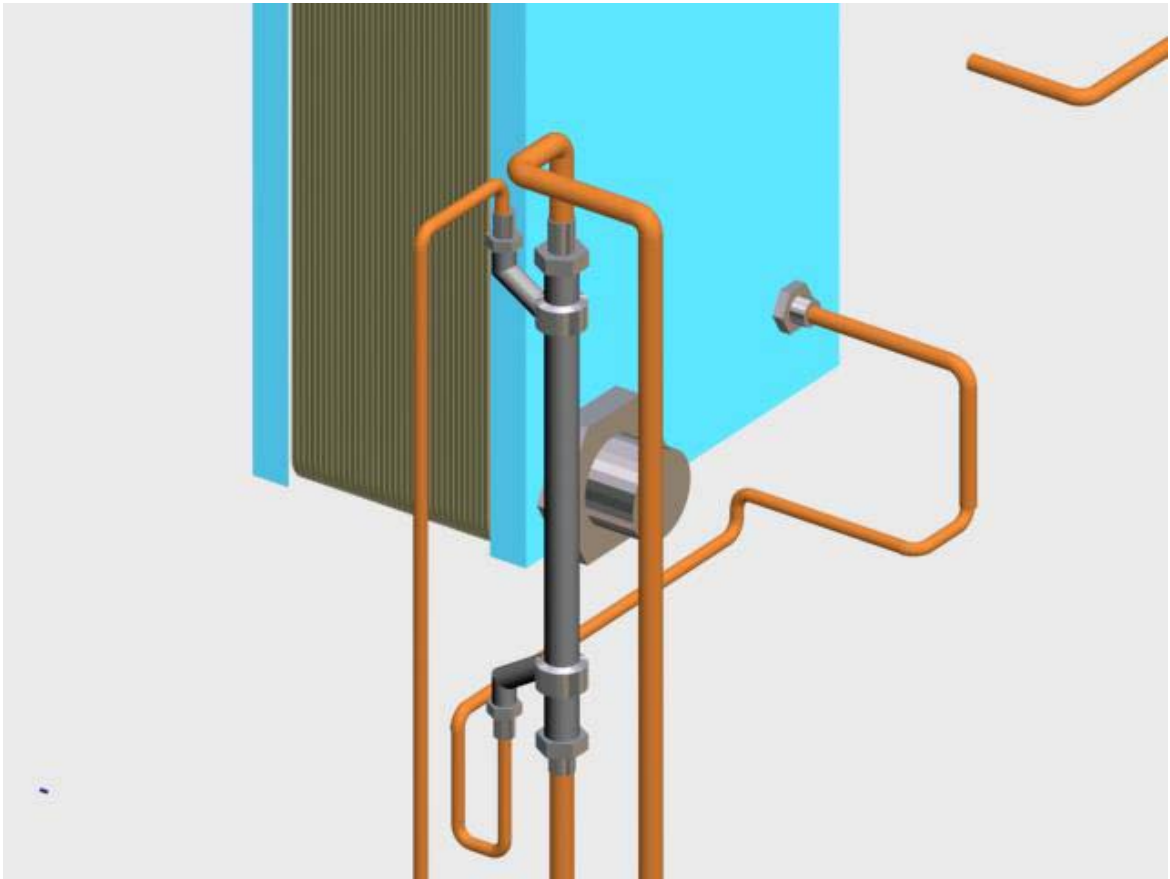


Fig 7.16 Subrăcitorul regenerativ

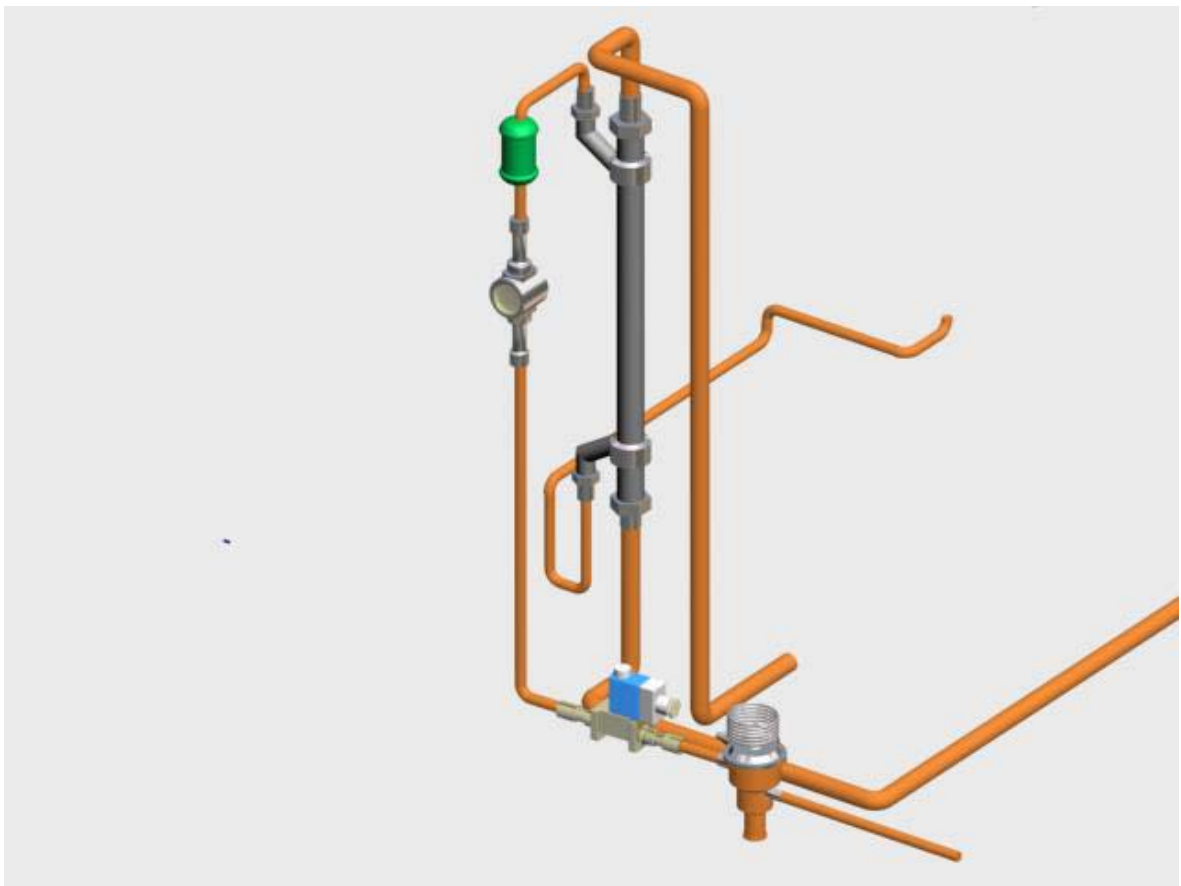


Fig 7.17 Subrăcitor regenerati, filtru, vizor, ventil electromagnetic, venti de laminare



