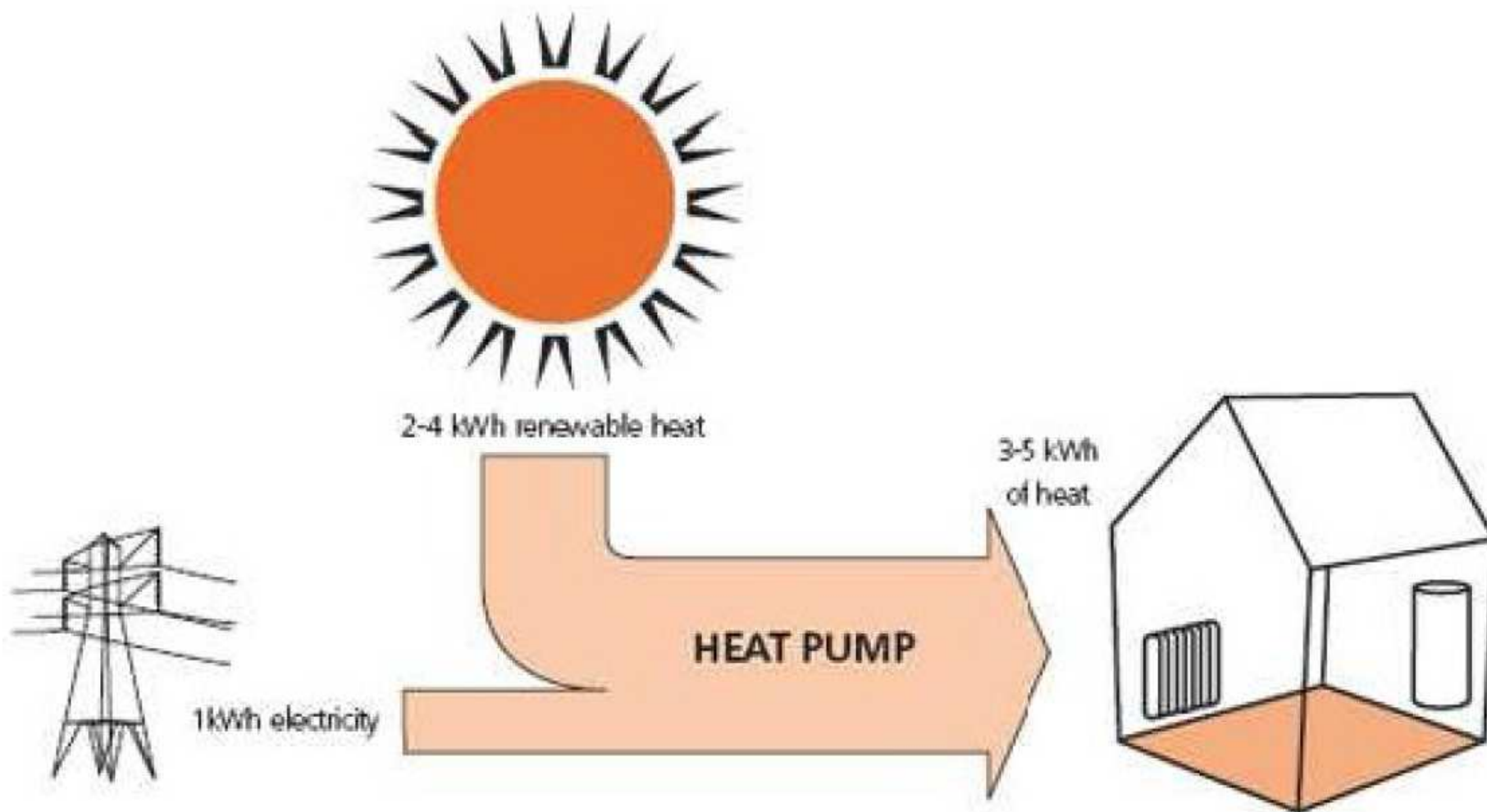


ENERGETSKI SUSTAVI DIZALICE TOPLINE (*Toplinske pumpe*)

ENERGETSKI TOK ZA DIZALICE TOPLINE (*TOPLINSKE PUMPE*)

