



Sveučilište u Rijeci
Tehnički fakultet

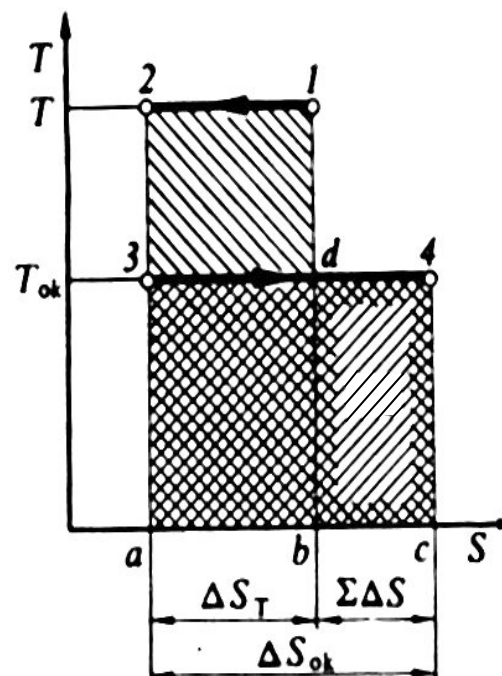
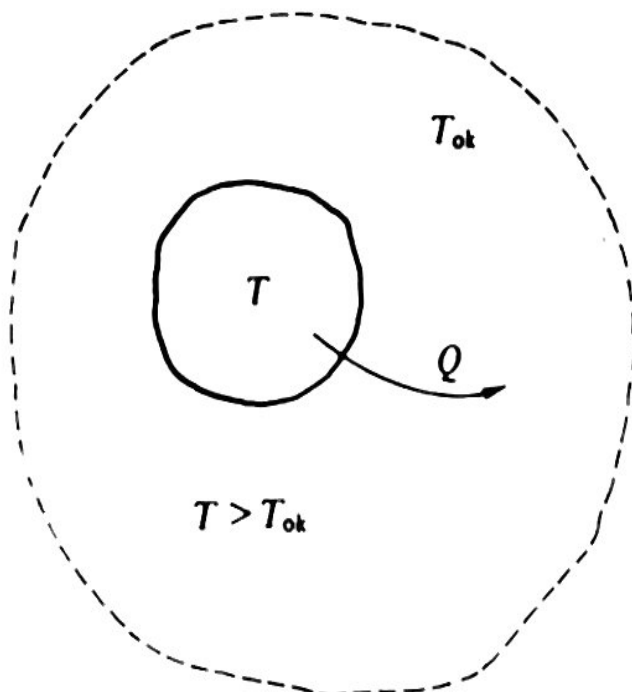


Radni procesi i toplinski izvori za dizalice topline

Pripremio:
Branimir Pavković

Rijeka, 15. svibnja 2006.

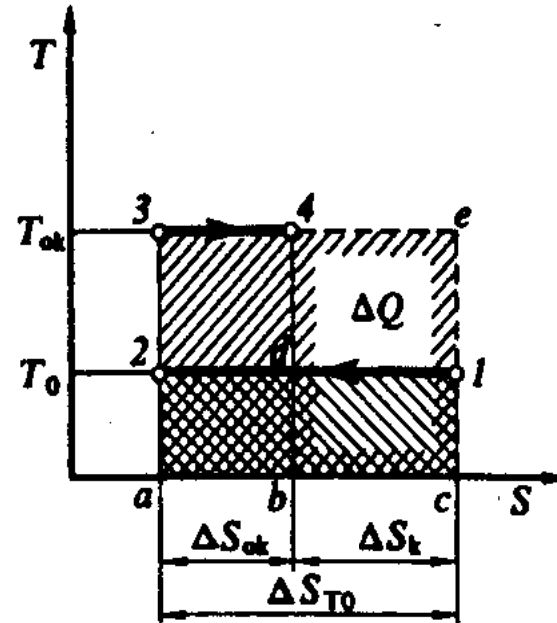
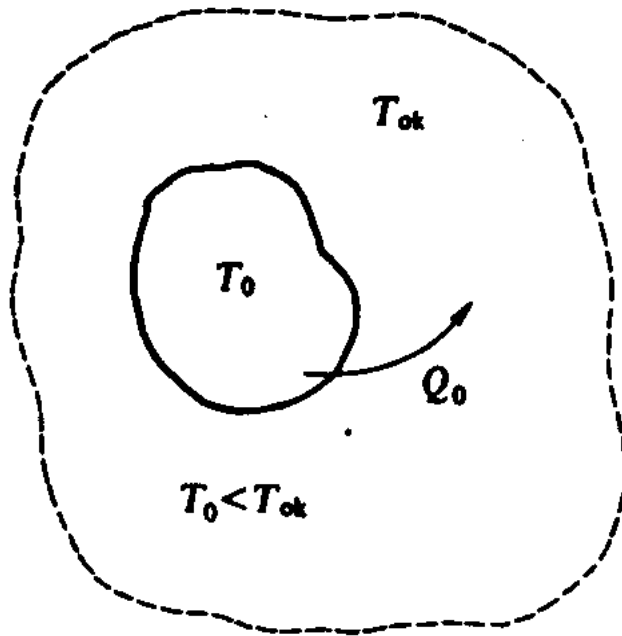
PRIRODNO HLAĐENJE



Prirodno se hlađenje odvija samo od sebe, jer pri temperaturi tijela T većoj od temperature okoline T_{ok} , hlađeno tijelo temperature nepovrativo teži toplinskoj ravnoteži s okolinom. Ukupni je prirast entropije pozitivan, i proces se odvija sam od sebe, nepovrativo.

$$\sum \Delta S = \Delta S_{ok} + \Delta S_T = Q \left(\frac{1}{T_{ok}} - \frac{1}{T} \right) > 0$$

PROCESNO HLAĐENJE



Kada treba osigurati hlađenje tijela koje je na temperaturi T_0 nižoj od temperature okoline prirast entropije cjelokupnog sustava bio bi negativan, tj. toplina bi trebala prijeći od tijela niže na tijelo više temperature, što nije moguće.

$$\sum \Delta S = \Delta S_{ok} + \Delta S_{T0} = Q_0 \left(\frac{1}{T_{ok}} - \frac{1}{T_0} \right) < 0$$

Da bi se omogućio prijenos topline s niže na višu temperaturu mora se dodatnim procesom, okolini pored topline Q_0 dovesti i neka toplina ΔQ (4ecb) nastala pretvaranjem nekog drugog oblika energije i tako se dobije dodatni pozitivni prirast entropije prikazan na slici dužinom b-c. Ukupni prirast entropije treba biti veći ili barem jednak nuli.

$$\sum \Delta S = \Delta S_{ok} + \Delta S_k + \Delta S_{T_0} = \left(\frac{Q_0}{T_{ok}} + \frac{\Delta Q}{T_{ok}} - \frac{Q_0}{T_0} \right) = 0$$

Minimalni iznos energije za kompenzaciju negativnog prirasta sumarne entropije iznosi odatle

$$\Delta Q = Q_0 \frac{T_{ok} - T_0}{T_0}$$

Da bi se proces mogao praktički provesti, trebati će dovesti više energije od ΔQ , pa će sveukupna promjena entropije biti

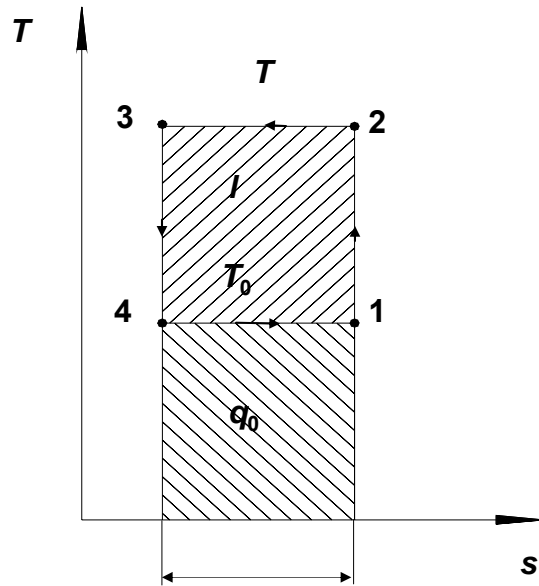
$$\sum \Delta S > 0$$

Kod kompresijskih je rashladnih procesa mehanički rad potrebna kompenzacijska energija, pa vrijedi

$$L = Q_0 \frac{T_{ok} - T_0}{T_0}$$

Odatle slijedi faktor hlađenja (rashladni množilac), pomoću kojeg se može ocijeniti dobrota rashladnog procesa.

$$\varepsilon_{0C} = COP_{0C} = \frac{Q_0}{L} = \frac{T_0}{T_{ok} - T_0}$$

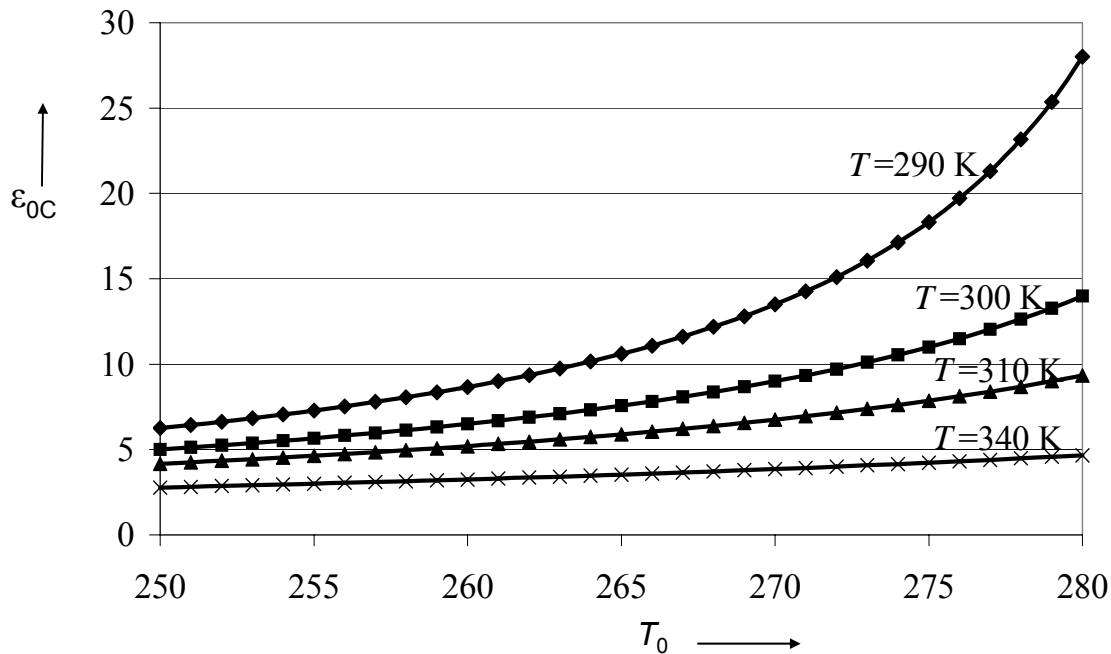


Faktor hlađenja (rashladni množilac)

$$\varepsilon_{0C} = COP_{0C} = \frac{Q_0}{L} = \frac{T_0}{T_{ok} - T_0}$$

je to povoljniji (viši) što je manja razlika temperatura T i T_0 . Za konstantnu temperaturu T_0 faktor je hlađenja viši što je niža temperatura T .