Fig 7.18 Conducta de lichid

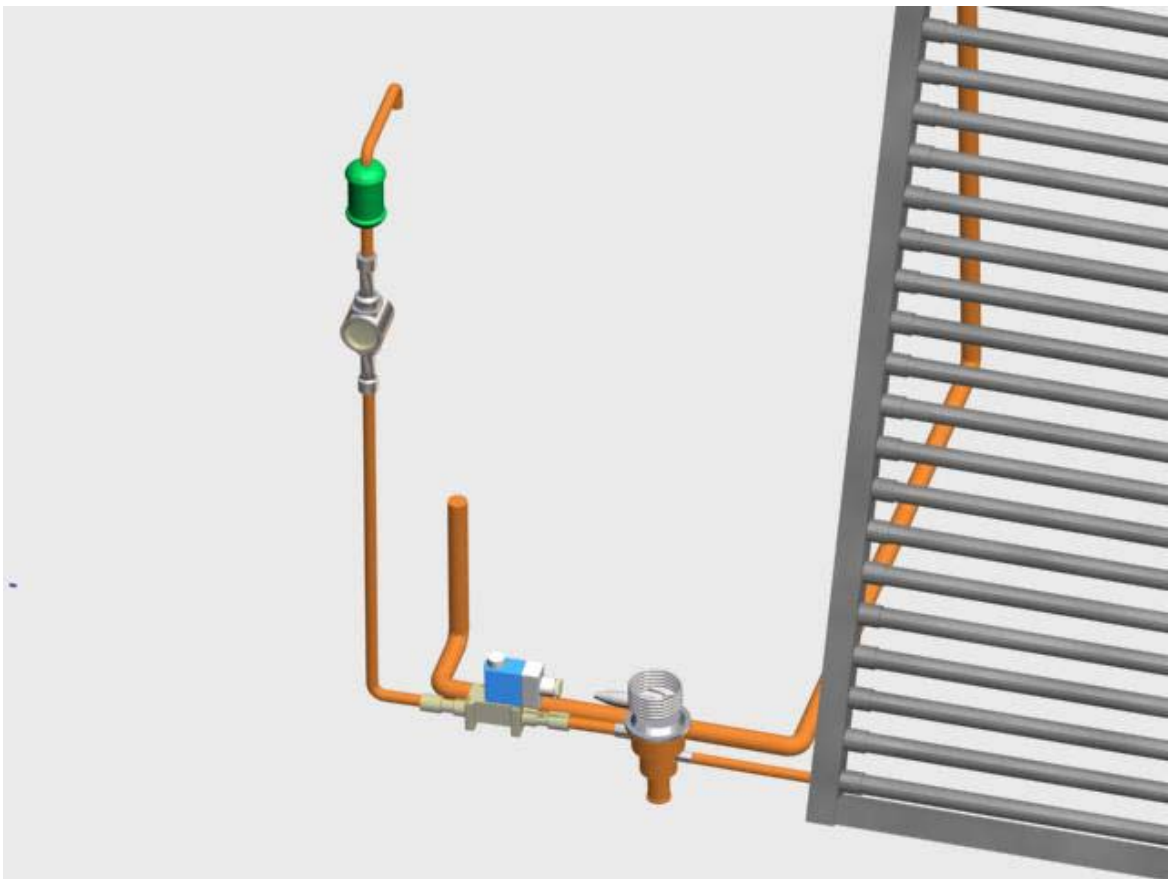


Fig 7.19

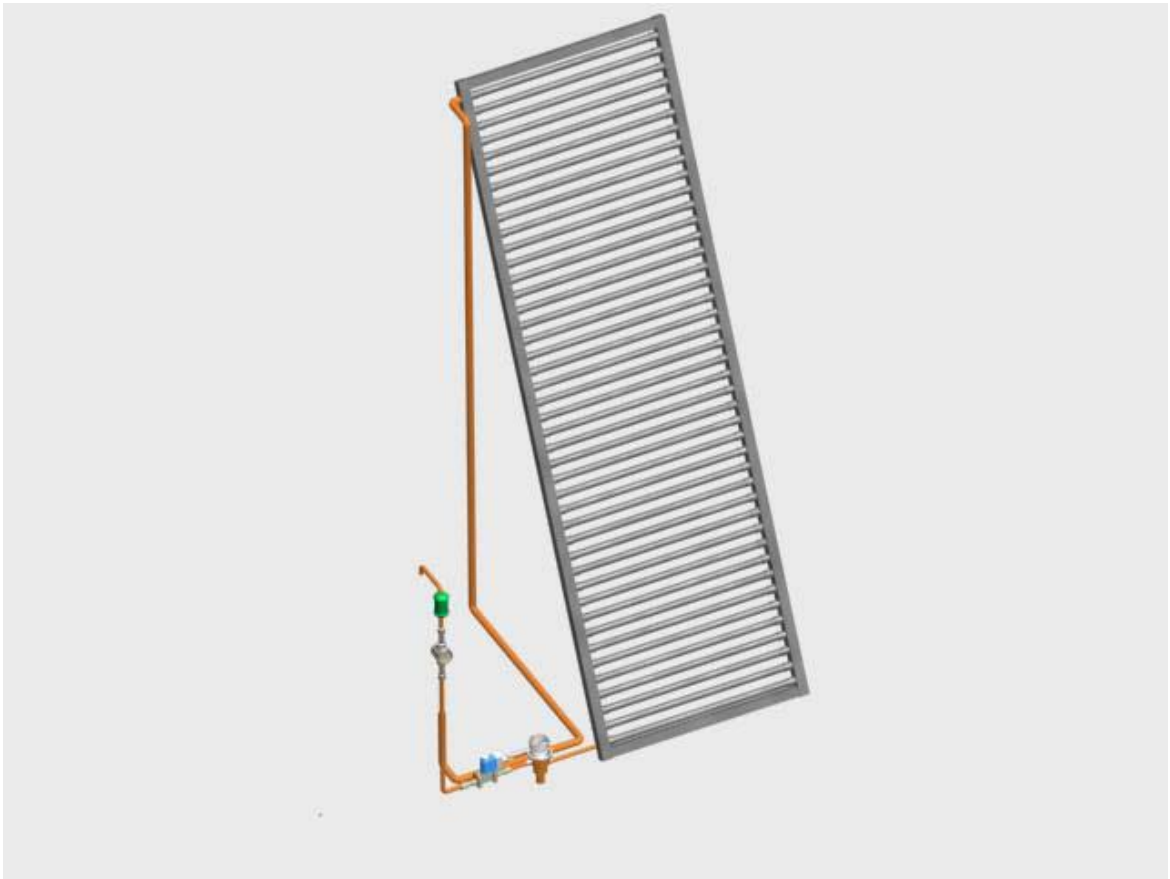


Fig 7.20 Vaporizatorul pompei de căldură

