

VAPORIZATOARELE POMPELOR DE CĂLDURĂ

Regimul termic de funcționare a vaporizatoarelor pompelor de căldură destinate încălzirii aerului sau apei, depinde de tipul sursei de căldură utilizate de pompa de căldură.

Vaporizator în pompe de căldură aer-aer și aer-apă

Procesul de vaporizare este reprezentat în figura 18, unde se observă că în interiorul țevilor, cantitatea de lichid se reduce treptat spre ieșirea agentului frigorific din aparat. Ultima porțiune a serpentinei este integral umplută de vapori.

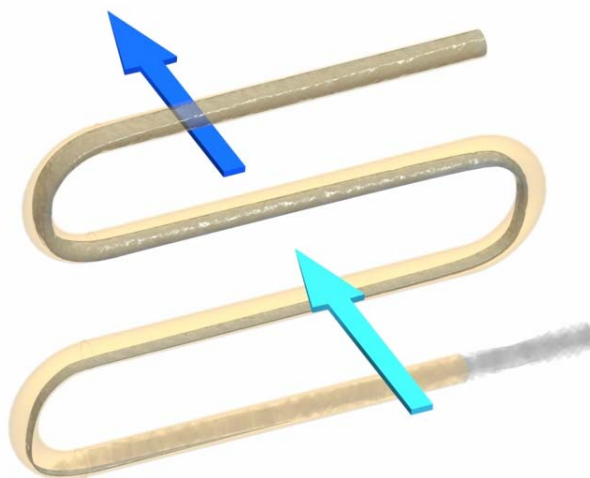


Fig. 18. Procesul de vaporizare

Schema de principiu a unui vaporizator care preia căldură de la aer, este prezentată în figura 19. Agentul frigorific provenit de la ventilul de laminare, intră în aparat sub formă de vapori umezi (v.u.) (amestec de lichid și vapori saturați) și iese din aparat sub formă de vapori supraîncălziți (v.si.). Aerul la intrarea în vaporizator (a.i.) este cald, iar la ieșirea din acesta (a.e.) devine mai rece, deoarece în vaporizator, aerul cedează căldura preluată de agentul frigorific. De regulă, aerul la intrarea în vaporizator este reprezentat de aerul exterior. *Presiunea agentului frigorific în vaporizator, este considerată constantă și are valoarea presiunii de vaporizare p_0 .* Această ipoteză este corectă în condițiile în care se neglijează pierderile de presiune din vaporizator, datorate curgerii în condiții reale a agentului frigorific.

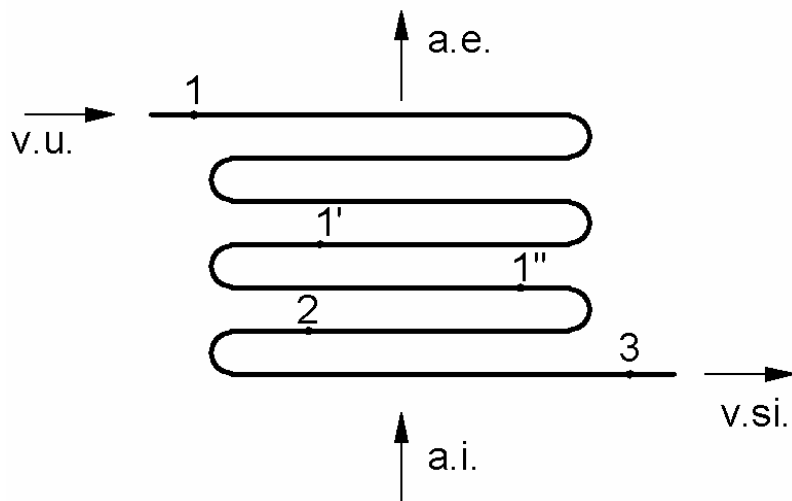


Fig. 19. Schema răcitorului răcit cu aer

Evoluția procesului de vaporizare, în interiorul țevii din care este construită serpentina vaporizatorului, este prezentată în figura 20.

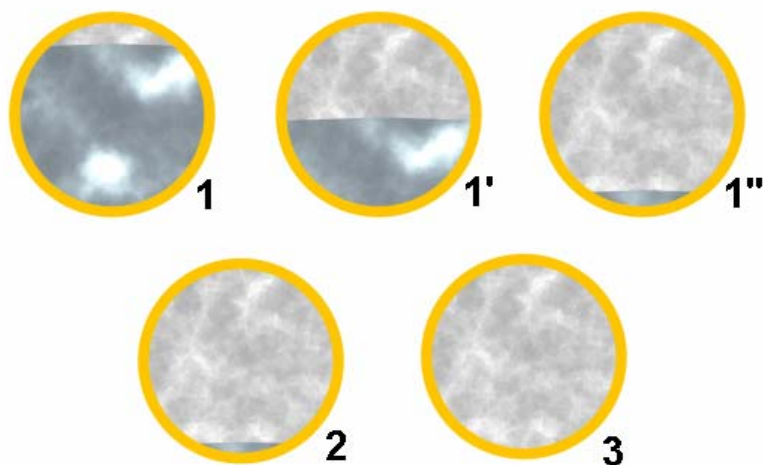


Fig. 20. Evoluția procesului de vaporizare în țevi

La intrarea în vaporizator (1) titlul vaporilor umezi, este de cca. 15...25%. Această stare poate fi considerată cea de ieșire a agentului frigorific din dispozitivul de laminare.