Za konstantnu temperaturu T faktor je hlađenja viši što je viša temperatura T_0



Faktor grijanja može se također izraziti pomoću temperatura

$$\varepsilon_C = COP_C = \frac{T}{T - T_0}$$

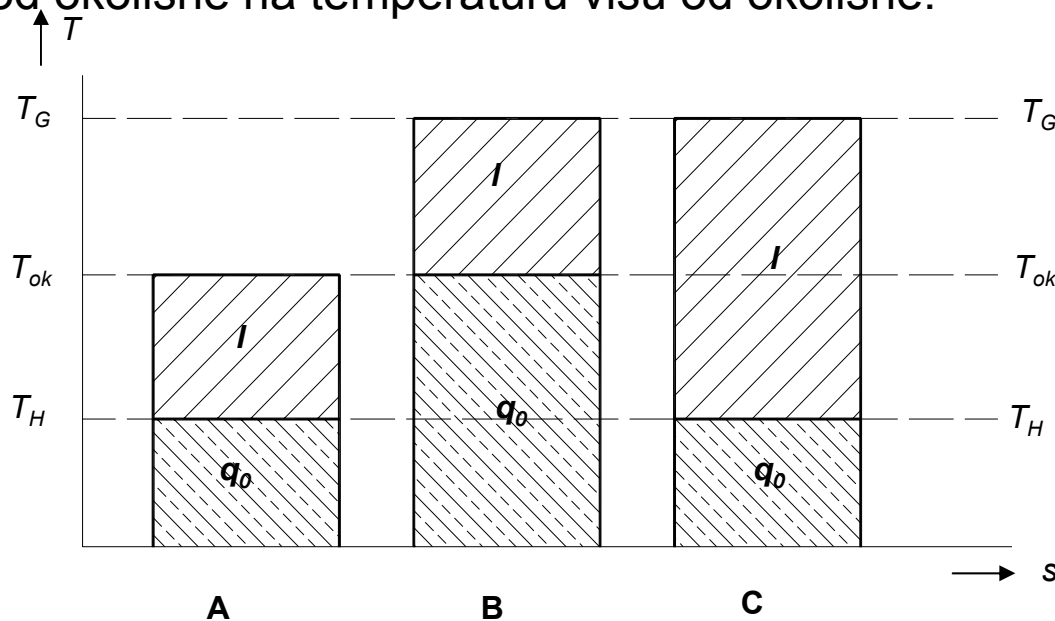
Kako je $Q = Q_0 + L$

vrijedi $\varepsilon_0 = \varepsilon - 1$

RASHLADNI, OGRJEVNI I OGRJEVNO-RASHLADNI PROCESI

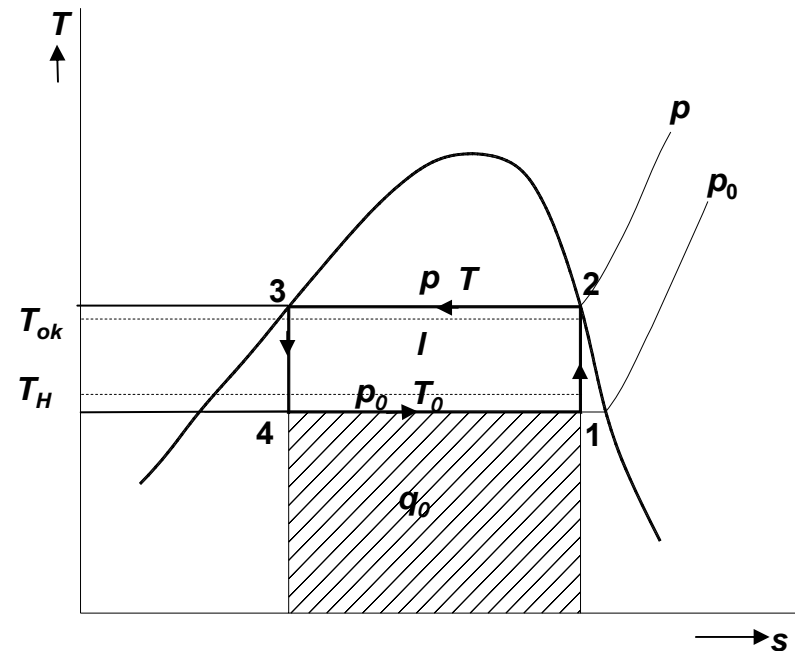
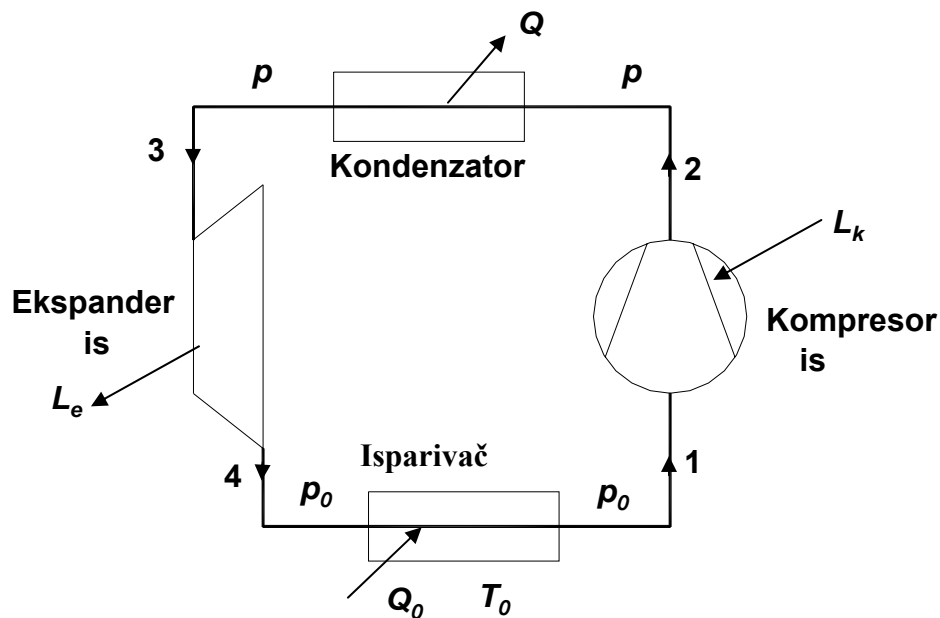
Upravo zbog sposobnosti ljevokretnih rashladnih procesa da utroškom energije podižu toplinu s niže na višu temperaturnu razinu, nazivaju se i dizalicama topline. Iako se svakim ljevokretnim kružnim procesom prenosi toplina s niže temperature na neku višu temperaturu, razlikuju se tri vrste takvih procesa.

- Kad se takvim kružnim procesom prenosi toplina od niske temperature na višu okolišnu temperaturu, proces se naziva rashladnim procesom.
- Ako se takvim kružnim procesom prenosi toplina s okolišne temperature na neku višu temperaturu, npr. radi grijanja, takav se proces naziva ogrjevnim procesom, a uređaj se uobičajeno naziva dizalicom topline (toplinskom crpkom).
- Treći su ogrjevno-rashladni procesi kod kojih se toplina prenosi s temperature niže od okolišne na temperaturu višu od okolišne.



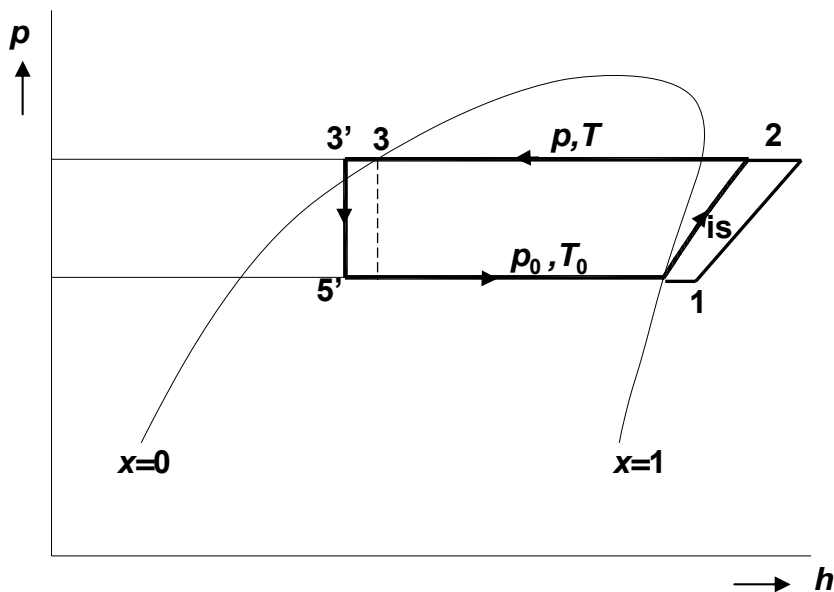
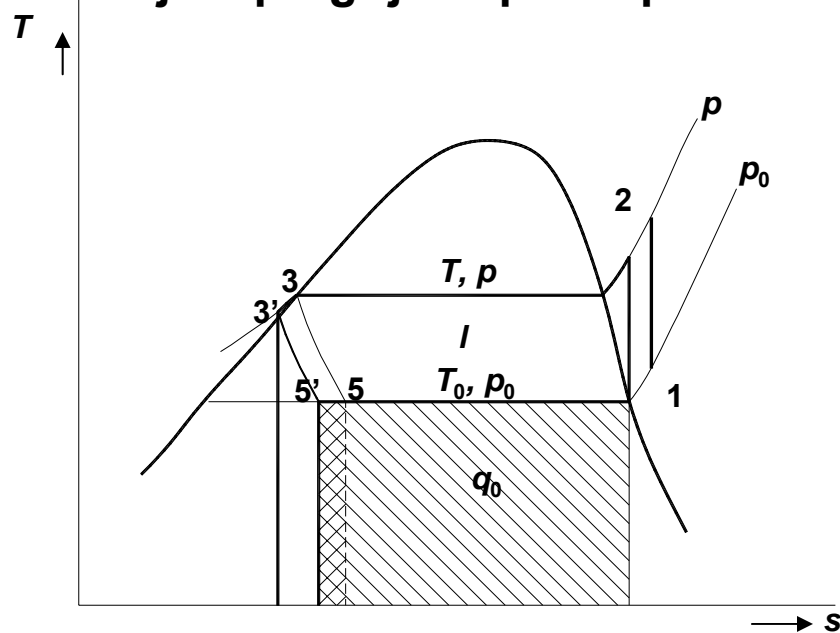
Rashladni proces (A),
ogrjevni proces (B)
ogrjevno-rashladni proces
(C) u T,s - dijagramu

Parni rashladni uređaji rade s radnom tvari kod koje proces pada u zasićeno područje, pa je dovođenje topline kod konstantne temperature T_0 i tlaka p_0 , dok je odvođenje topline kod konstantne temperature T i tlaka p . To je moguće jer su kod jednokomponentnih radnih tvari u zasićenom području izoterme ujedno i izobare. Unutar zasićenog područja može se i praktički provesti Carnotov proces između temperatura T_0 i T .



U stvarnosti bi bilo nezgodno provesti ovakav postupak. Upotrebom ekspandera ne bi bilo moguće dobiti rad koji bi opravdao njegovu primjenu. Nadalje, kod kompresora bi usisavanje zasićene pare stvorilo niz problema. Pothlađivanje kapljevite radne tvari pri tlaku p doprinesti će povećanju faktora hlađenja.