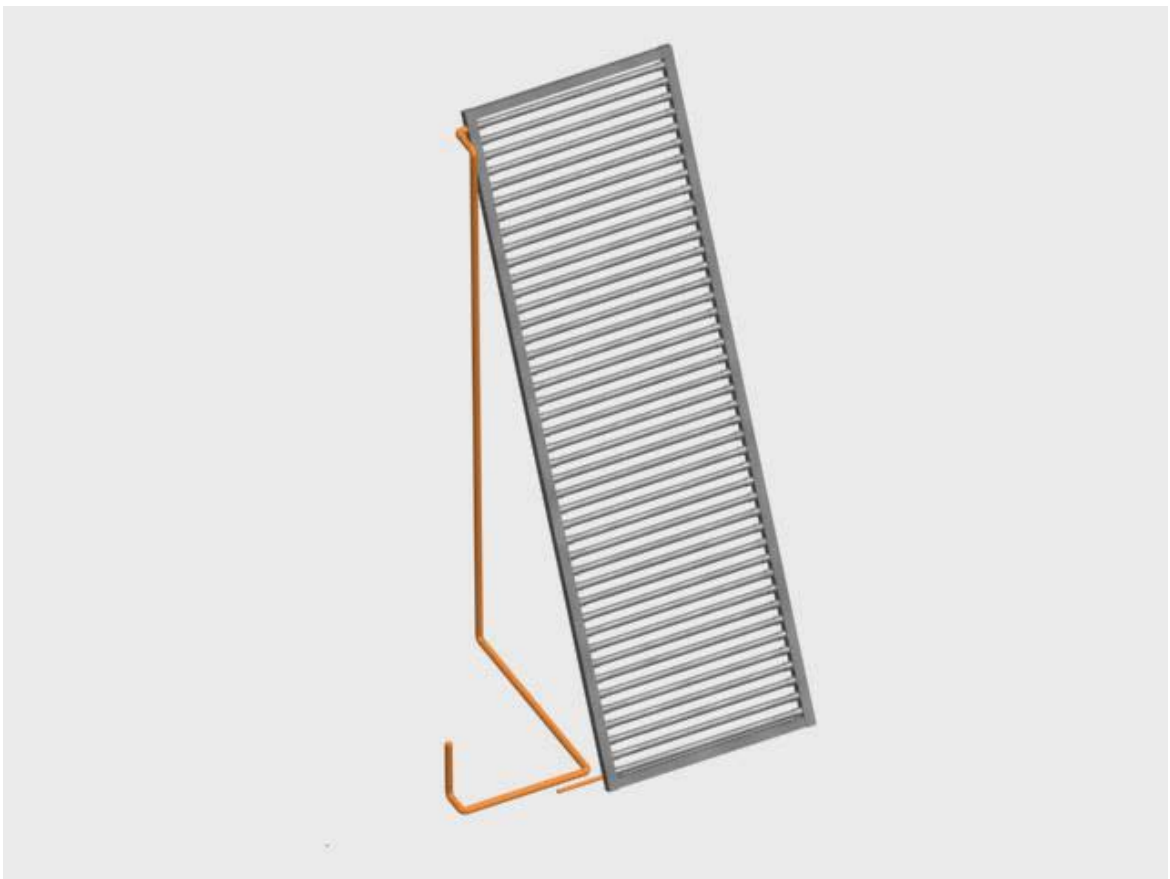


Fig 7.21

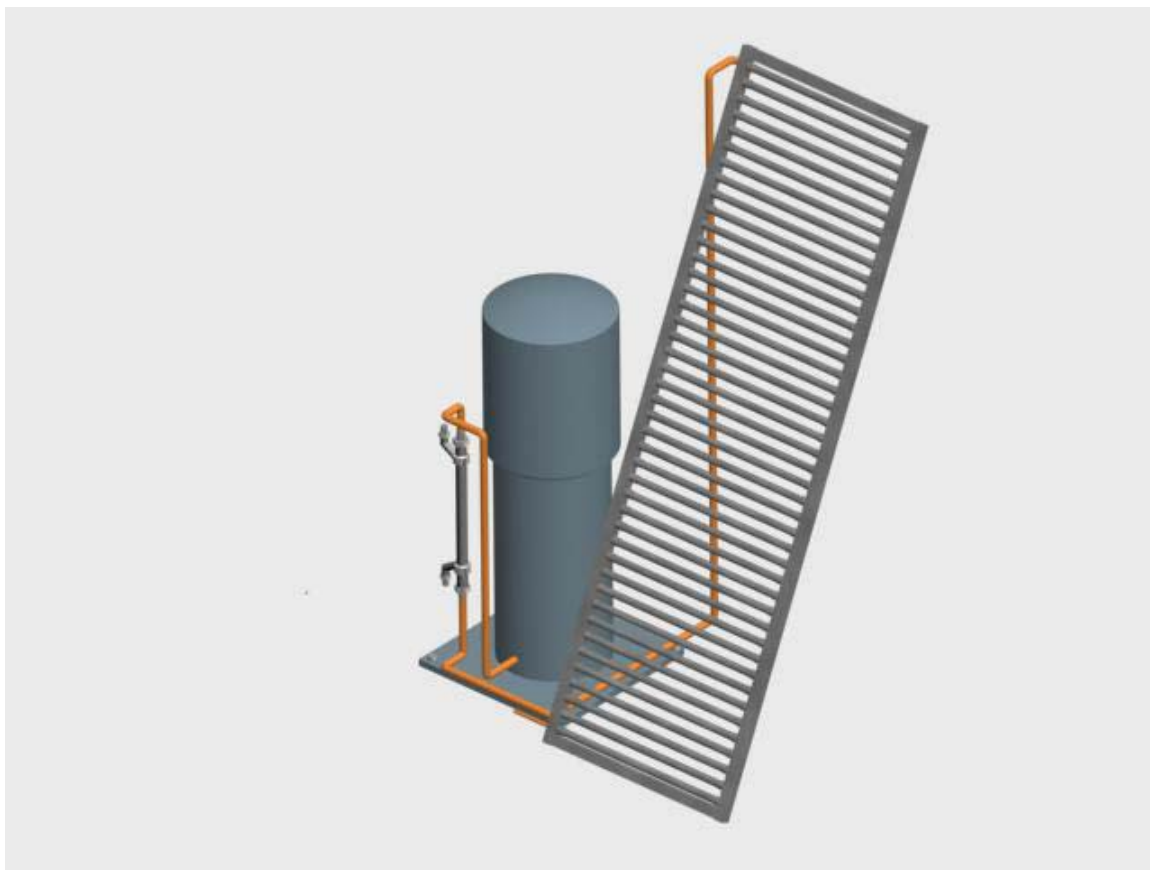


Fig 7.22 Compresorul legat la vaporizator