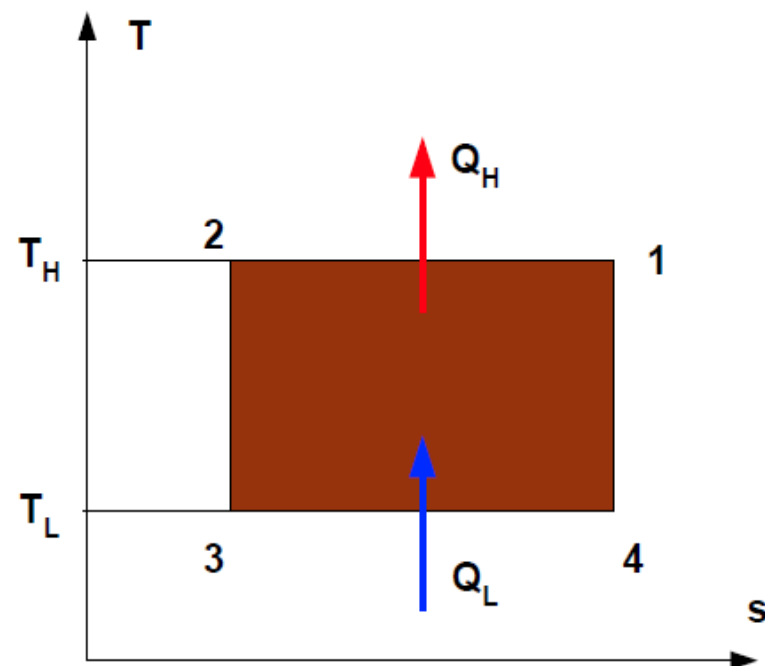
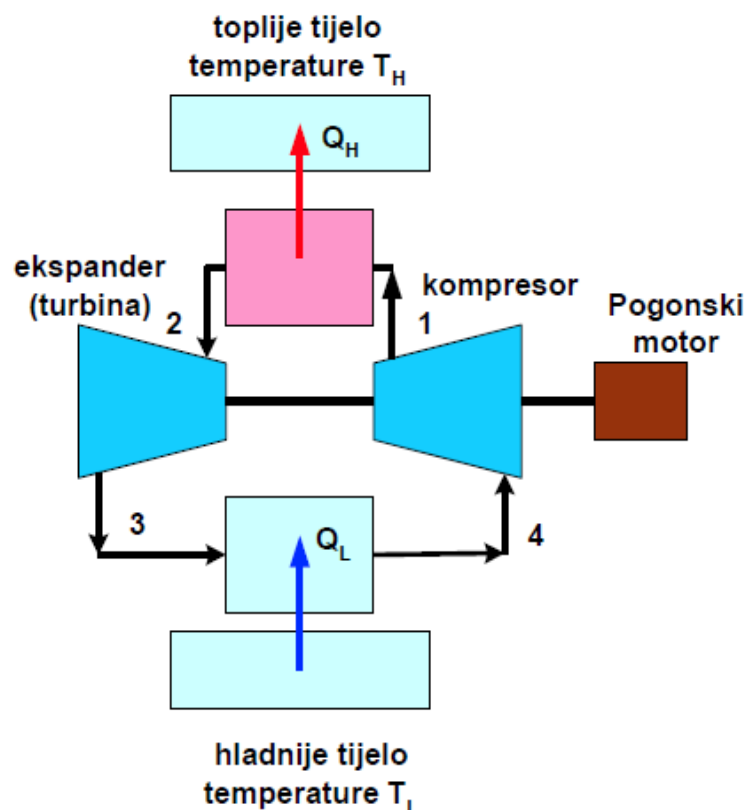


DIZALICE TOPLINE (*TOPLINSKE PUMPE*)

DIZALICE TOPLINE koriste se za prijenos topline s medija niže temperature na medij koji ima višu temperaturu!

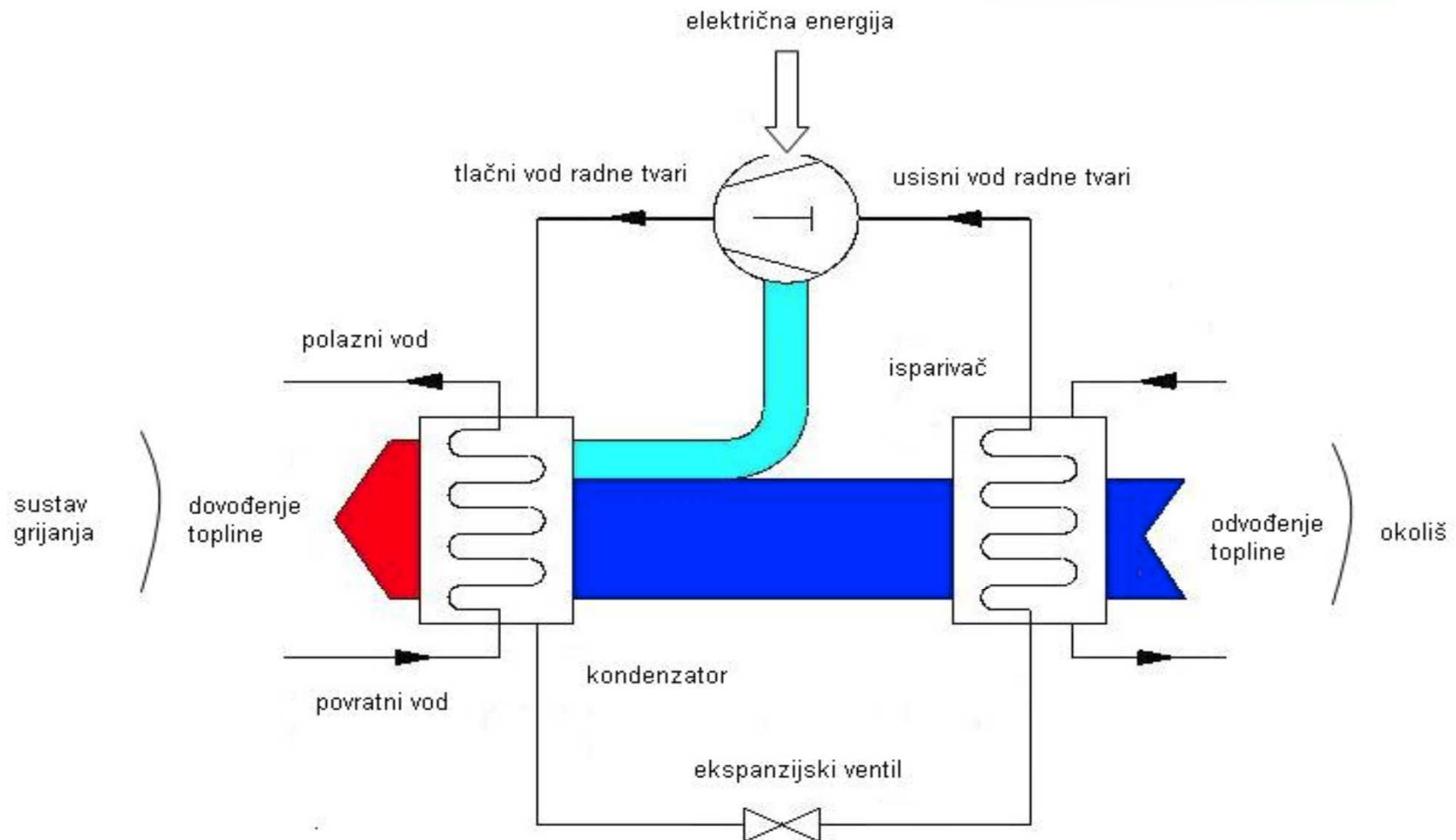
Rashladni proces je lijevokretni Carnot proces!