Ponderea vaporilor în amestecul cu lichidul crește continuu, de la intrarea spre ieșirea agentului frigorific (1', 1''). Astfel cantitatea de lichid din țevă scade continuu, iar cantitatea de vaporii crește permanent.

Vaporizarea propriu-zisă se încheie odată cu schimbarea stării de agregare a ultimei picături de lichid (2).

Pe toată durata procesului de vaporizare 1-2, temperatura rămâne constantă, la valoarea temperaturii de vaporizare t_0 , iar vaporii de agent frigorific sunt saturați și se găsesc în echilibru cu lichidul, care de asemenea este saturat.

Pentru vaporizarea propriu-zisă este utilizată aproximativ 85-90% din suprafața totală a vaporizatorului.

În ultima parte a suprafeței de transfer termic a vaporizatorului, agentul frigorific aflat în stare de vaporii, continuă să rămână în contact cu aerul mai cald și astfel va continua să absoarbă căldură mărindu-și temperatura cu câteva grade și ajungând ca la ieșirea din aparat

să fie ușor supraîncălzit (3). Pentru supraîncălzire este utilizată cca. 10-15% din suprafața totală a vaporizatorului.

La intrarea în vaporizator, vaporii umezi de agent frigorific (1) au temperatura de vaporizare t_0 , iar la ieșire (3), vaporii obținuți sunt ușor supraîncălziți, valoarea temperaturii acestora purtând denumirea de temperatură de supraîncălzire t_{si} .

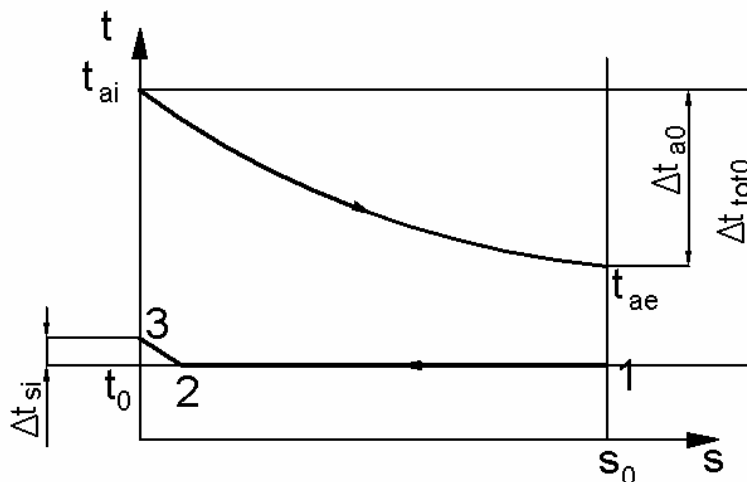


Fig. 21. Regimul termic al vaporizatorului răcitor de aer

Regimul termic al vaporizatorului care preia căldură de la aer, este determinat de caracteristicile constructive ale aparatului (materiale, dimensiuni geometrice, starea suprafețelor, etc.), de regimul de curgere (debite, respectiv viteze de curgere), modul de amplasare a ventilatoarelor care asigură circulația aerului, etc. și este prezentat în figura 21.

Calculul regimului termic al vaporizatorului constă în determinarea tuturor temperaturilor caracteristice. Obiectivul principal al calculului regimului termic, este determinarea temperaturii de vaporizare t_0 , care reprezintă unul din parametrii interni de lucru ai instalației.

Temperatura aerului la intrarea în vaporizator t_{ai} , este cunoscută, indiferent de tipul aplicației, reprezentând temperatura aerului exterior.

Temperatura aerului la ieșirea din vaporizator a fost notată cu t_{ae} , iar variația temperaturii aerului în vaporizator, sau gradul de răcire a aerului, a fost notată cu Δt_{a0} .

$$\Delta t_{a0} = t_{ai} - t_{ae} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Variația temperaturii aerului în vaporizator, are în cazul unor construcții uzuale și condiții de lucru normale valorile:

$$\Delta t_{a0} = 6 \dots 10^\circ\text{C}$$

Temperatura aerului, la ieșirea din vaporizator se poate determina cu relația:

$$t_{ae} = t_{ai} - \Delta t_{a0} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$t_{ae} = t_{ai} - 6 \dots 10 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Diferența dintre temperatura aerului la ieșirea din aparat și temperatura de vaporizare, este la construcții uzuale și în condiții normale:

$$t_{ae} - t_0 = 6 \dots 10^\circ\text{C}$$

Diferența totală de temperatură din vaporizator, este diferența dintre temperatura aerului la intrarea în acesta și temperatura de vaporizare, iar în condițiile prezentate, valoarea normală este:

$$\Delta t_{tot0} = t_{ai} - t_0 = 12 \dots 20^\circ\text{C}$$

Temperatura de vaporizare, se poate determina direct în funcție de temperatura aerului la intrare și diferența totală de temperatură în vaporizator:

$$t_0 = t_{ai} - \Delta t_{tot0} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$t_0 = t_{ai} - 12 \dots 20 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Presiunea de vaporizare p_0 , poate fi determinată ușor, dacă se cunoaște temperatura de vaporizare, cu ajutorul diagramelor sau tabelelor termodinamice, corespunzătoare agentului de lucru din instalație:

$$t_0 \rightarrow p_0$$

Gradul de supraîncălzire a vaporilor Δt_{si} , reprezintă diferența dintre temperatura vaporilor la ieșirea din vaporizator și temperatura de vaporizare:

$$\Delta t_{si} = t_{si} - t_0 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Valorile normale ale gradului de subrăcire, se încadrează în intervalul:

$$\Delta t_{si} = 5 \dots 8^\circ\text{C}$$

Temperatura de supraîncălzire, cea la care ies vaporii de agent frigorific din vaporizator, se poate calcula cu relația:

$$t_{si} = t_0 + \Delta t_{si} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

În figura 22 este prezentat un exemplu de regim termic particular, pentru un vaporizator de pompă de căldură, care preia căldură de la aer, având o construcție uzuală și condiții de lucru medii.