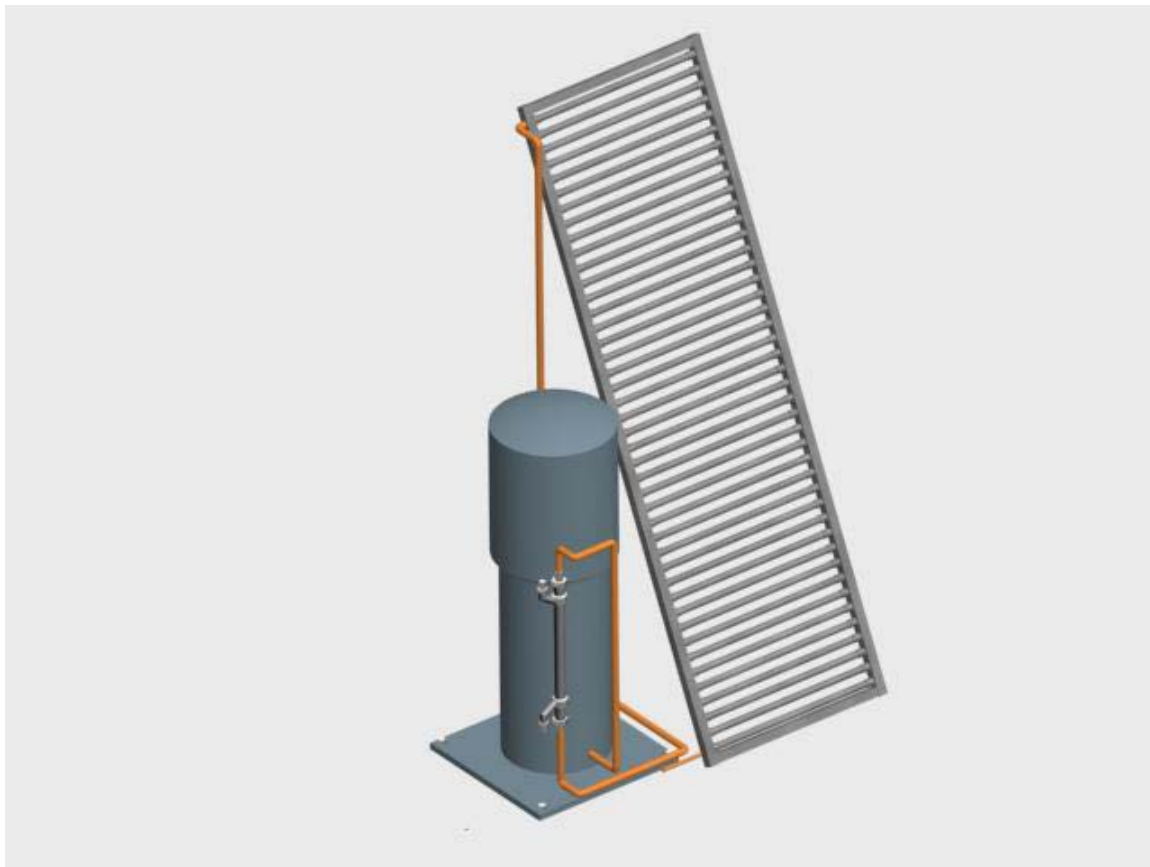


Fig 7.23

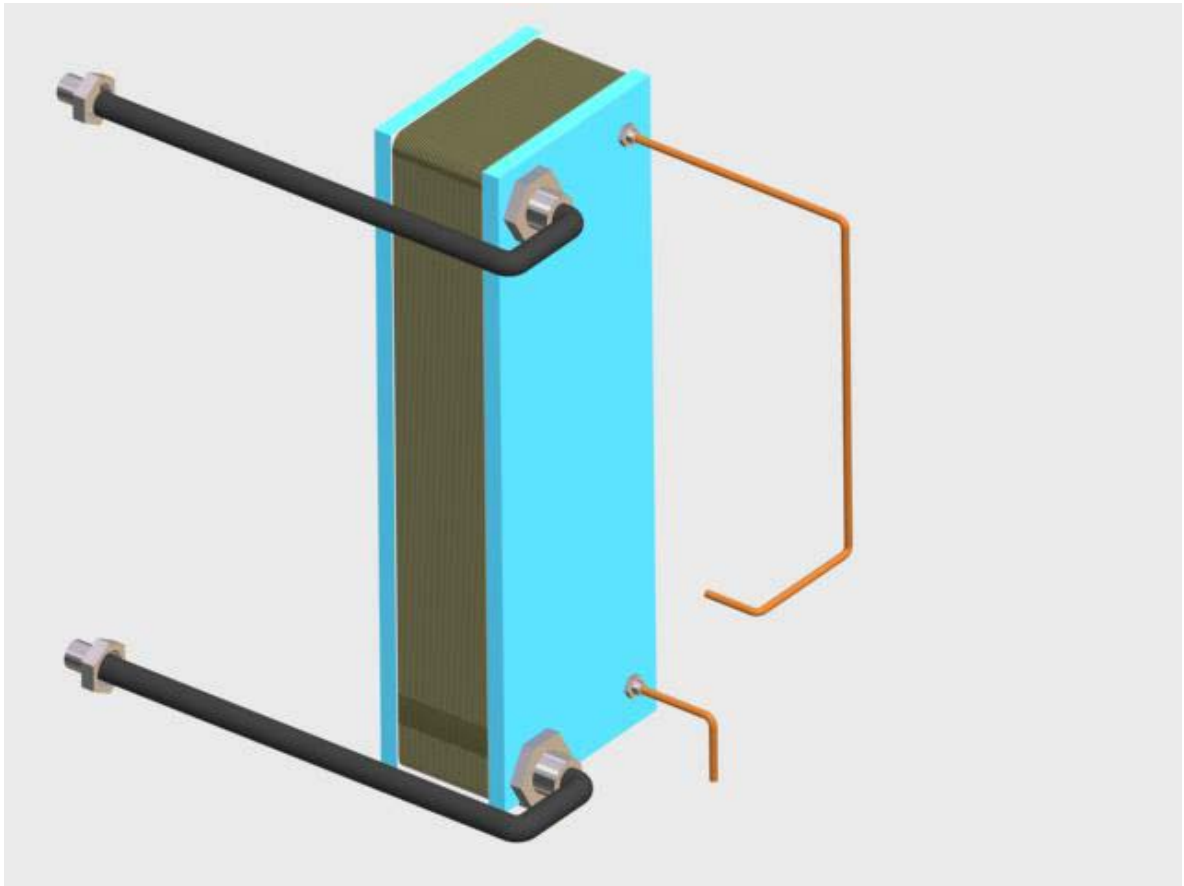


Fig 7.24 Intrarea și ieșirea freonului, respectiv a agentului termic în condensator