Jednostupanjski kompresijski rashladni proces s izentropskom kompresijom, usisavanjem pregrijane pare i pothlađivanjem kapljevine (zanemaren pad tlaka)



Specifični rad $l = h_2 - h_1$ kJ/kg

Specifični rashladni učinak $q_0 = h_1 - h_5$, kJ/kg

Toplina odvedena u kondenzatoru $q_k = h_2 - h_3$, kJ/kg

Volumetrijski rashladni učinak

$$q_{0v} = q_0 \rho_1 \text{ kJ/m}^3$$

Protok radne tvari $\dot{M} = \frac{\dot{Q}_0}{q_0}$ kg/s

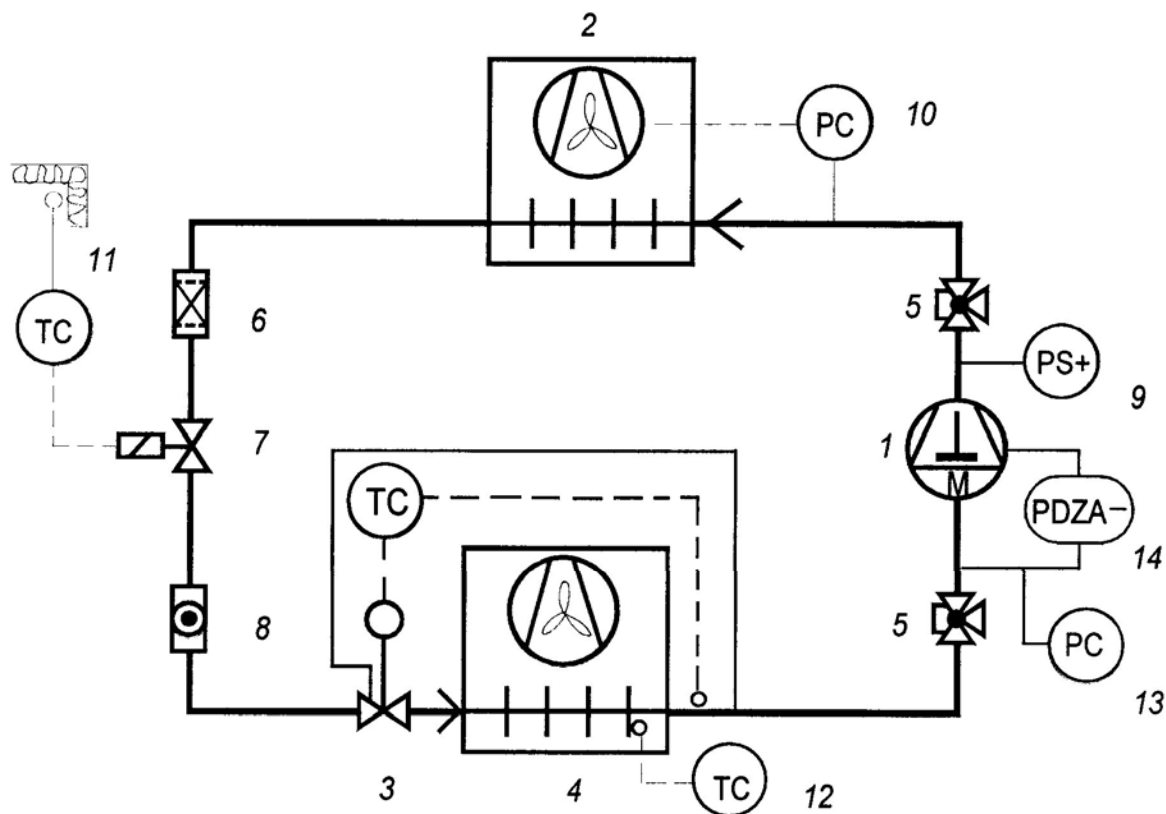
Ogrjevni učinak $\dot{Q}_k = \dot{M} q_k$ kW

Snaga kompresora $\dot{P} = \dot{M} l$ kW

Faktor hlađenja $\varepsilon_0 = \frac{\dot{Q}_0}{\dot{P}} = \frac{q_0}{l} = \frac{h_1 - h_3}{h_2 - h_1}$

Efektivna snaga $\dot{P}_e = \frac{\dot{P}}{\eta}$ kW

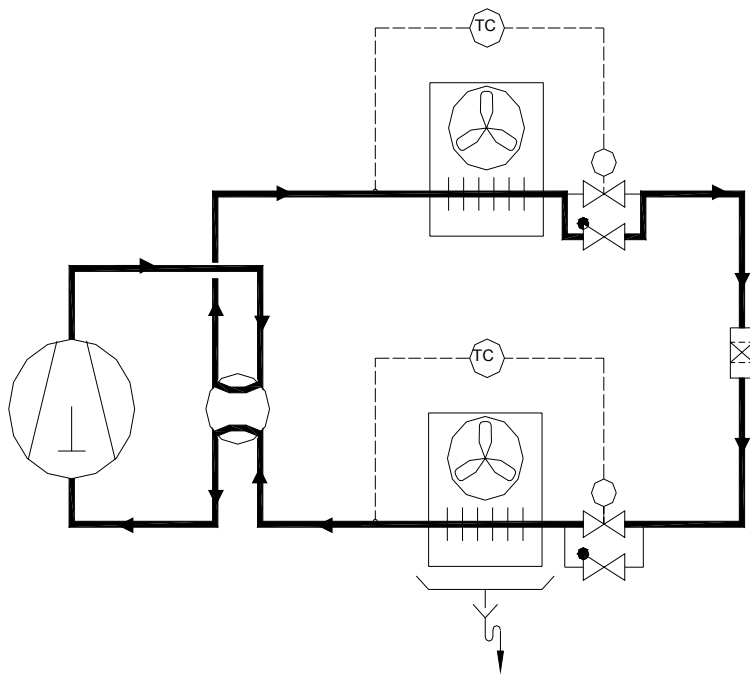
Rashladni uređaj



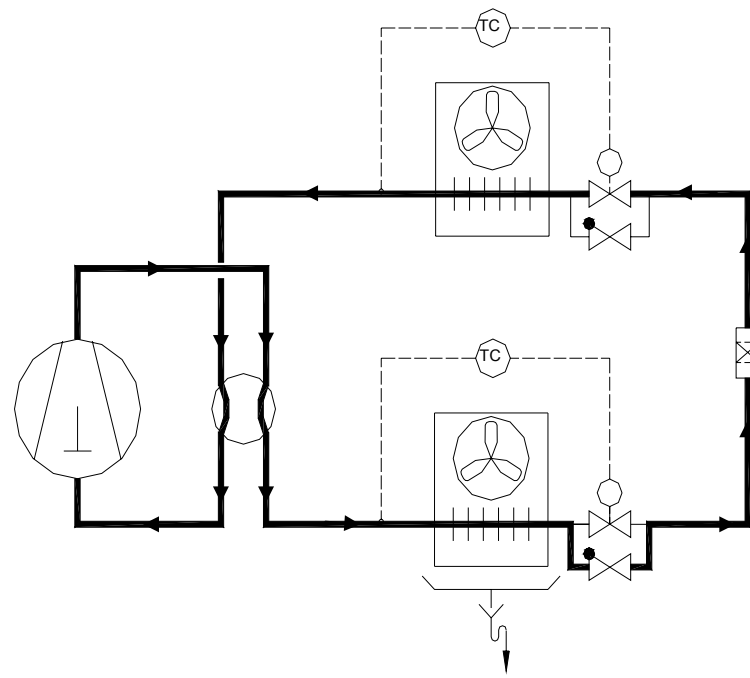
- 1- kompresor hlađen parom radne tvari
- 2- kondenzator
- 3- TEV s vanjskim izjednačenjem tlaka
- 4- isparivač
- 5- ventil
- 6- filter sušač

- 7- magnetni ventil
- 8- kontrolno staklo s indikatorom vlage
- 9- visokotlačni presostat
- 11- prostorni termostat
- 13- niskotlačni termostat
- 14- diferencijalni termostat za tlak ulja

Dizalica topline – reverzija smjera toka radne tvari



HLADENJE



GRIJANJE I ODLEĐIVANJE

Radne tvari

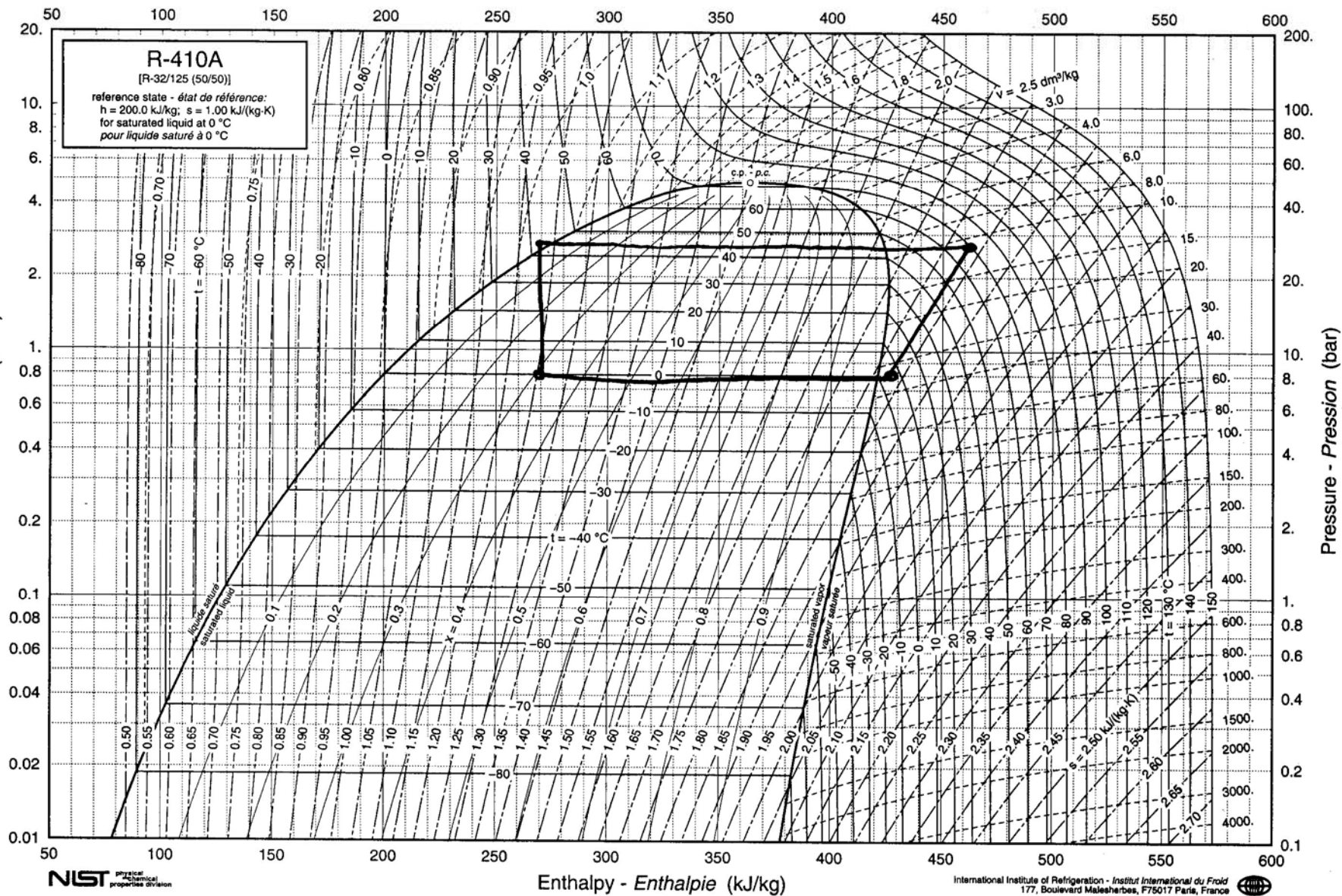
RT	Sastav	Zamjena za	GWP ₁₀₀	Primjena	Napomena
R134a		R12, R22	1300	Kućanski aparati i mali komercijalni rashladni uređaji	Prikladna za retrofitting
R152a		R12	140	Automobilski rashladni uređaji (u istraživanju)	Umjereno zapaljiva
R404a	143a/125/134a 52/44/4 %	R502, R22	3260	Nepokretne i pokretne hladnjače za smrznutu robu	Pseudo azeotropna RT
R407C	32/125/134a 23/25/52 %	R22	1526	Klimatizacija	Klizanje temperature
R417a	600/134a/125 3,5/50/46,5 %	R22	2138	Rashladnici vode, rashladne vitrine	Klizanje temperature
R410A	32/125 50/50 %	-	1725	Split sustavi za hlađenje	Visok tlak
R23		R13	11700	Kaskadni rashladni uređaji	Visok GWP
R600a (izo-butan)		R12, R134a	20	Kućanski aparati	Zapaljiva, eksplozivna
R744 (CO ₂)			1	Kaskadni rashladni uređaji	Previsok tlak, T _{kr} - niska
R717 (NH ₃)		R22	0	Industrijsko hlađenje	Otrovna