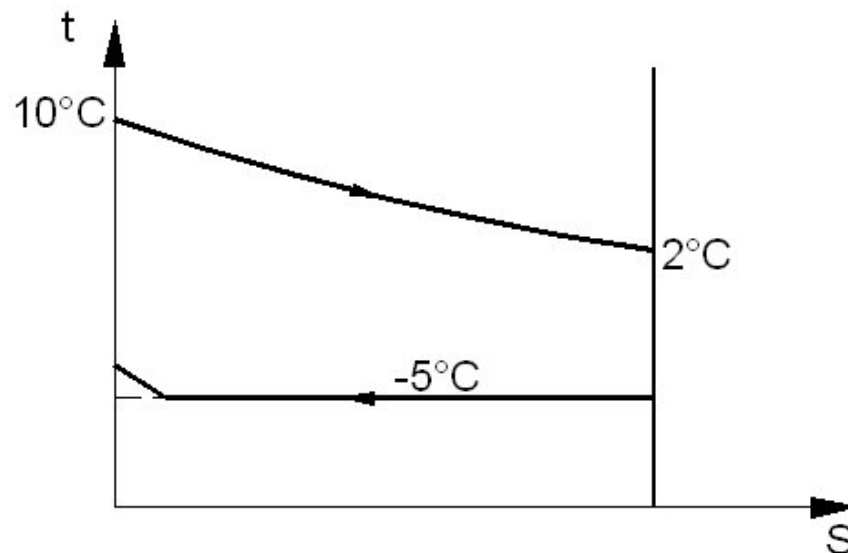


Fig. 22. Regim termic particular al unui vaporizator care preia căldură de la aer

Vaporizator în pompe de căldură apă-apă

Din punct de vedere constructiv, vaporizatorul acestor pompe de căldură este realizat sub forma unui schimbător de căldură cu plăci brazate, iar schema de montaj în instalație este prezentată în figura 23.

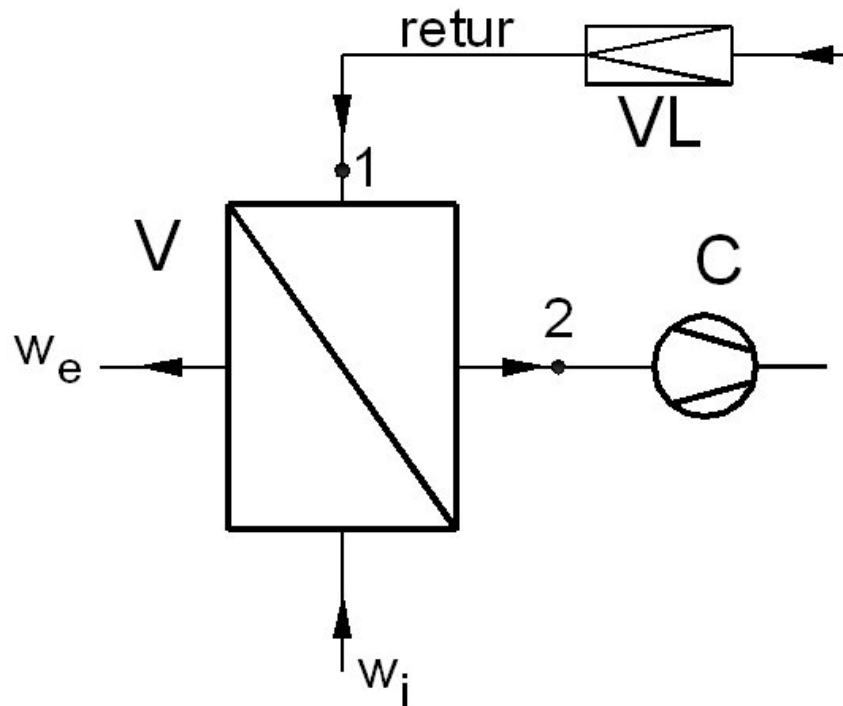


Fig. 23. Schema de montaj a vaporizatorului unei pompe de căldură apă-apă

V – vaporizator; C – compresor; VL – ventil de laminare
wi – apa la intrarea în vaporizator; we – apa la ieșirea din vaporizator;
1 – agent frigorigen lichid; 2 – agent frigorigen sub formă de vapor

După ventilul de laminare, la intrarea în vaporizator, agentul frigorigen se găsește în domeniul de vapor umezi, adică reprezintă un amestec de lichid și vapor saturați. Lichidul vaporizează în contact termic cu apa freatică de la care preia căldură, iar la ieșirea din vaporizator se obțin vapor de agent frigorigen, ușor subrăciți, având starea 2.