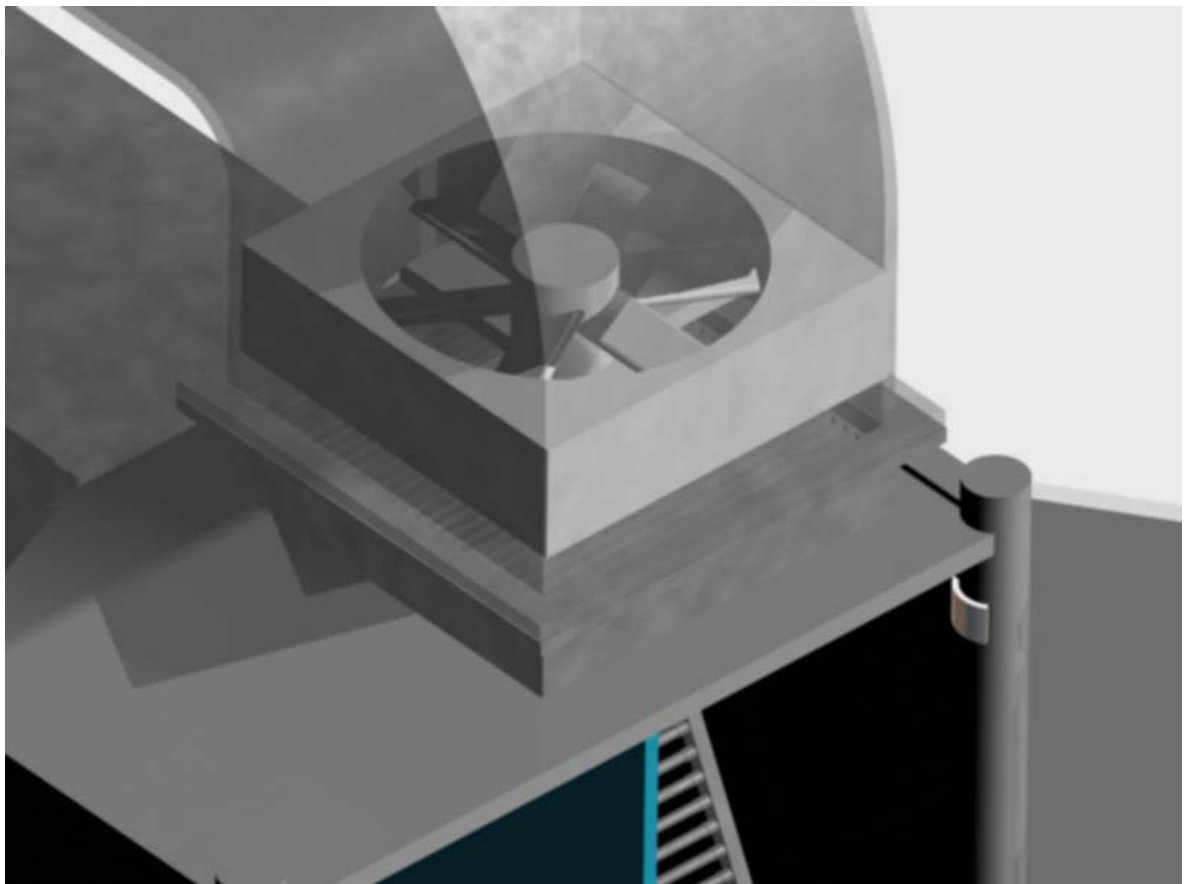


Fig 7.25 Ventilatorul pompei de căldură

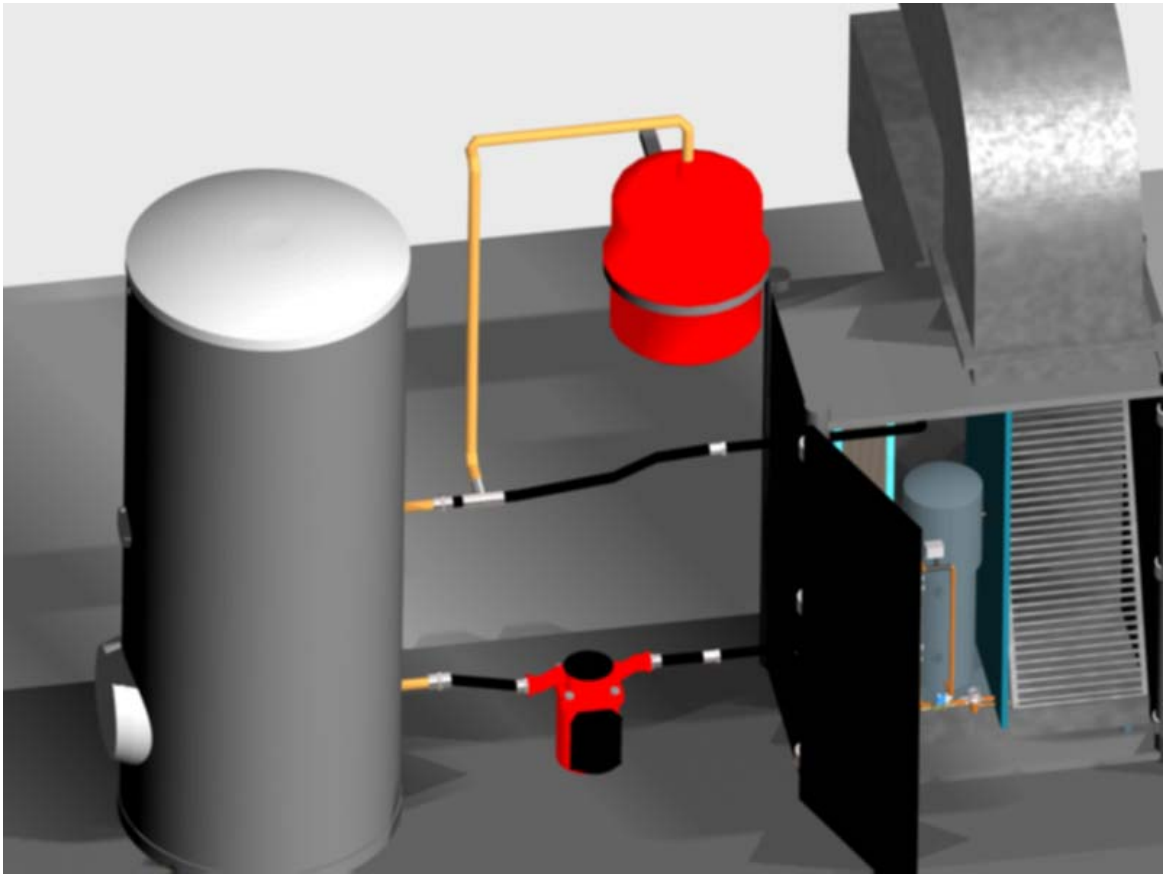


Fig 7.26 Instalația de încălzire cu pompă de căldură

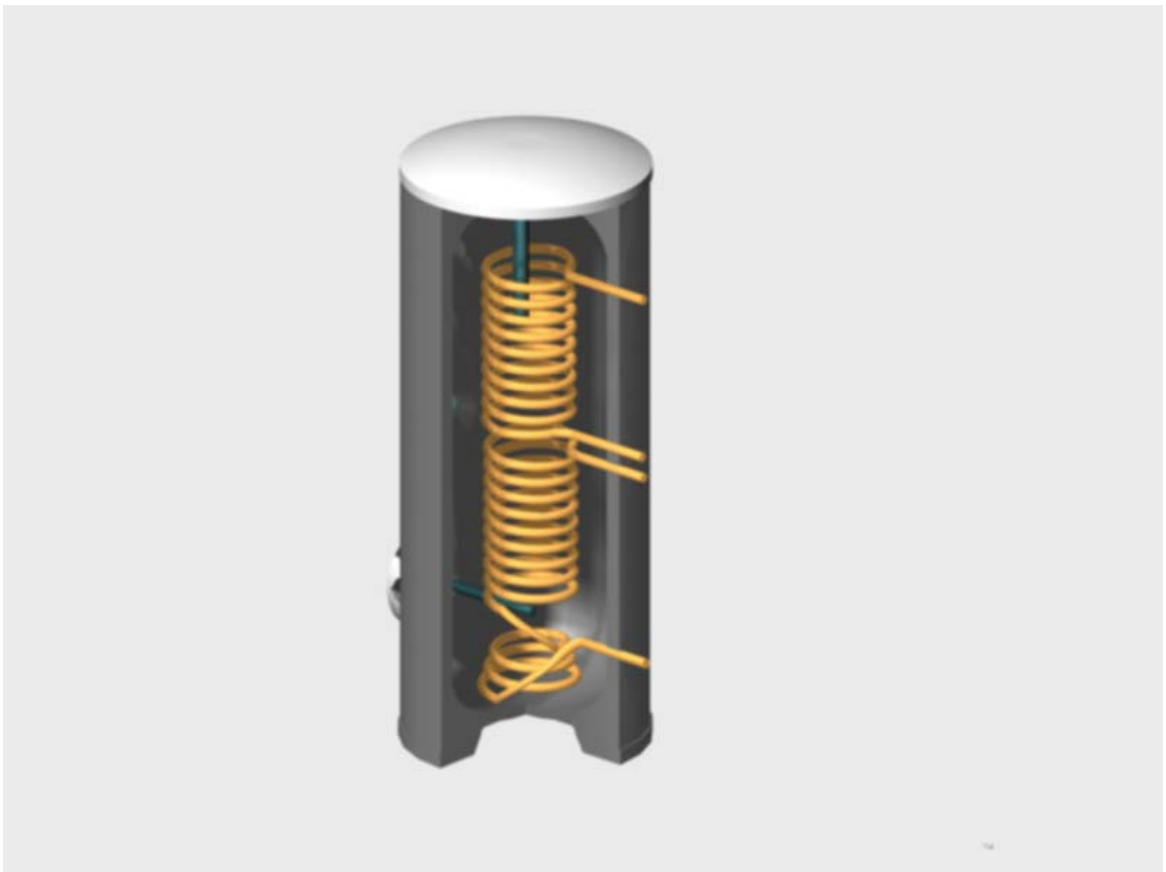


Fig 7.27 Boilerul instalației

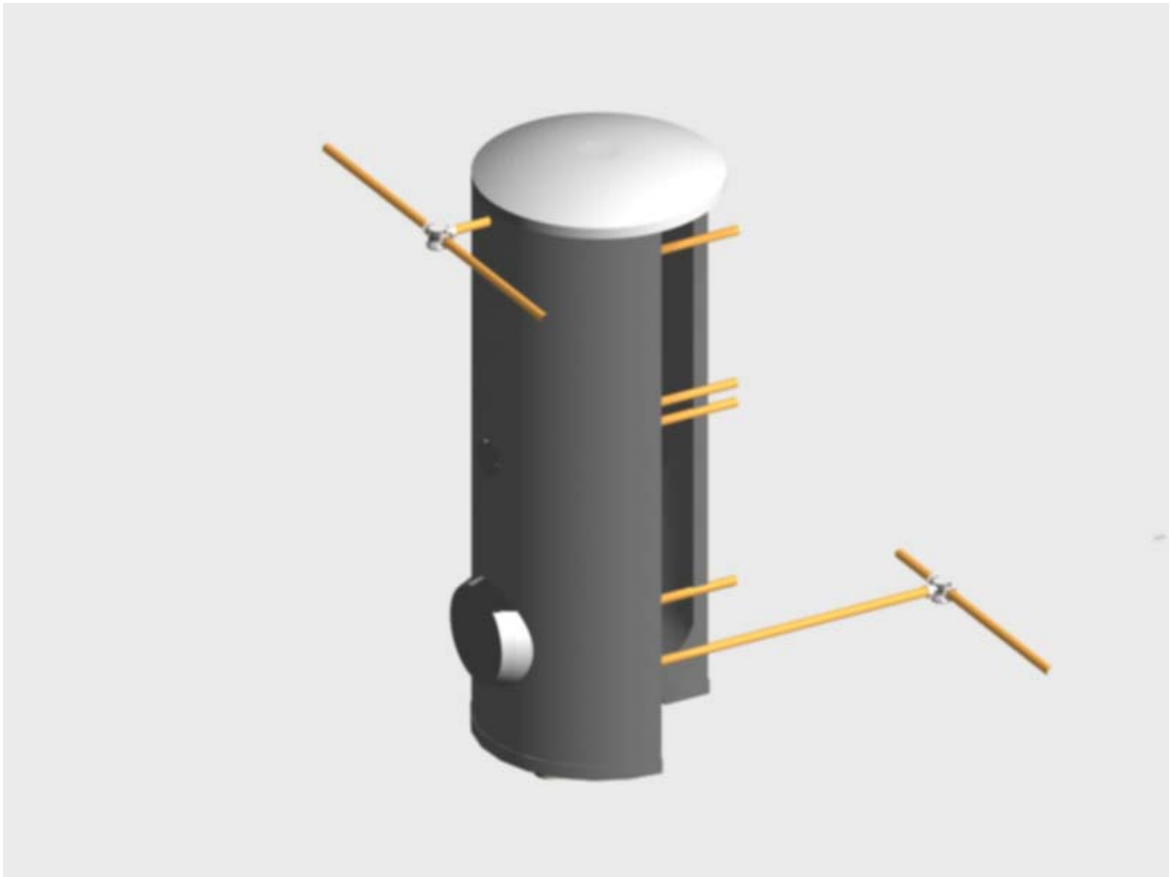


Fig 7.28 Intrarea și ieșirea agentului termic, respectiv a apei în boiler

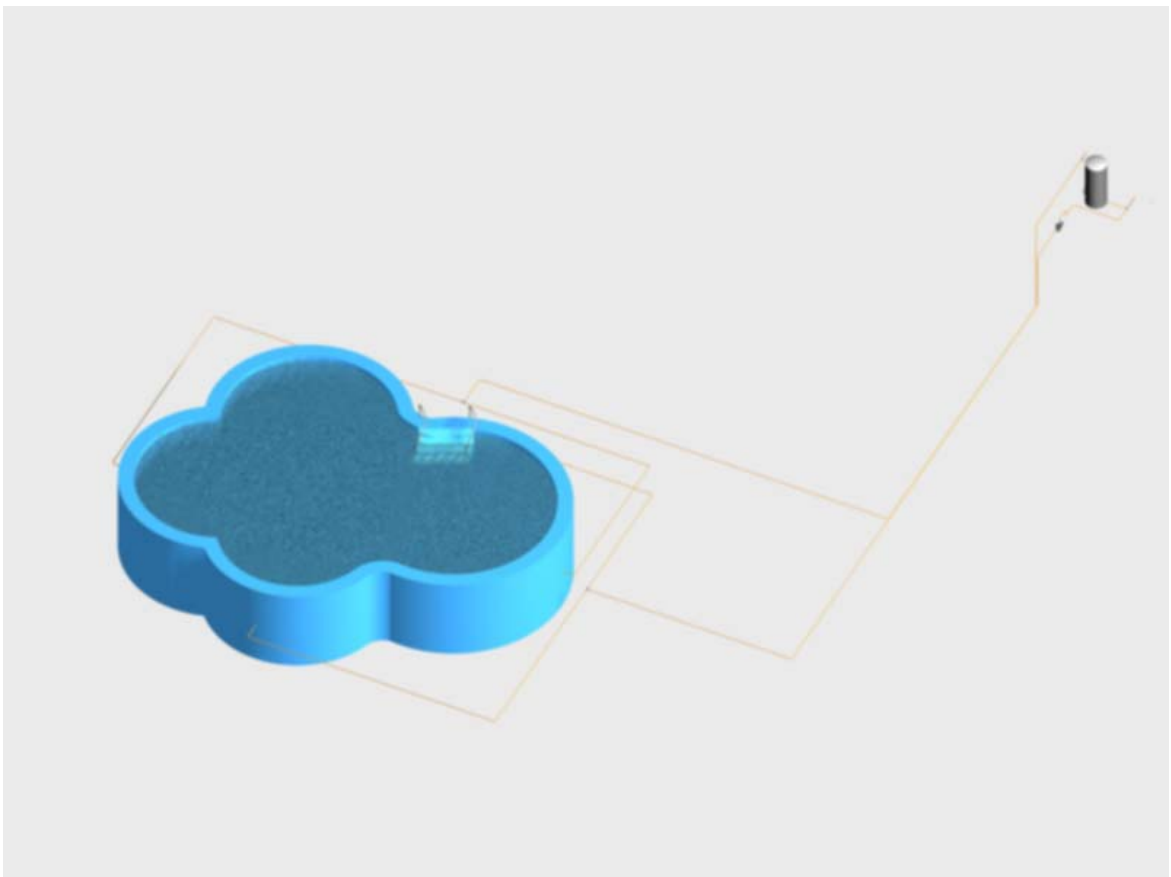


Fig 7.29 Circuitul de recirculare a apei din piscină

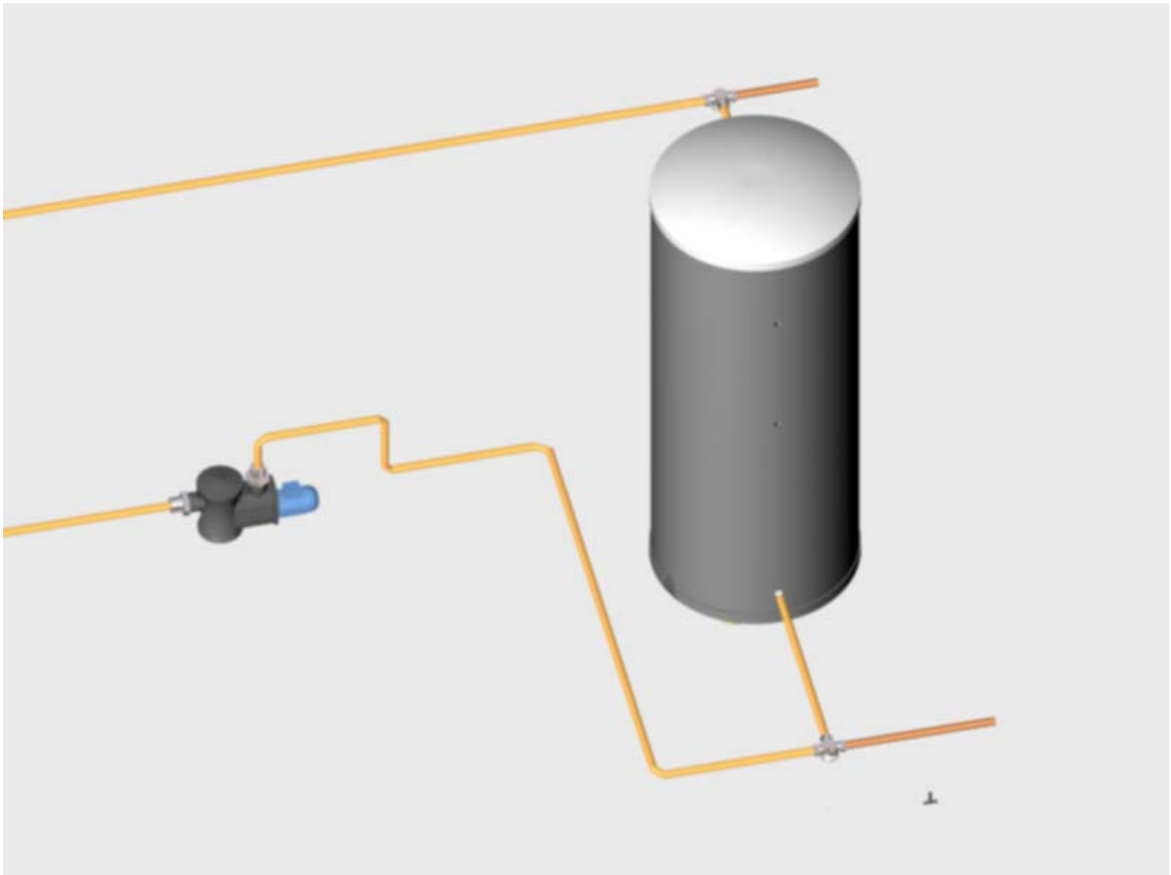


Fig 7.30 Intrarea și ieșirea apei din boiler

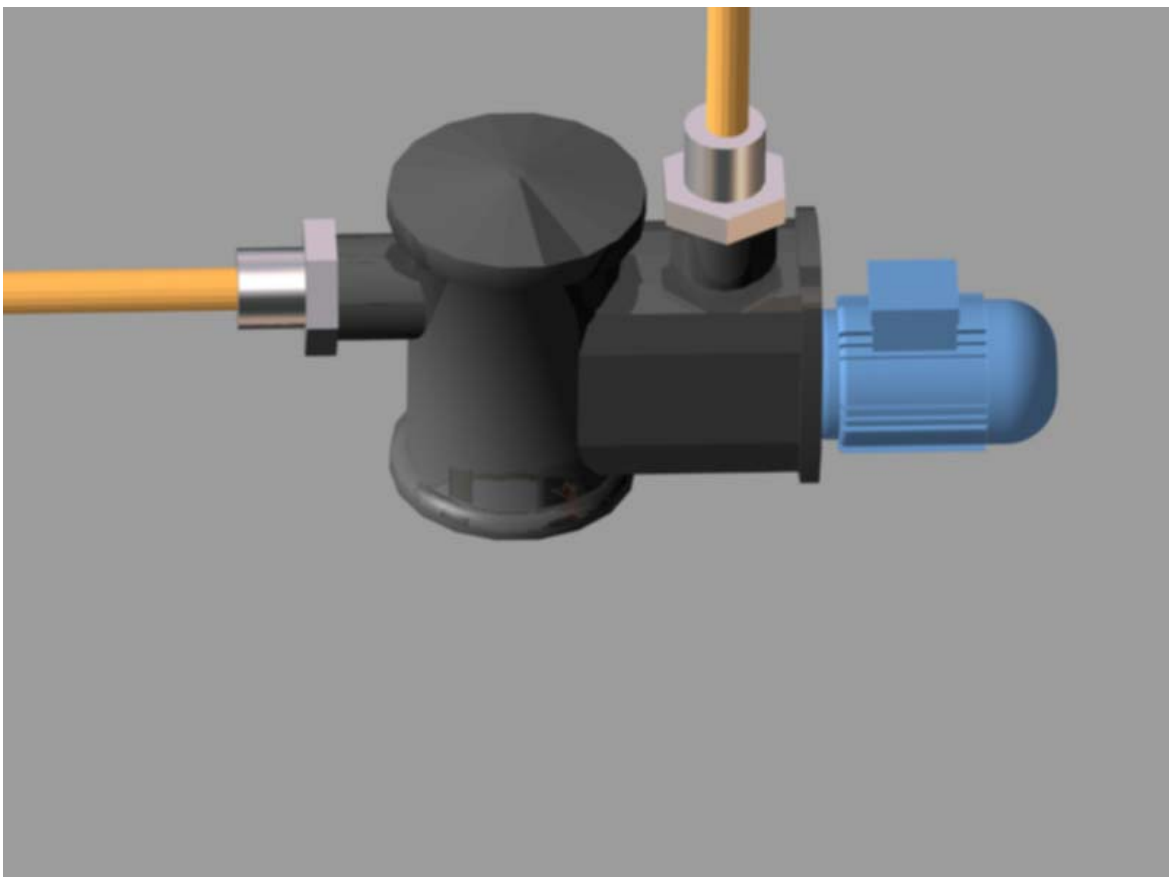