Svojstva radnih tvari koje se koriste u rashladnim uređajima manjeg kapaciteta

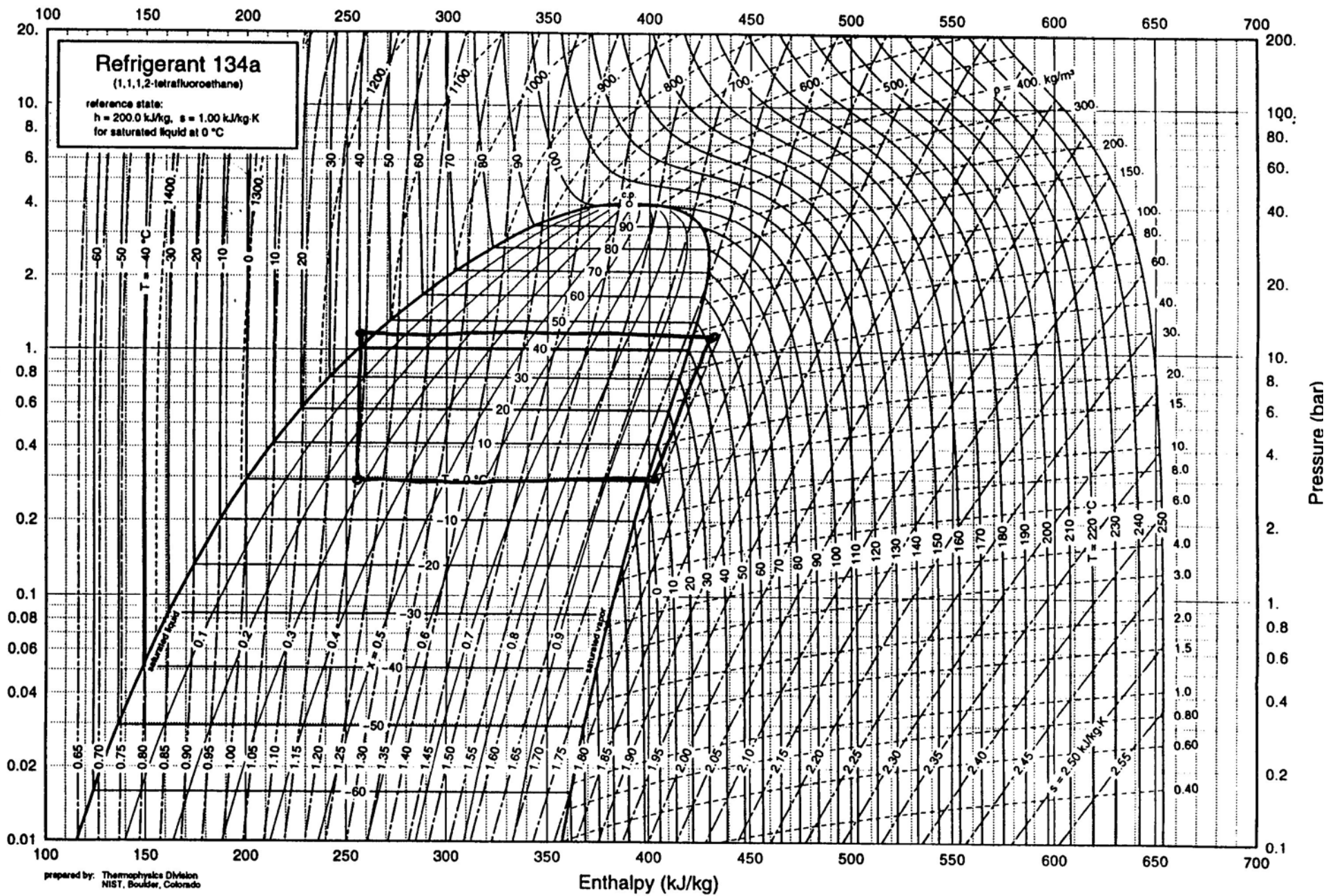
Svojstvo	R134a	R12	R152a	R600a
ODP	0	1	0	0
GWP ₁₀₀	1300	8100	140	20
Molekularna masa	102,03	120,9	66,05	58,12
Kritična temperatura, °C	101	111,97	113,3	134,7
Kritični tlak, bar	40,6	41,4	45,2	36,4
Temperatura isparavanja (1 bar), °C	-26,1	-29,8	-24	-11,6
Tlak isparavanja (-15 °C), bar	1,64	1,82	1,49	0,89
Gustoća kapljevine (30 °C), kg/m ³	1187	1293	886,6	544,3
Gustoća pare (-15 °C), kg/m ³	8,29	10,89	4,84	2,49
Spec. toplina isparavanja (-15 °C), kJ/kg	209,5	159,9	321,7	369,8
Volumetrički rashladni učinak, kJ/m ³	1285,3	1327,5	1225	688

Svojstva radnih tvari koje se koriste u srednjim i većim rashladnim uređajima

Svojstvo	R22	R404a	R410A	R407C	R717	R134a
ODP	0,055	0	0	0	0	0
GWP ₁₀₀	1500	3260	1725	1526	0	1300
Molekularna masa	86,47	97,6	72,59	86,2	17,03	102,03
Kritična temperatura, °C	96,2	72,14	70,17	86,05	135,25	101
Kritični tlak, bar	49,9	37,4	47,7	46,3	113,3	40,6
Temperatura vrenja (1 bar), °C	-40,8	-46,6	-51,6	-43,8	-33,33	-26,1
Klizanje temperature, °C	0	0,5	0,1	5 ÷ 7	0	0
Tlak vrenja/rošenja (-15 °C), bar	2,96	3,72	4,82	3,39/2,64	2,36	1,64
Gustoća kapljevine (30 °C), kg/m ³	1171	1021	1035	1116	595,2	1187
Gustoća pare (-15 °C), kg/m ³	12,9	18,57	18,43	11,48	1,97	8,29
Spec. toplina isparavanja (-15 °C), kJ/kg	216,5	177,7	237,6	221,9	1312,8	209,5
Volumetrički rashladni učinak, kJ/m ³	2178,8	2250,7	3243,7	1888,5	2214,3	1285,3

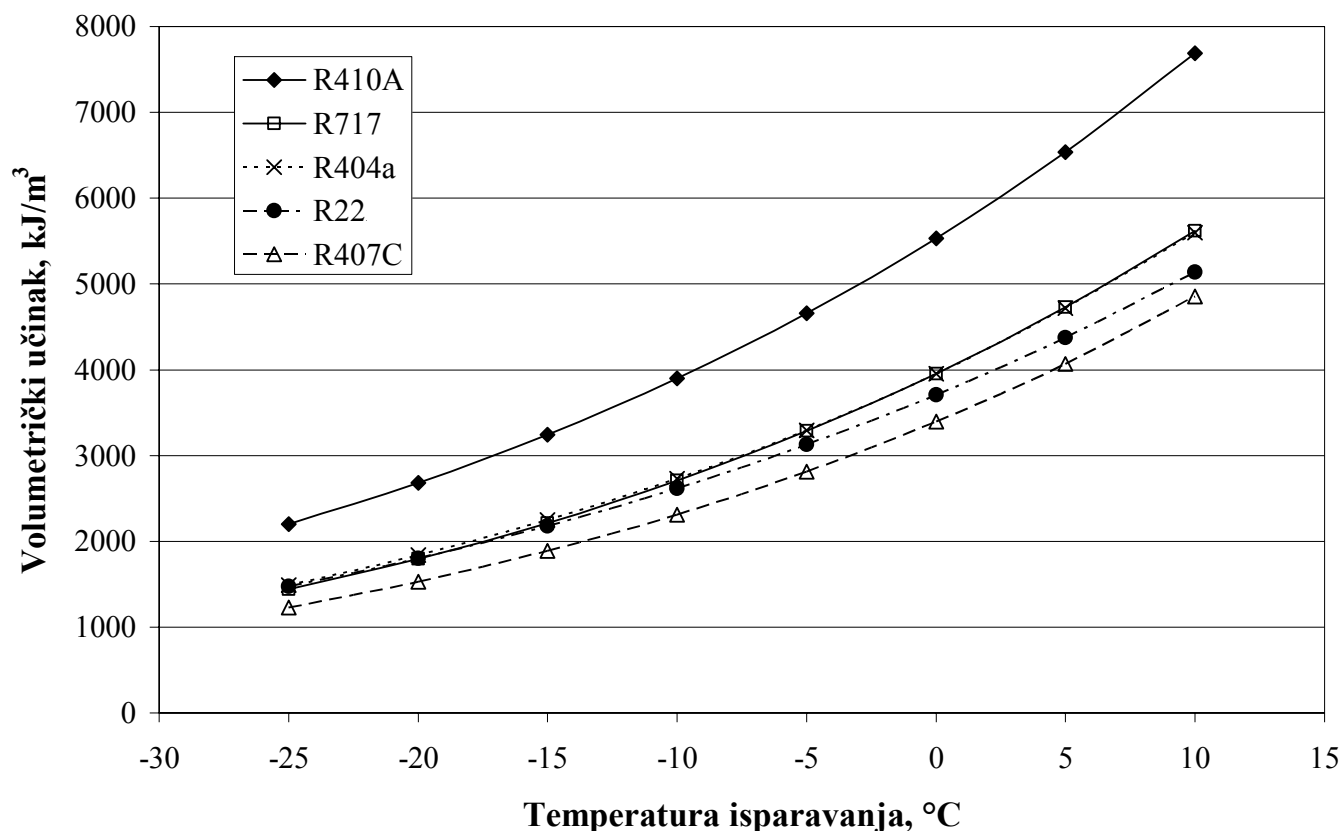


NIST physical chemical properties division
 computed with NIST REFPROP, version 6.10
 using mixture model of: E.W. Lemmon & R.T. Jacobsen
 Int. J. Thermophysics 20:1629-1638 (1999)



prepared by: Thermophysics Division
 NIST, Boulder, Colorado

Volumetrijski rashladni učinak radnih tvari kao funkcija temperature isparavanja



Radna tvar R410A ima, od navedenih radnih tvari, najveći volumetrijski rashladni učinak te je za isti kapacitet rashladnog uređaja korisni volumen kompresora 30 do 50 % manji.

Radna tvar R410A ima znatno više pripadne tlakove zasićenja u odnosu na ostale halokarbonate (freone) i ugljikovodike, pa je gustoća radne tvari na usisu u kompresor velika. Veća gustoća doprinosi većem volumetrijskom rashladnom učinku.

Odnosno, moglo bi se reći da viši tlak radne tvari pridonosi manjim dimenzijama kompresora.