În orice secțiune a vaporizatorului, agentul frigorific are temperatura mai scăzută decât a apei de la care preia căldura, așa cum se observă în figura 24, care prezintă regimul termic al vaporizatorului.

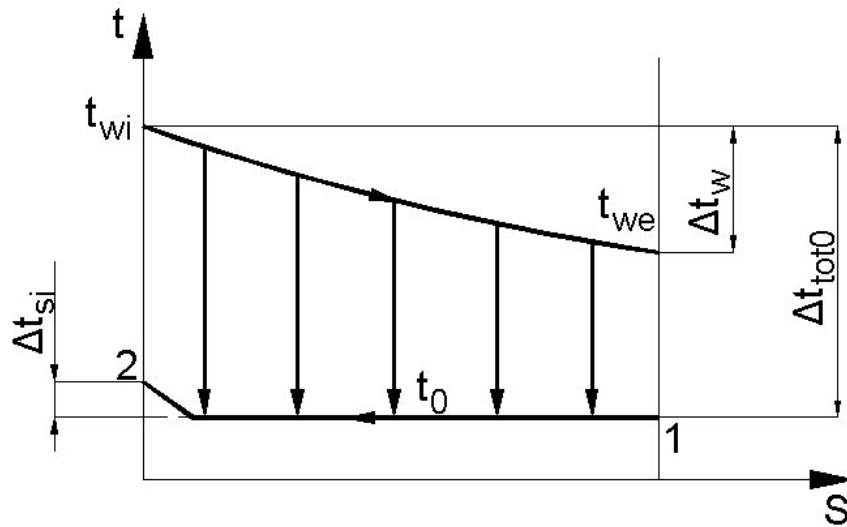


Fig. 24. Regimul termic al vaporizatorului unei pompe de căldură apă-apă

Temperatura apei la intrarea în vaporizator, are valoarea $t_{wi}=10\dots12^\circ\text{C}$, relativ constantă în tot timpul anului.

Variația temperaturii apei în vaporizator Δt_w este:

$$\Delta t_w = t_{wi} - t_{we} = (3\dots6)^\circ\text{C}$$

Temperatura apei la ieșirea din vaporizator t_{we} se calculează cu relația:

$$t_{we} = t_{wi} - \Delta t_w$$

$$t_{we} = t_{wi} - (3\dots6)^\circ\text{C}$$

Diferența totală de temperatură din vaporizator Δt_{tot0} este:

$$\Delta t_{tot0} = (6\dots10)^\circ\text{C}$$

Temperatura de vaporizare t_0 se poate calcula cu relația:

$$t_0 = t_{wi} - \Delta t_{tot0}$$

$$t_0 = t_{wi} - (6\dots10)^\circ\text{C}$$

Dacă se cunoaște temperatura de vaporizare, cu ajutorul tabelor sau diagramelor termodinamice, se poate determina presiunea de vaporizare p_0 :

$$t_0 \rightarrow p_0$$

Gradul de supraîncălzire Δt_{si} asigurat în vaporizator este:

$$\Delta t_{si} = (4\dots7)^\circ\text{C}$$

În figura 25 este prezentat un regim termic particular, pentru un vaporizator de pompă de căldură apă-apă.

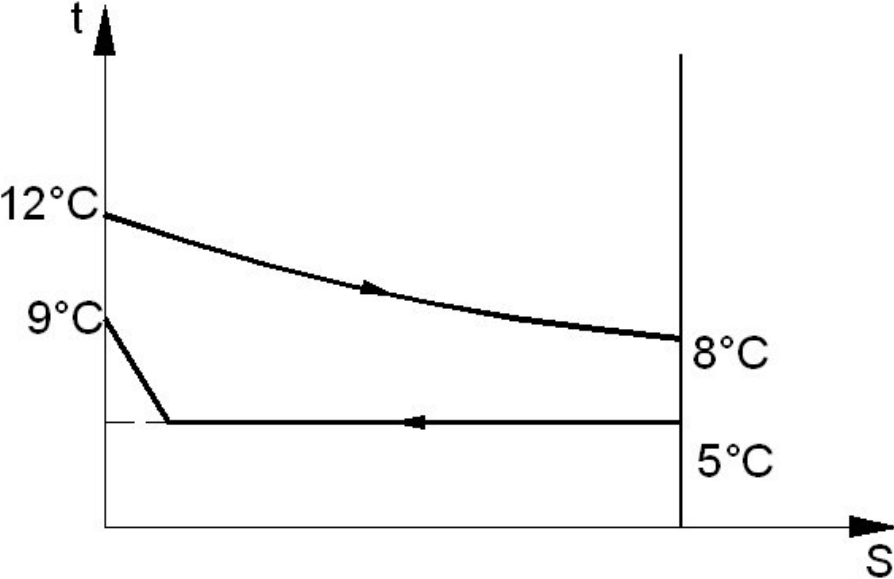


Fig. 25. Regim termic particular al unui vaporizator de pompă de căldură apă-apă

Vaporizator în pompe de căldură sol-apă cu colectori

În cazul pompelor de căldură sol-apă, există trei situații posibile de funcționare a vaporizatoarelor și anume:

- Pompă de căldură sol-apă cu colectori orizontali;
- Pompă de căldură sol-apă cu colectori verticali;
- Pompă de căldură sol-apă cu vaporizare în sol.