Fig 7.31 Pompa de recirculare a apei din piscină

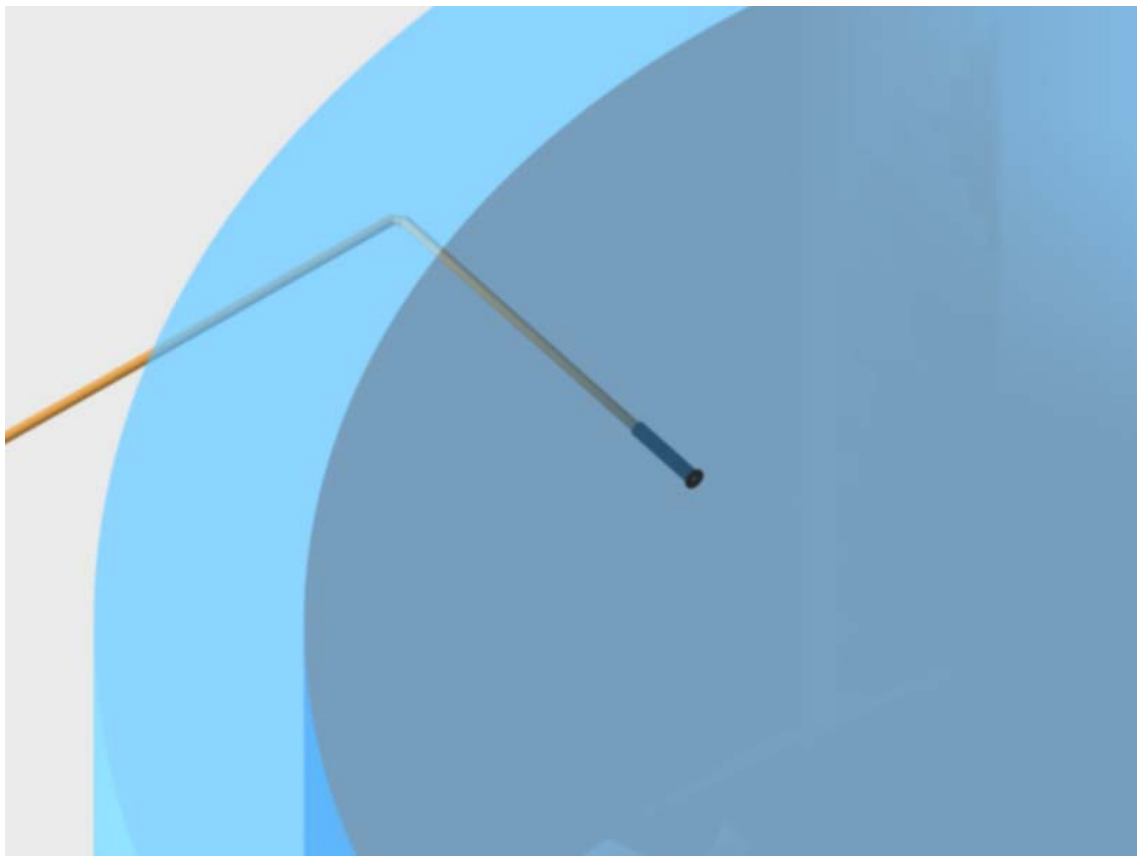


Fig 7.32 Diuză de introducere a apei în piscină



Fig 7.33 Fotocelula

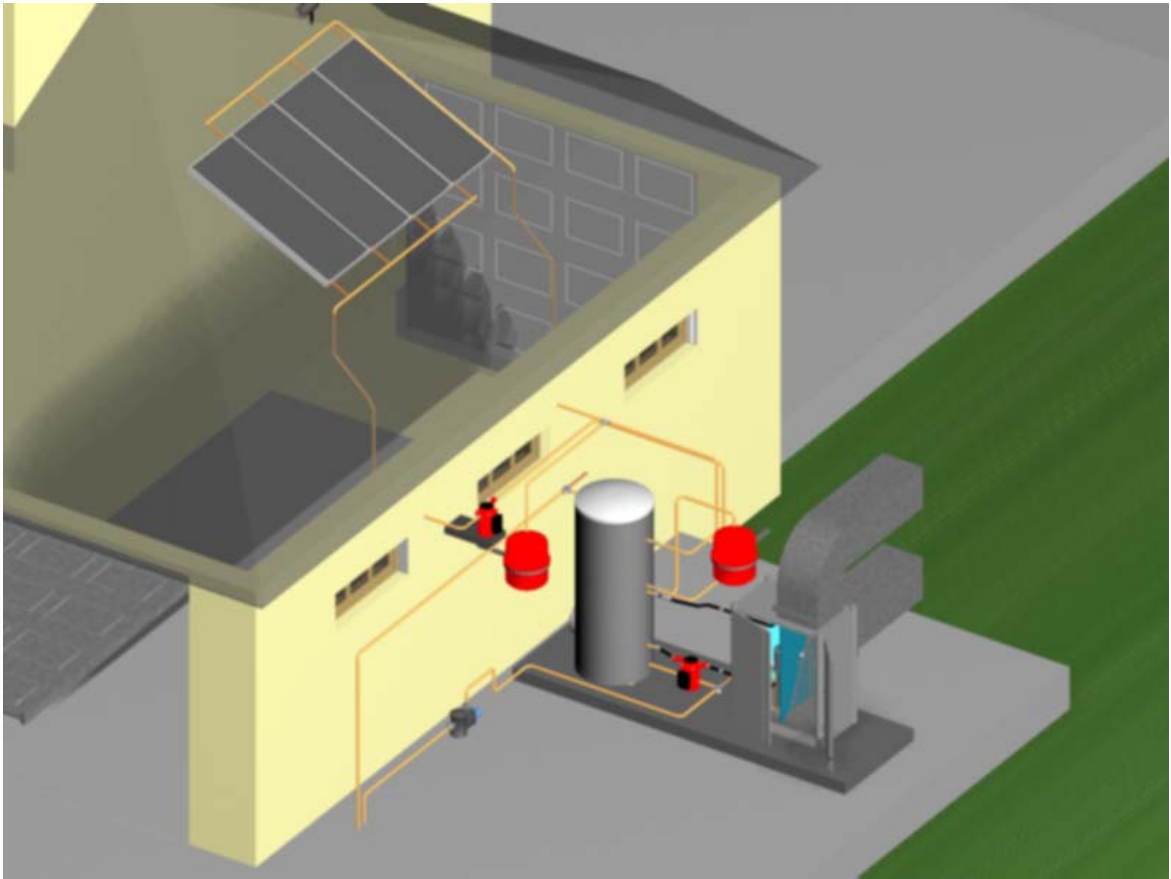


Fig 7.34

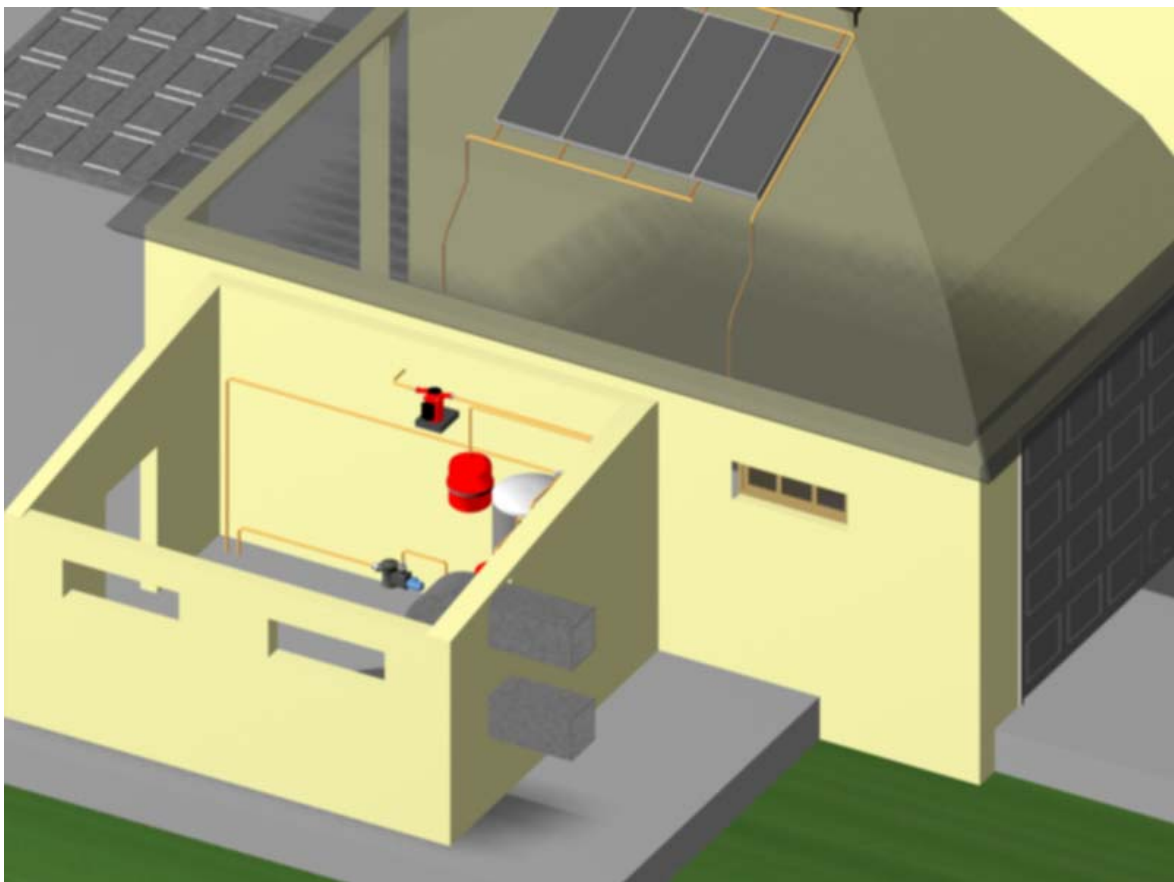


Fig 7.35 Vedere generală asupra instalației de încălzire

BIBLIOGRAFIE

- [1] **Arărău, D.**, ș.a.; *Manualul Inginerului Termotehnician*, Vol: I, II, III, Ed. Tehnică, București, 1986;
- [2] **Dănescu, A.** ș.a. *Termotehnică și Mașini Termice*, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1985;