IZVORI ENERGIJE ZA DIZALICE TOPLINE

Na toplinski izvor se postavlja niz zahtjeva da bi se osigurao ekonomičan rad dizalice topline. Među najvažnijima su sljedeći:

1. toplinski izvor treba osigurati potrebnu količinu topline u svako doba i na čim višoj temperaturi
2. troškovi za priključenje toplinskog izvora na dizalicu topline trebaju biti čim manji
3. potreba energije za transport topline od izvora do isparivača dizalice topline treba biti čim manja

Kriteriji za ocjenu su sljedeći:

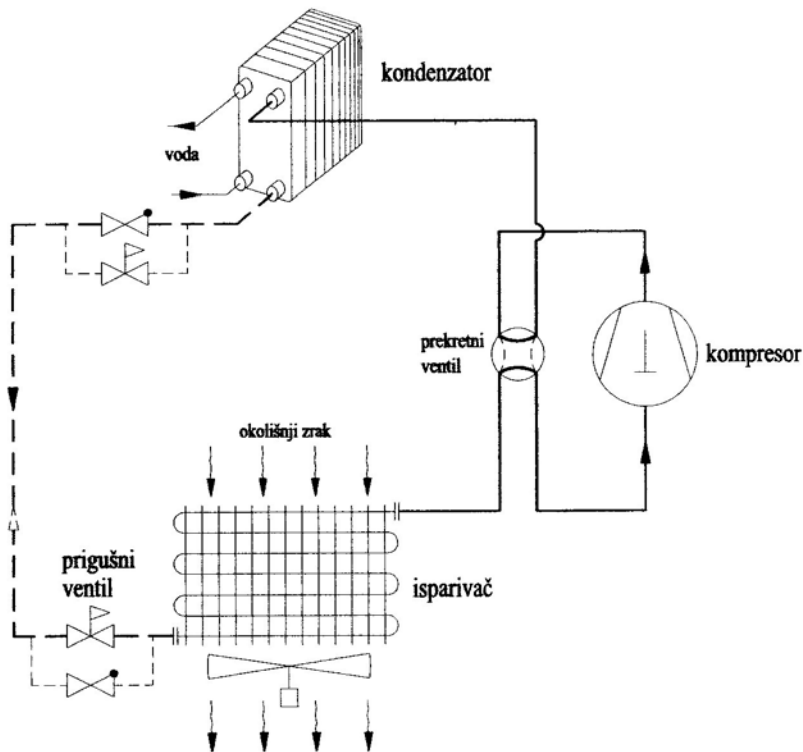
- Nivo temperature
- Raspoloživost na lokaciji i u vremenu
- Vremenska podudarnost potrebe za toplinom i raspoloživosti izvora
- Mogućnost samostalnog korištenja
- Utrošak energije za dovođenje topline do isparivača
- Kemijska i fizikalna svojstva nosioca topline
- Troškovi izvedbe postrojenja
- Utjecaj na ravnotežu okoline i zagađenje okoline
- Pogodnost za masovnu proizvodnju

	ZRAK		ZEMLJA	VODA				SUNCE
KRITERIJ ZA KORIŠTENJE	VANJSKI ZRAK	ZRAK U KLIMATEHNICI KAO NOSILAC TOPLINE RASVJETE, LJUDI, SUNCA	ZEMLJA KAO SPREMNİK SUNČEVE ENERGIJE	PODZEMNA VODA	POVRŠINSKA VODA - RIJEKE	POVRŠINSKA VODA - JEZERA	POVRŠINSKA VODA - MORE	ENERGIJA SUNČEVOG ZRAČENJA
TEMPERATURNI ILI ENERGETSKI NIVO	-25° C - +20°C	>22 °C	0-20 °C [8] -5+15 °C [9] (8-15 W/m²)	5-15° C[8]	2-11°C	min. 4 °C	min. 0 °C	0-300 W/m² -25+40 °C Tijekom 90% perioda grijanja>0°C
MJESNA RASPOLOŽIVOST	posvuda	kod grijanja i hlađenja zrakom	ponegdje, ovisno od terena	ponegdje	ponegdje	ponegdje	ponegdje	posvuda
VREMENSKA RASPOLOŽIVOST	uvijek	ponekad ovisno o režimu rada	uvijek	uvijek	ne uvijek zbog suše i temperatura nižih od 2° C	ne uvijek zbog niskih temperatura	uvijek	Promjenjivo i nepredvidivo
VREMENSKA PODUDARNOST POTROŠNJE I RASPOLOŽIVE ENERGIJE	nekoherentno: kad je najviša potreba, ima najmanje energije na raspolaganju	koherentno: najviša potreba, najviše energije na raspolaganju	djelomično koherentno: raspoloživa energija se smanjuje prema kraju sezone grijanja	još koherentno: konstantna raspoloživa energija tijekom godine	djelomično koherentno ili nekoherentno	djelomično koherentno	djelomično koherentno	nekoherentno: najviša potreba, najmanje energije
MOGUĆNOST SAMOSTALNOG KORIŠTENJA	da	djelomično	da	da	Djelomično	djelomično	da	jedva moguće
KEMIJSKA ILI FIZIKALNA SVOJSTVA KOJA OTEŽAVAJU KORIŠTENJE	stvaranje leda	-	korozija, stvaranje leda	korozija CO ₂ Fe ₂ O ₃	Korozija, prljavština, soli	prljavština, soli	prljavština, soli, alge,	-
UTROŠAK ENERGIJE ZA TRANSPORT NOSIOCA TOPLINE	velik	-	velik	uglavnom velik	raznolik	raznolik	raznolik, češće velik	raznolik
TROŠKOVI IZVEDBE POSTROJENJA	mali ili srednji	mali ili nikakvi	veliki	veliki	srednji ili veliki	srednji ili veliki	srednji ili veliki	veliki
UTJECAJ NA ENERGETSKU RAVNOTEŽU OKOLINE	nema znatnog utjecaja	nema utjecaja	uglavnom zanemariv	nije zanemariv	uglavnom zanemariv	uglavnom zanemariv	uglavnom zanemariv	nema utjecaja
USKLAĐENOST IZVORA S OKOLINOM (NE-ZAGADLJIVOST)	da	da	neutralno	ne	djelomično	djelomično	neutralno	da
POGODNOST ZA MAS. PROIZVODNJU	dobra	dobra	umjerena	dobra	dobra	dobra	dobra	umjerena

ZRAK

Dizalice topline zrak - voda, ili zrak - zrak, kod kojih je izvor topline zrak, a nosilac topline u krugu grijanja voda ili zrak, široko su rasprostranjeni uređaji, zbog jednostavnosti priključenja na sustav grijanja i zbog prisutnosti toplinskog izvora uvijek i na svakom mjestu.

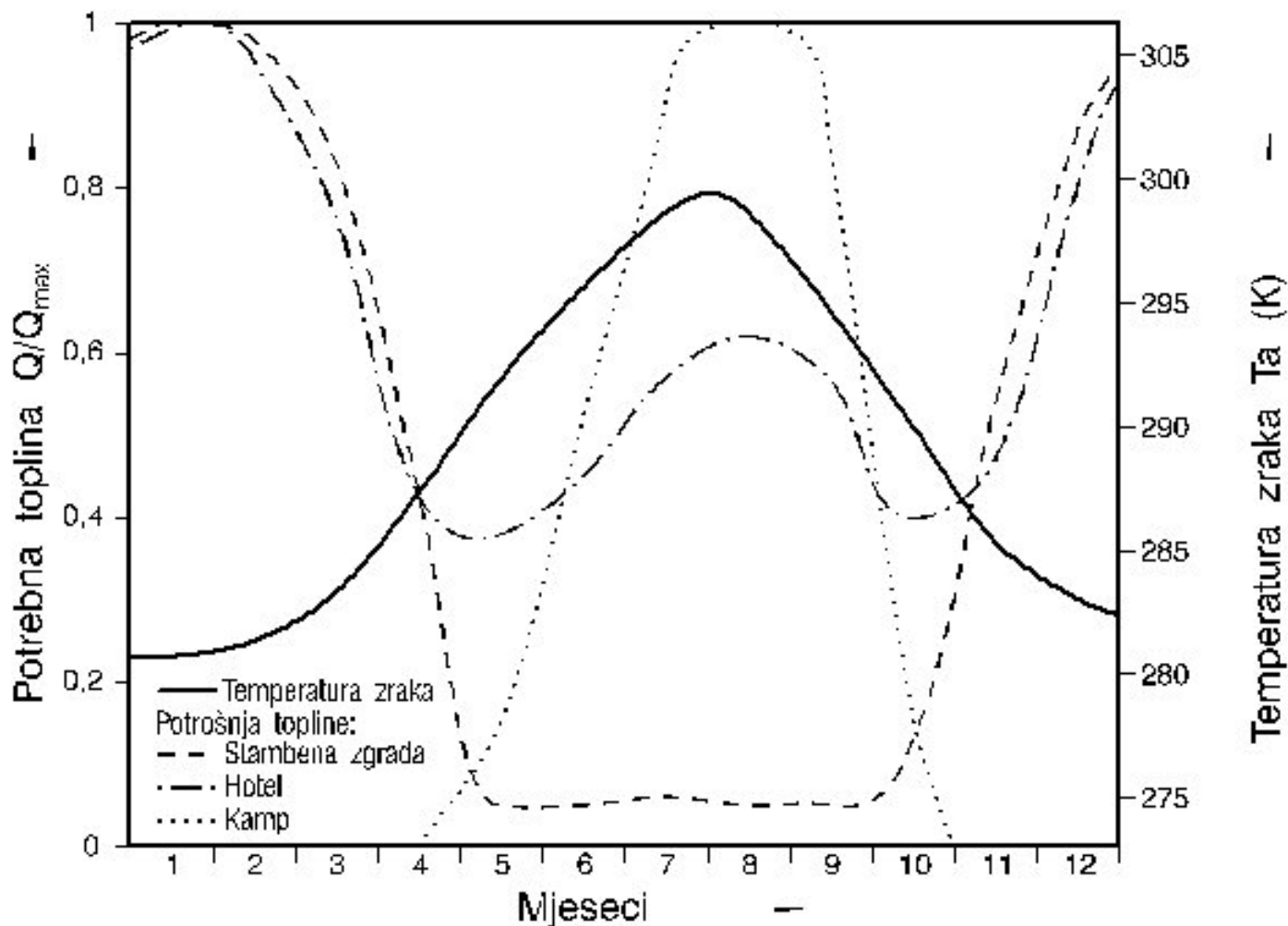
Optimalna količina zraka sa stanovišta utroška energije za rad kompresora i ventilatora kreće se u granicama od 300 do 500 m³/h zraka, za 1 kW topline oduzete iz izvora. Ako se usvoji srednja vrijednost protoka zraka od 400 m³/h, njegovo ohlađenje treba iznositi 10 K da bi mu se oduzela toplota 1 kW.



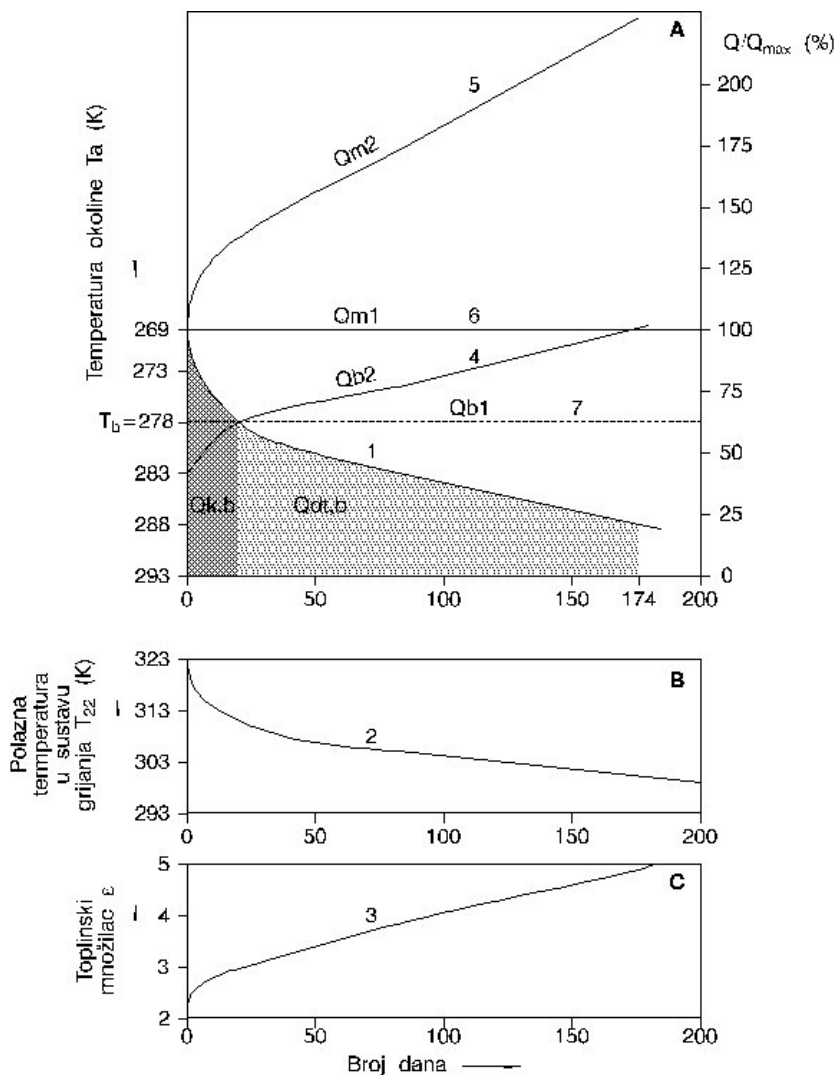
Za zaleđivanje isparivača je kritično područje temperatura zraka od od -2 do -7°C jer zrak pri tim temperaturama sadrži još uvijek znatnu količinu vlage. Kad se na isparivaču stvori led, treba prekinuti rad dizalice topline i trošiti energiju za odleđivanje. Ukupna potrošnja topline za odleđivanje kreće se oko 5% do 10% energije utrošene godišnje za pogon kompresora dizalice topline.