În primele două cazuri, construcția vaporizatorului este realizată sub forma unui schimbător de căldură cu plăci brazate, dar diferă regimul termic de funcționare a vaporizatorului, iar în al treilea caz, vaporizatorul este construit sub formă de serpentine realizate din țevide cupru cauciucate, amplasate direct în sol.

Schema de montaj a vaporizatoarelor pompelor de căldură sol-apă cu colectori orizontali, este prezentată în figura 26, iar schema de montaj a vaporizatoarelor pompelor de căldură sol-apă cu colectori verticali, este prezentată în figura 27. În ambele variante, agentul de lucru pe circuitul intermediar, este un antigel, pentru a preveni orice posibilitate de înghețare a agentului de lucru pe acest circuit.

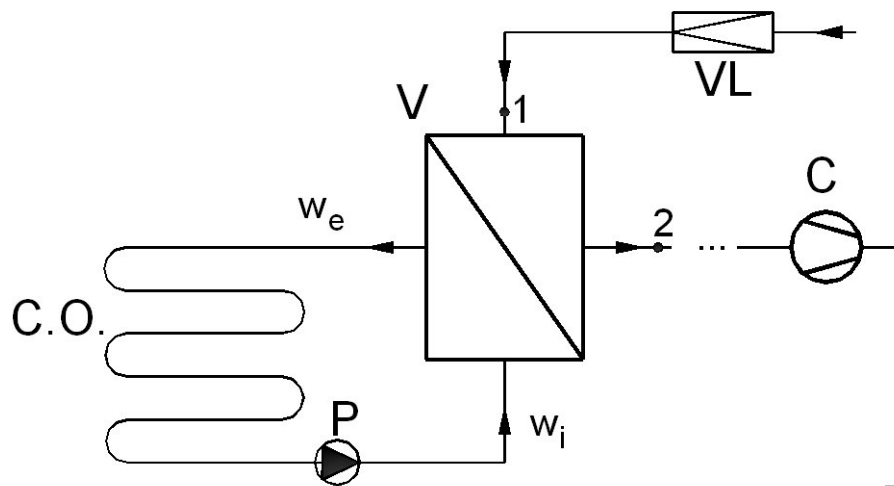


Fig. 26. Schema de montaj a vaporizatoarelor pompelor de căldură sol-apă cu colectori orizontali

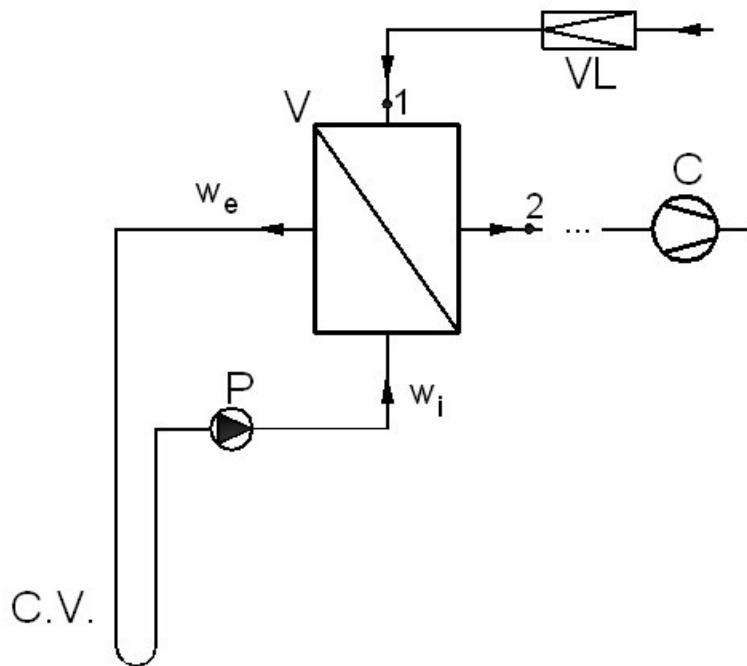


Fig. 27. Schema de montaj a vaporizatoarelor pompelor de căldură sol-apă cu colectori verticali

Schema regimului termic, pentru cele două tipuri de colectori, este prezentată în figura 28. Singurele diferențe constau în valorile absolute ale temperaturilor.

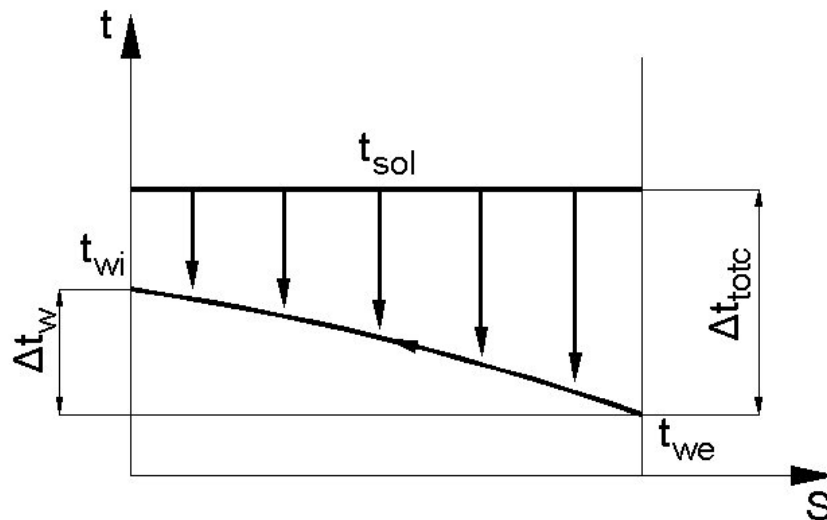


Fig. 28. Schema regimului termic al colectoarelor de căldură din sol

În cazul colectoarelor orizontale, la adâncimea de cca. 1,5m temperatura solului poate fi considerată $t_{sol}=5...7^{\circ}C$, iar în cazul colectoarelor verticale, la adâncimi de peste 15...20m, temperatura solului poate fi considerată $t_{sol}=10^{\circ}C$