- [3] **Ghiran I.** *Generatoare de Abur*, Ed. U.T.PRES, Cluj-Napoca, 2001;
- [4] **Hulpe, Gh.** *Desen Industrial*, Lito I.P.C.N., 1980;
- [5] **Mădărășan, T.** *Bazele Termotehnicii*, Ed. Sincron, Cluj-Napoca, 1998;
- [6] **Mădărășan, T.** *Curs General de Mașini*, Ed. Dacia, Cluj-Napoca, 1999;
- [7] **Mădărășan, T., Bălan, M.** *Termodinamică Tehnică*, Ed. Sincron, Cluj-Napoca, 1999;
- [8] **Mihai, I. C.** *Mașini și Instalații Termice*, Ed. Universității, Suceava, 2004;
- [9] **Popa, B.**, ș.a.; *Termotehnică și Mașini Termice*, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1977;
- [10] **Reff, R.** *Termotehnică și Echipament Termic*, Ed. Universității, Sibiu, 1991;
- [11] **Ștefănescu, D.** ș.a. *Transfer de Căldură și Masă. Teorie și Aplicații*, Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1983;
- [12] **Teberean, I., Mădărășan, T.** *Agenți Termodinamici și Mașini Termice*, Ed. Dacia, Cluj-Napoca, 1999;
- [13] *******, *Wiessman, Fișa Tehnică Vitosol 100 s 2.5*
- [14] *******, *Wiessman, Fișa Tehnică Vitocal 300 AW 108*
- [15] *******, *Wiessman, Fișa Tehnică Vitocell B 100*
- [16] www.viessmann.com
- [17] www.termo.utcluj.ro