Drugi problem o kojem treba voditi računa je i buka. Često to predstavlja ograničavajući faktor za primjenu.

Ekonomičnu primjenu dizalica topline zrak - voda (ili zrak - zrak) najviše otežava različito vrijeme pojave maksimuma temperature zraka i potrebe neke grijane zgrade za toplinom. Kad je temperatura vanjskog zraka najniža, potreba topline je najviša, iako to ovisi i o vrsti potrošača, što je prikazano na slici.



Pri izboru dizalice topline u slučaju bivalentnog grijanja treba odrediti onu vanjsku temperaturu iznad koje će se koristiti dizalica topline, a ispod koje će se koristiti zamjenski ili dodatni toplinski izvor (npr. kotao). Ta temperatura se naziva temperaturom bivalentne točke i prema raznim istraživanjima leži u području od -5°C do $+5^{\circ}\text{C}$, što ovisi od vrste potrošača, meteoroloških uvjeta i sl.



Kod monovalentnog grijanja dizalica topline se bira tako da zadovolji potrebe na toplini zgrade kod projektne temperature (ovdje je to -4°C) Promjena učinka koji može dati takva dizalice topline s povećanjem vanjske temperature prikazana na krivuljom 5. Određivanje veličine dizalice topline i potrošnje energije za proizvodnju potrebne topline, pitanje je načina pogona (monovalentni, bivalentno alternativni ili bivalentno paralelni), veličine i cijene dodatnog grijanja, te cijene energije. U područjima kod kojih se projektne temperature kreću oko -15°C najčešće se izabire bivalentni način pogona s dizalicom topline toplinskog učina oko 40 do 50% proračunske topline (prema DIN 4701), kod temperature bivalentne točke 0°C .

ZEMLJA

Korištenje topline iz tla predstavlja ustvari korištenje sunčeve energije koja dopijeva na površinu i akumulira se u tlu. Za tehničko iskorištavanje zanemariva je toplina koja iz užarene zemljine jezgre prolazi prema površini. Naime, taj toplinski tok iznosi tek $0,063 \text{ W/m}^2$, pa bi, da se iskoristi 1 kW te topline, trebalo izmjenu topline provesti na površini od 15000 m^2 . U praksi se toplinska energija unutrašnjosti zemlje koristi češće na mjestima tzv. geotermalnih anomalija (geotermalni izvori i sl.).

Zbog velike akumulacione sposobnosti tla, temperatura u dubini ne mijenja se isto kao i temperatura na površini, već se javljaju vremenski pomak koji raste s dubinom i smanjenje amplitude temperaturne promjene koje je to veće što je dubina veća. Dubina od oko 15 m je ona na kojoj se ne osjeti utjecaj godišnjih oscilacija temperature. S povećanjem dubine temperatura zemlje raste, pa se danas izvode i vertikalne bušotine radi korištenja topline. Ipak, oduzimanje topline koja je posljedica sunčevog zračenja iz zemlje za dizalicu topline provodi se uglavnom preko cijevnih registara ukopanih u zemlju, kroz koje struji fluid koji prenosi toplinu.

Na prvi pogled izgleda privlačno ukopavanje cijevi preko kojih se toplina oduzima tlu na što veću dubinu, gdje su temperature jednolikije. Međutim, kako se tlu oduzeta toplina nadoknađuje od sunčevog zračenja u ljetnom razdoblju, zemlja se na većoj dubini ne bi stigla ponovno zagrijati, tako da bi se s vremenom formirao oko cijevi sloj trajnog leda. Temperatura izvora bi tada bila niža ili jednaka 0°C . Tada bi i toplinski množilac dizalice topline kod koje se koristi toplina zemlje, odgovarao temperaturi isparivanja koja je niža od 0°C . To je nepovoljno zbog povećanog utroška energije.

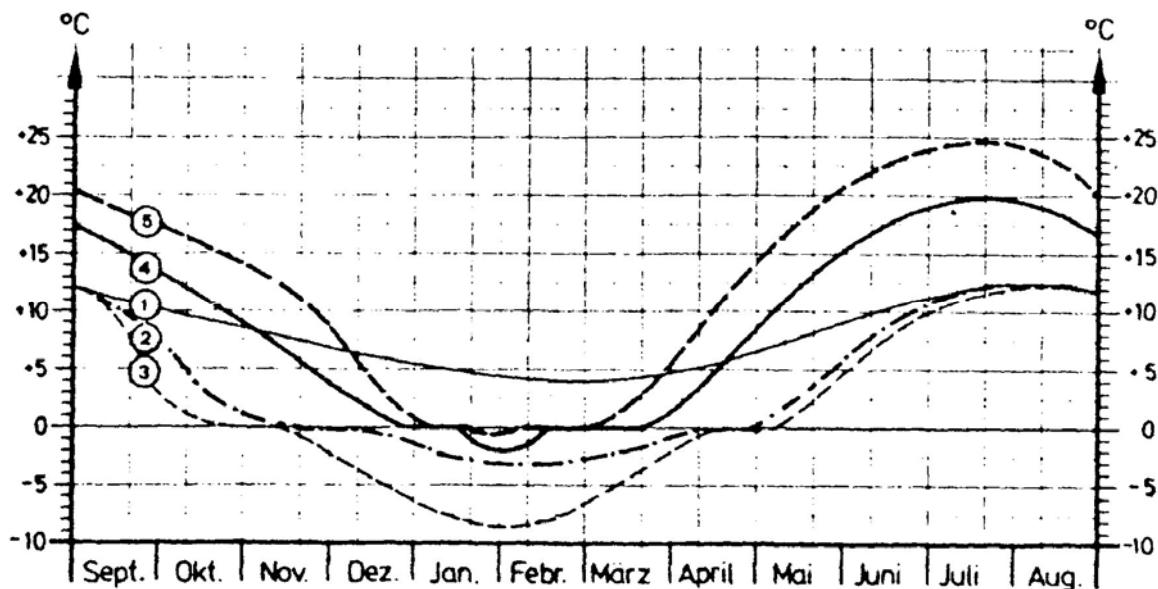
Prijelaz topline od tla na rashladno sredstvo odvija se uobičajeno u dva toplinska izmjenjivača - cijevnom snopu u zemlji i u isparivaču.

Ako u ukopanim cijevima isparuje radni medij, smanjuje se ukupna temperaturna razlika između tla i radne tvari, jer se izbjegava posrednik pri prijenosu topline (npr. smjesa glikola i vode). Tada se prosječni toplinski množilac povećava za 10 do 15 % .

Preporuča se dubina ukopavanja cijevi toplinskog izmjenjivača u zemlji 0,8 do 1,5 m, s razmakom cijevi od 1 m do 0,5 m.

Zbog zaštite od stvaranja trajnog leda uslijed prevelikog odvođenja topline ne preporuča se odvođenje više od 35 W po dužnom metru cijevi, iz čega se može odrediti da je za 1 kW odvedene topline potrebno ugraditi najmanje 30 m cijevi.

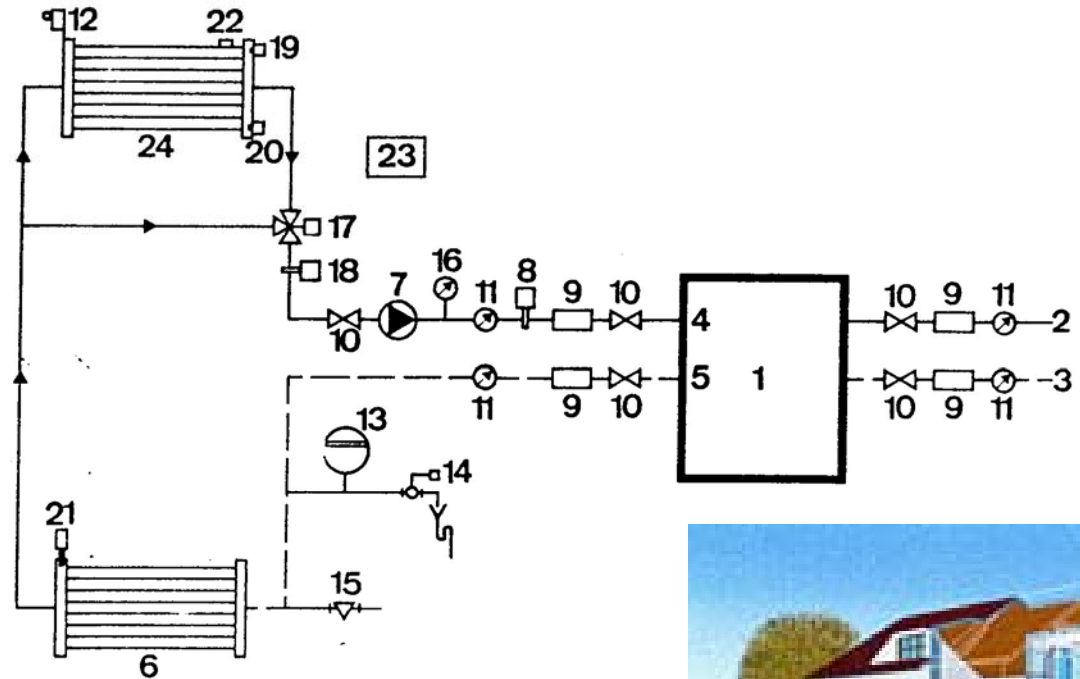
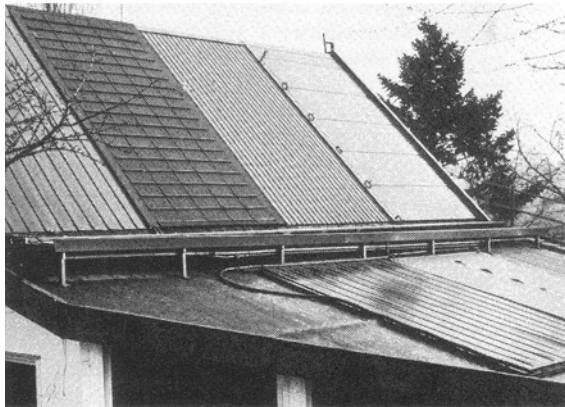
Protok medija za prijenos topline treba se kretati oko 0,5 m³/h za 1 kW oduzete topline, dakle ugrijavanje otopine je oko 2 K, dok je radna temperatura u području -5°C do +5°C. Često se u zemlju dodatno sprema toplina iz krovnih solarnih kolektora, čime se podiže temperatura tla.