Temperatura agentului intermediar la ieșirea din vaporizator, respectiv la intrarea în colectori, t_{we} (indiferent de tipul colectoarelor), se calculează cu relația:

$$t_{we} = t_{sol} - \Delta t_{totc}$$

$$t_{we} = t_{sol} - (8...12)^{\circ}\text{C}$$

Variația temperaturii agentului intermediar, în colectori Δt_w , este:

$$\Delta t_w = (3...6)^{\circ}\text{C}$$

Temperatura agentului intermediar la intrarea în vaporizator, respectiv la ieșirea din colectori, t_{wi} (indiferent de tipul colectoarelor), se calculează cu relația:

$$t_{wi} = t_{we} + \Delta t_w$$

$$t_{wi} = t_{we} + (3...6)^{\circ}\text{C}$$

În figura 29 este prezentată schema regimului termic al vaporizatorului pompelor de căldură sol-apă, cu colectori.

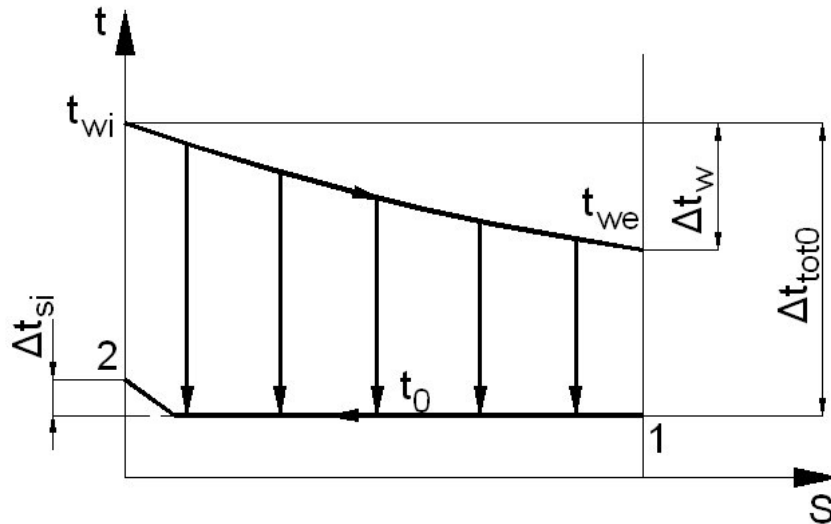


Fig. 29. Schema regimului termic al vaporizatorului pompelor de căldură sol-apă, cu colectori

În vaporizator, agentul intermediar cedează căldura absorbită din sol, cu ajutorul colectoarelor orizontale sau verticale.

Diferența totală de temperatură pe vaporizator Δt_{tot0} este:

$$\Delta t_{tot0} = (8...12)^{\circ}\text{C}$$

Temperatura de vaporizare t_0 se calculează cu relația:

$$t_0 = t_{wi} - \Delta t_{tot0}$$

$$t_0 = t_{wi} - (8...12)^{\circ}\text{C}$$

În figura 30, este prezentată pe o singură diagramă temperatură-suprafață, schema combinată a regimurilor termice din colectori amplasați în sol și din vaporizator.

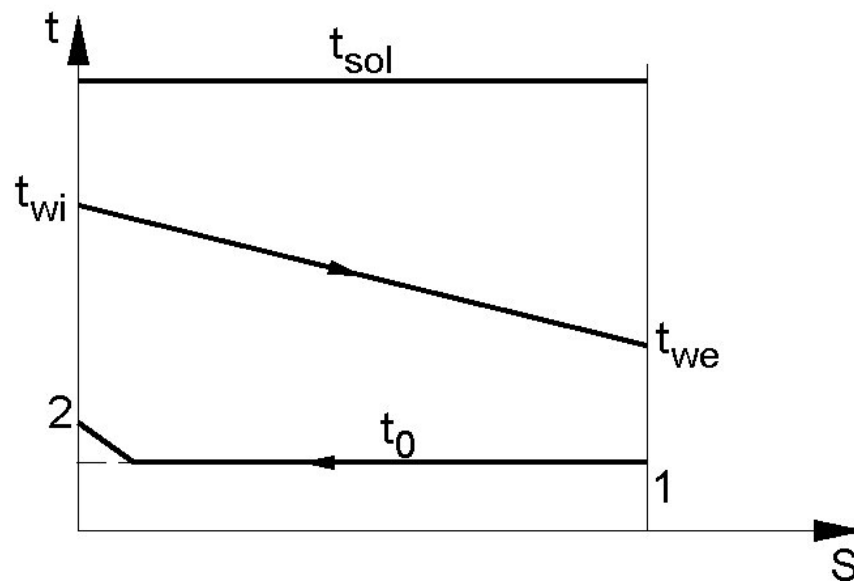


Fig. 30. Schema combinată a regimurilor termice din colectori și vaporizator

În figurile 31 și 32 sunt prezentate regimuri termice particulare pentru colectori orizontali respectiv verticali, amplasați în sol și pentru vaporizatoarele aferente.

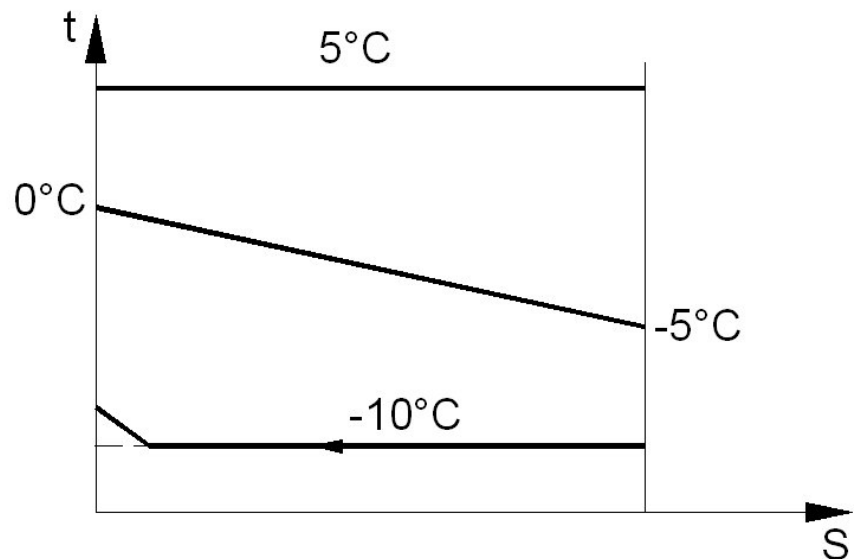


Fig. 31. Regimuri termice particulare pt. un colector orizontal și pt. vaporizator

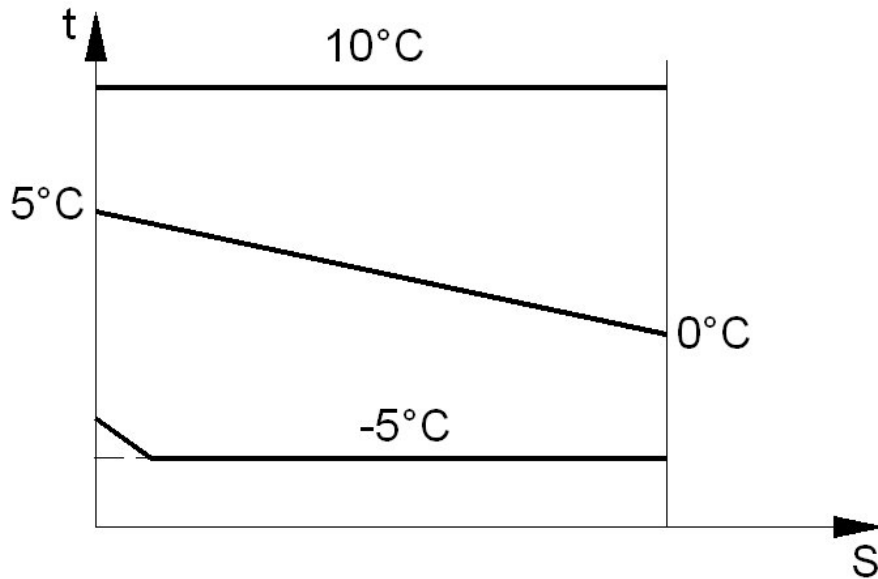


Fig. 32. Regimuri termice particulare pt. un colector vertical și pt. vaporizator

Se observă că în cazul colectoarelor verticale, toate valorile temperaturilor sunt ceva mai ridicate decât în cazul colectoarelor orizontale, deoarece temperatura solului la adâncime mai mare este superioară temperaturii solului la adâncimi reduse. Din acest motiv, temperatura și presiunea de vaporizare corespunzătoare, vor fi mai ridicate în cazul colectoarelor verticale, ceea ce reprezintă un avantaj.

Un alt avantaj al utilizării colectoarelor verticale, este reprezentat de faptul că în adâncime, temperatura solului poate fi considerată constantă și după ce se extrage căldură o perioadă îndelungată, în timp ce în cazul colectoarelor orizontale, după o perioadă îndelungată de exploatare, la sfârșitul sezonului de încălzire se poate constata o ușoară scădere a temperaturii solului, care însă va crește la loc pe timpul verii, până la începutul următorului sezon de încălzire.

Vaporizator în pompe de căldură sol-apă cu vaporizare directă

Schema de montaj a vaporizatorului pompelor de căldură cu vaporizare directă în sol, este prezentată în figura 33. În cazul acestor pompe de căldură, vaporizatorul este amplasat direct în sol, iar agentul frigorific (cel mai adesea propan - R290), preia caldura direct de la sol, fără a mai fi necesară prezența unui circuit intermediar.