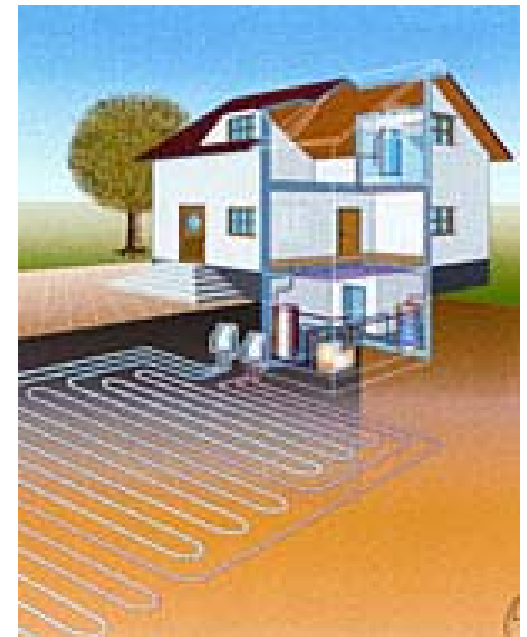
- 1 – prirodna temperatura tla na dubini 1 m
- 2 – temperatura tla kod korištenja topline
- 3 – peratura tla kod premalenog kolektora u tlu
- 4 – temperatura tla kod ugrađenog kolektora ispod krova
- 5 – temperatura tla kod ugrađenog kolektora na krovu

Kombinacija krovnog kolektora i kolektora u tlu kao izvor za dizalicu topline

- 1 – dizalica topline
- 6 – kolektor u zemlji
- 24 – krovni kolektor



Sustav omogućava i akumulaciju viška topline iz krovnog kolektora u tlu, odnosno više temperature izvora topline zimi.



Vertikalne sonde – osnovne smjernice

Loš sastav tla u podzemlju (suhi sediment) - 20 W/m

Stjenovito tlo i vlažan sediment - 50 W/m

Čvrsto stjenovito tlo s velikom toplinskom vodljivošću - 70 W/m

Uvijek treba voditi računa o mogućnosti odvođenja topline provođenjem kroz tlo.

Ograničeno je ponekad i vrijeme korištenja – orijentacijska vrijednost max. 1800 pogonskih sati godišnje kada se toplina samo oduzima.

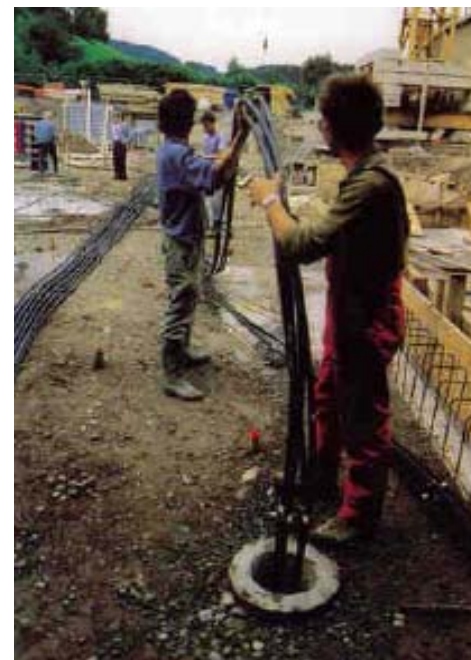
Duljina pojedine sonde 40 do 100 m

Najmanji razmak između dvije sonde:

najmanje 5 m kod duljine sonde 40 - 50 m

najmanje 6 m kod duljine sonde > 50 - 100 m

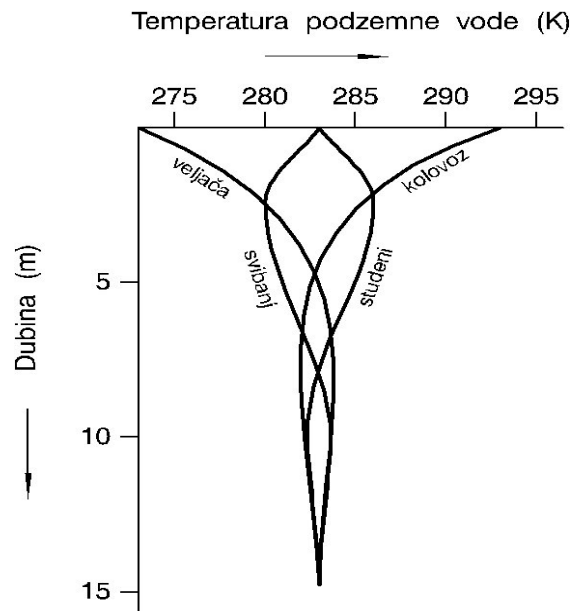
Kao sonde koriste se dvostruke U-sonde s promjerom pojedine cijevi 25, 32 ili 40 mm.



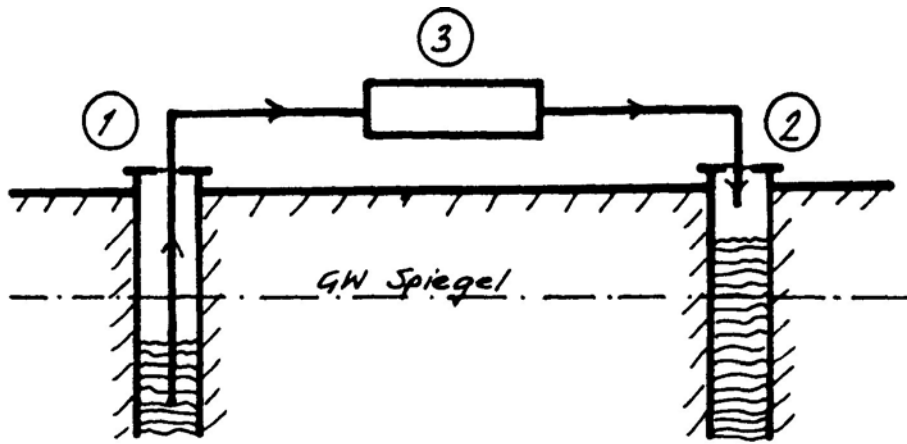
PODZEMNA VODA

voda se crpi iz bunara - produkcione bušotine, a kad je ohlađena, može se odbaciti u kanalizaciju ili preko upojne bušotine natrag u podzemni vodotok. Upojna bušotina mora se nalaziti iza produkcione u smjeru toka podzemne vode.

Na dubinama većim od 15 m, promjena temperature podzemne vode s vremenom je zanemariva. Na slici je prikazana promjena temperature s dubinom, mjerena na jednoj lokaciji u Njemačkoj za veljaču, svibanj, studeni i kolovoz. Zbog toplije klime i većeg dotoka sunčeve energije, u našim krajevima su temperature podzemne vode nešto više, pa tako za područje primorja mjerenja pokazuju da je na dubinama većim od 5 m temperatura podzemnih voda od 12°C do 14°C tijekom cijele godine. Izraz za približno određivanje temperature na dubini x je $\vartheta_x = \vartheta_{m\text{zraka}} + 1 + 0,03x$.



Podzemna voda je uglavnom čista i nije agresivna. Mogu se postići prosječni toplinski množiaci pri grijanju zgrada koji su reda veličine 3,5 do 4 ako se radi o sustavu niskotemperaturnog grijanja. Često zakonski propisi ograničuju neposredno korištenje, zbog mogućnosti onečišćenja podzemnih vodotoka u slučaju oštećenja isparivača i propuštanja radne tvari i ulja. U tom slučaju je obvezna ugradnja izmjenjivača topline, što smanjuje ukupni toplinski množilac.

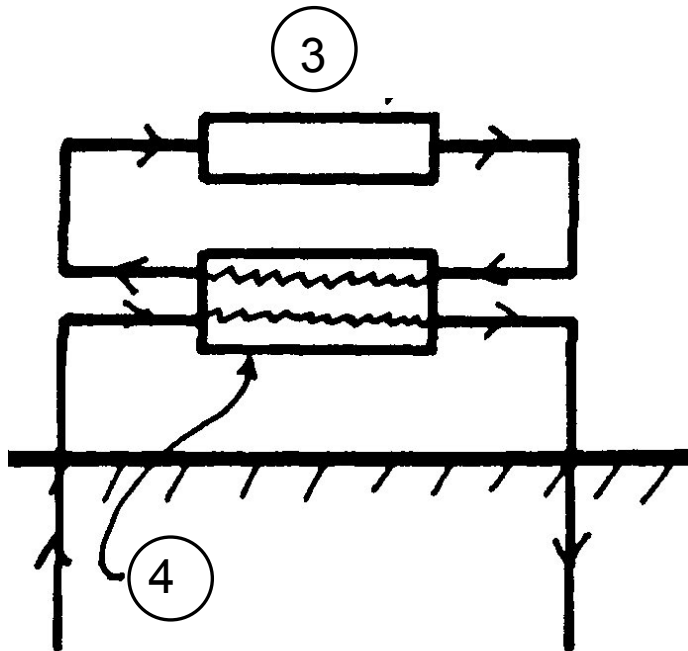


1 – produkciona bušotina

2 – upojna bušotina

3 – isparivač

4 – izmjenjivač topline voda/voda

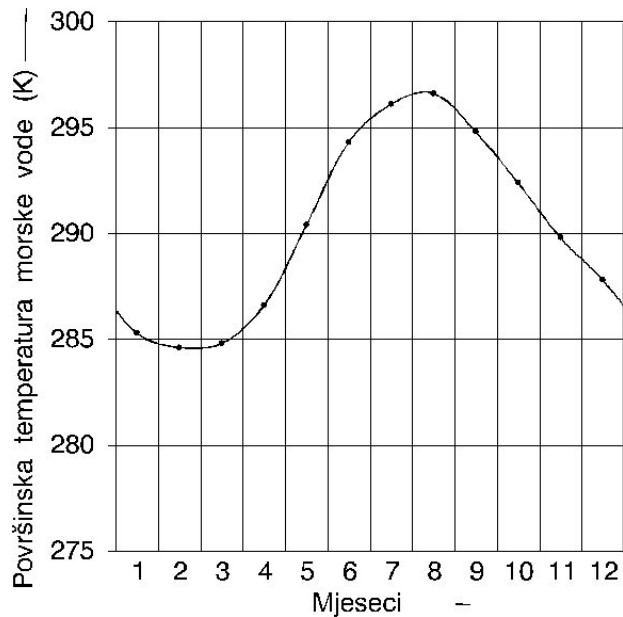


POVRŠINSKA VODA

Prijenos topline od površinske vode na radnu tvar u pravilu se provodi preko posrednog kruga za prijenos topline. U toplinskom izmjenjivaču površinska voda predaje toplinu vodi u posrednom krugu. Tek ova voda, ili pri nižim temperaturama smjesa glikola i vode, prenosi toplinu u isparivač. To se radi zbog prisutnosti onečišćenja, soli, i fosfata (koji pogoduju rastu algi) u površinskim vodama. U ovu svrhu potrebno je ugraditi pločaste izmjenjivače topline koji se lako čiste i predvidjeti druge mjere za sprečavanje rasta algi (npr generatori klora ako se radi o morskoj vodi).

Ako se dizalica topline konstruira za konkretno postrojenje i izvodi od komponenti na mjestu ugradnje, što je vrlo rijedak slučaj, može se isparivač izvesti kao cijevni registar uronjen u vodu. Ovim načinom mogla bi se smanjiti razlika temperature vode i temperature isparivanja i mogu se postići 10 do 15 % veći prosječni godišnji toplinski množiaci nego u slučaju da se koristi posredni krug za prijenos topline.

Što se temperature tiče, kod manjih rječica, može se u periodu grijanja računati sa temperaturom koja odgovara srednjim mjesečnim temperaturama vanjskog zraka uvećanim za 1,5 do 2 K. U tom slučaju, zbog niskih zimskih temperatura, dodatna su grijanja neizbježna, ali pokazuje se da se i do 90 % godišnje potrebe za toplinom može dobiti radom dizalice topline. Veće rijeke, koje protiču kroz industrijska središta imaju zbog raznih otpadnih toplina (kanalizacija, industrijski procesi) takve temperature da zimi uglavnom ne smrzavaju, pa su sa stanovišta temperature pogodan toplinski izvor. Temperature mora su izuzetno povoljne, posebno na dubinama ispod 10 m, ali treba voditi računa i o lokalnim uvjetima - morske struje, izvori i sl. S morskom vodom može se uvijek izvesti monovalentni sustav grijanja i hlađenja.



Karakteristično za more kao veliku akumulacijsku masu je da se pojavljuje smanjenje amplitude oscilacije temperature i fazni pomak u odnosu na temperaturu vanjskog zraka.