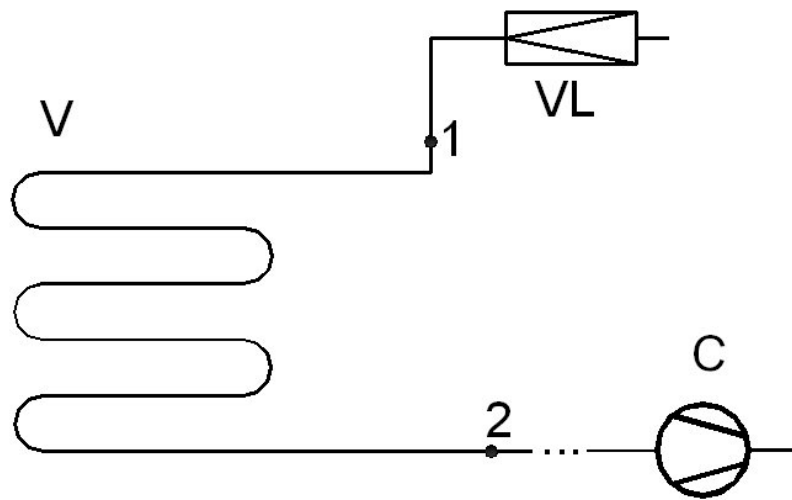


Fig. 33. Schema de montaj a vaporizatorului pompelor de căldură cu vaporizare directă în sol

Schema regimului termic al vaporizatorului, este prezentată în figura 34.

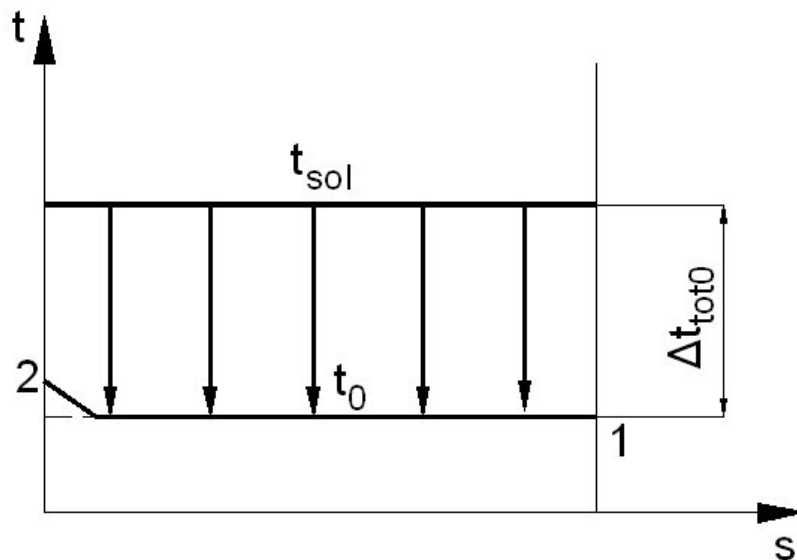


Fig. 34. Schema regimului termic al colectoarelor de căldură din sol

La adâncimea de montaj a vaporizatorului, de cca. 1,5m temperatura solului poate fi considerată $t_{sol}=5...7^{\circ}C$.

Diferența totală de temperatură pe vaporizator Δt_{tot0} este:

$$\Delta t_{tot0} = (8...12)^{\circ}C$$

Temperatura de vaporizare t_0 se calculează cu relația:

$$t_0 = t_{\text{sol}} - \Delta t_{\text{tot}0}$$
$$t_0 = t_{\text{sol}} - (8 \dots 12)^\circ\text{C}$$

În figura 35 este prezentat un regim termic particular pentru vaporizatorul amplasat în sol, al unei pompe de căldură.

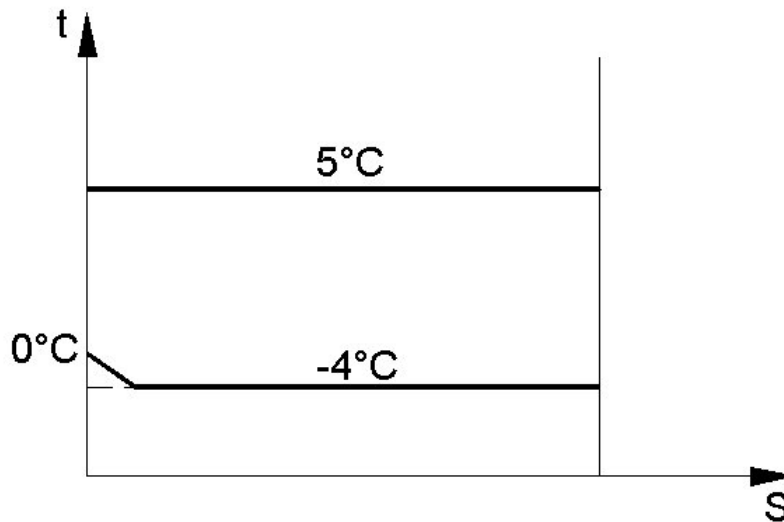


Fig. 35. Regim termic particular pt. un vaporizator amplasat în sol

Se observă că în cazul vaporizatorului amplasat direct în sol, din cauza lipsei circuitului cu agent intermediar, temperatura și presiunea de vaporizare corespunzătoare, vor fi mai ridicate decât în cazul utilizării colectoarelor orizontale sau verticale, ceea ce reprezintă un avantaj considerabil, pentru că în cazul acestui regim de funcționare, și consumurile de energie ale pompei de căldură vor fi mai reduse decât în alte situații, iar eficiența pompei de căldură va fi mai ridicată.

Un dezavantaj al amplasării vaporizatorului direct în sol, este reprezentat de faptul că intervențiile tehnice în cazul producerii unor avarii ale vaporizatorului, sunt extrem de dificile și costisitoare.