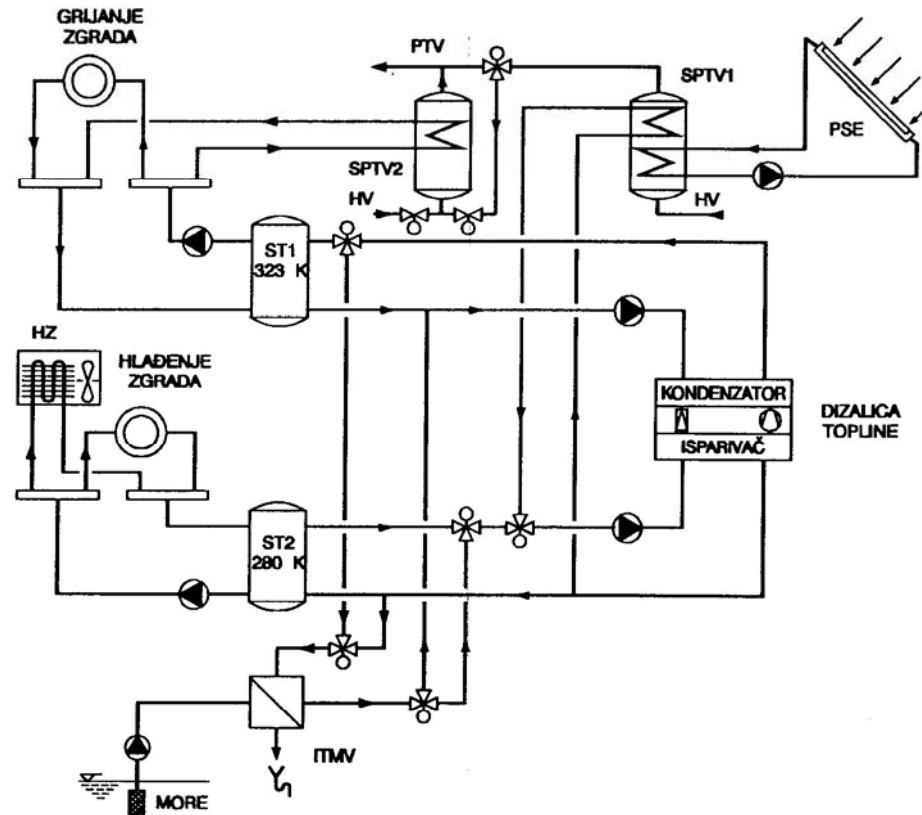
Dozvola za korištenje – nije moguće neovlašteno korištenje morske vode kao toplinskog izvora.

Energija za transport - kod projektiranja sustava za dobavu vode treba paziti da povećana potrošnja energije za rad crpki u slučaju nepovoljnih uvjeta za dobavu vode (uobičajeno 10'15% snage kompresora) ne poništi pozitivne efekte povoljnih temperatura na COP.

Iskustva s izvedenim postrojenjima grijanja i klimatizacije pokazuju unatoč brojnim problemima vezanim za održavanje, da je morska voda vrlo povoljan toplinski izvor.

Konfiguracija jednog takvog sustava s morskom vodom kao toplinskim izvorom prikazana je u nastavku, a dana je osnovna koncepcija energane TN Punta Verudela u Puli koja već 20 godina radi s povoljnim energetske rezultata.

Sustav s morskom vodom, solarnim kolektorima i povratnim korištenjem topline kondenzacije tijekom ljetnog hlađenja

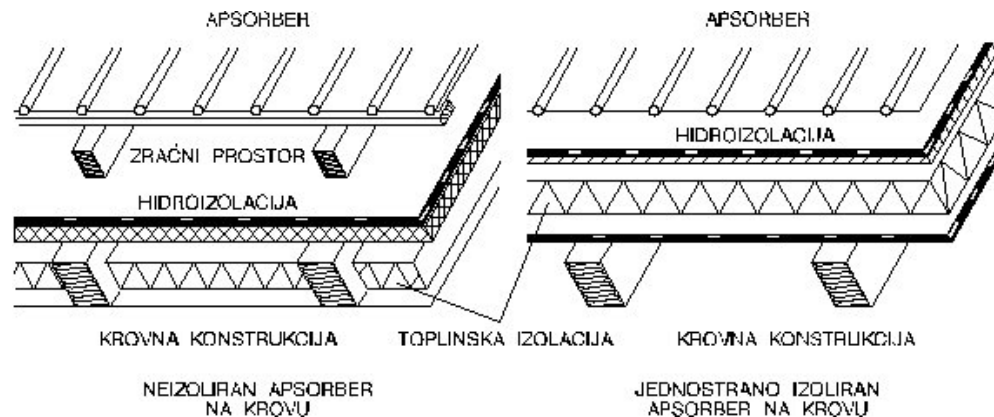
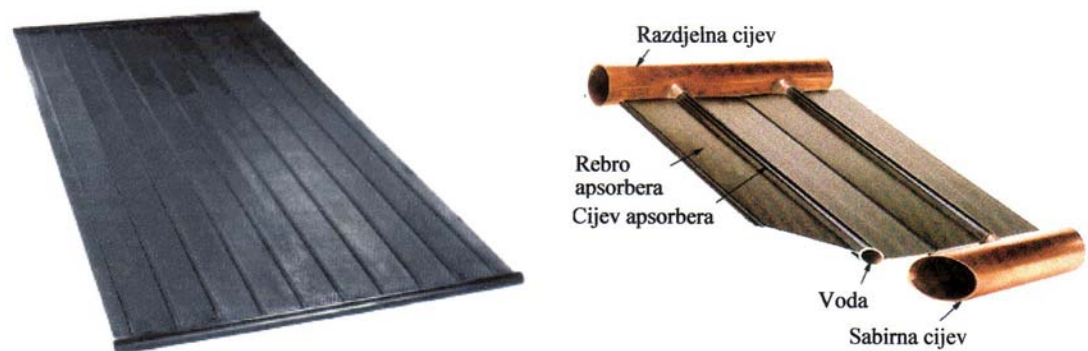


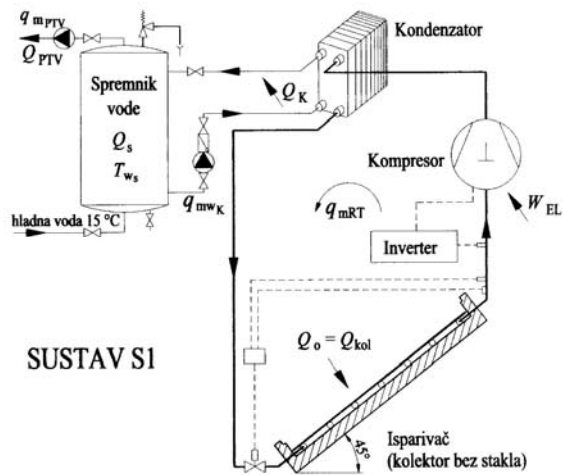
- | | | | |
|--------------|-----------------------------------|------|-----------------------------------|
| HV | - hladna potrošna voda | ST2 | - spremnik topline kruga hlađenja |
| PTV | - potrošna topla voda | HZ | - hladnjak zraka |
| SPTV1, SPTV2 | - spremnici potrošne tople vode | ITMV | - izmjenjivač topline morske vode |
| ST1 | - spremnik topline kruga grijanja | PSE | - prijemnici sunčeve energije |

SUNČEVA ENERGIJA

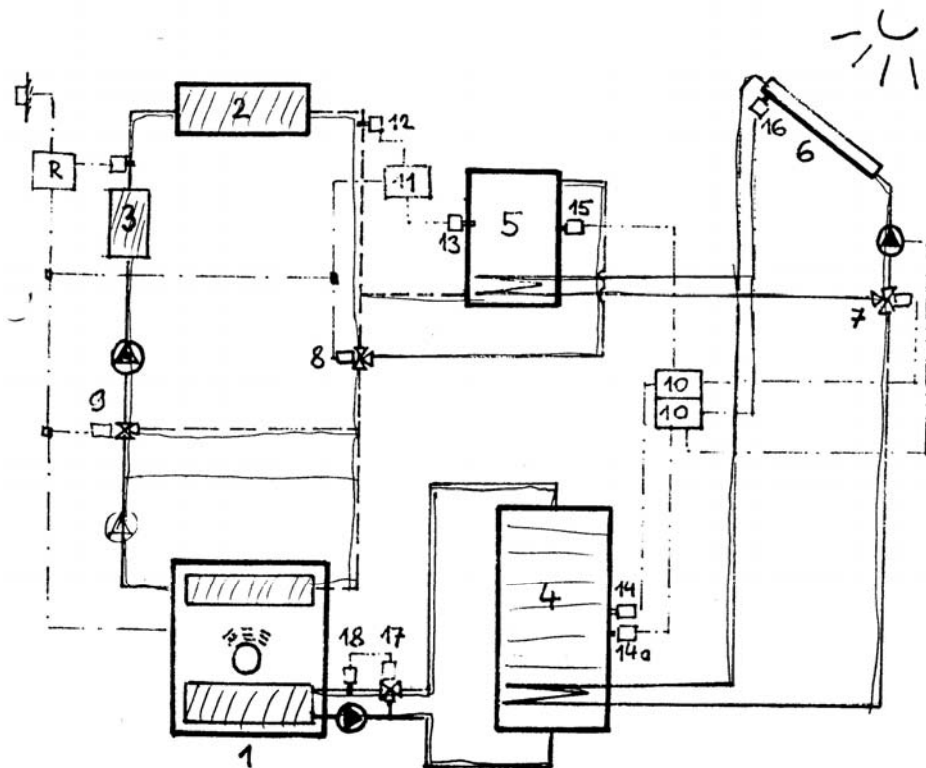
Iako su naprijed spomenuti izvori svi na neki način transformirana ili akumulirana sunčeva energija, ovdje se misli na neposredno korištenje putem solarnih kolektora ili apsorbera.

Moguće je korištenje u neposrednom sustavu tako da je isparivač dizalice topline solarni kolektor (povećava se temperatura isparivanja, a time i COP), ili pak posredno s nizom kombinacija u načinu manipulacije energijom. Uglavnom se koriste solarni apsorberi (neizolirani kolektori), ili neke varijante ventiliranih krovova ili fasada.





Monovalentni sustav s apsorberom kao isparivačem dizalice topline



Multivalentni sustav sa solarnim apsorberom kao izmjenjivačem za korištenje sunčeve energije, dizalicom topline i električnim dogrijavanjem (moguće je dodati i izmjenjivač topline u tlu)

Izvori podataka

1. Von Cube, H.L.: *Warmequellen fur Wärmepumpen*. U: *Wärmepumpentechnologie Bd.1.* - Essen: Vulkan Verlag, 1980., str.173 - 181.
2. Paul,J.: *Warmequellen fur Wärmepumpen dargestellt in einer Matrix*. U: *Jahrbuch der Wärmerückgewinnung 3.Ausgabe.*- Essen: Vulkan Verlag, 1978., str. 108-109.
3. Von Cube, H.L.: *Wärmepumpen fur Raumheizsysteme*. U: *Handbuch der Energiespar-techniken Bd.2*, Verlag C.F.Muller Karlsruhe 1983., str. 201-309.
4. Krug,N., Grobert, L.: *Plannungs und Installations Handbuch Wärmepumpenheizung*, Vulkan Verlag Essen, 1983.
5. Bošnjaković, F.: *Nauka o toplini I i II dio*, Tehnička knjiga Zagreb, 1976.
6. Pavković, B.: *Optimizacija korištenja obnovljivih izvora energije upotrebom dizalice topline*, Magistarski rad, Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci, 1993.
7. Ćurko, T., Soldo, V., Zanki – Alujević, V., Grozdek, M.: *GOSPODARENJE RASHLADNIM SREDSTVIMA II – prilagodba rashladnih sustava zamjenskim radnim tvarima*, Seminar u okviru projekta TPMP Ministarstva zaštite okoliša i prostornog uređenja RH
8. <http://www.effiziento.de>