Rashladni proces za prijenos topline troši rad!

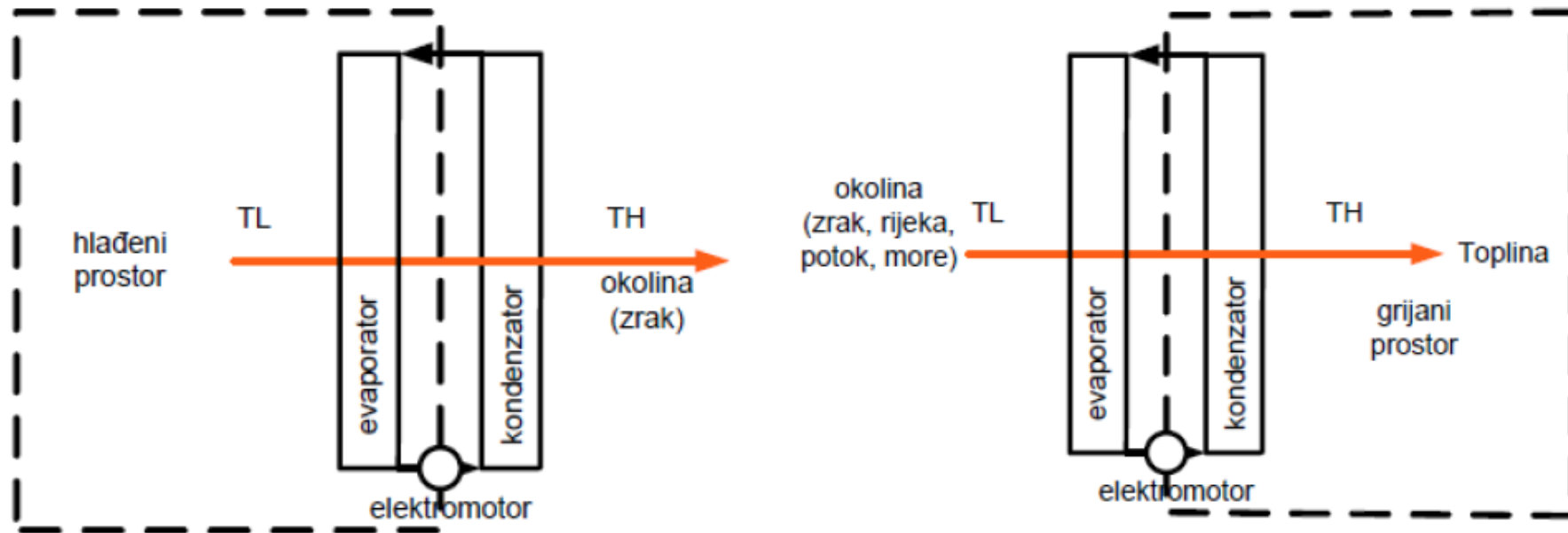


DIZALICE TOPLINE (*TOPLINSKE PUMPE*)

DIZALICE TOPLINE – energetski tok – princip rada



DIZALICE TOPLINE (*TOPLINSKE PUMPE*)

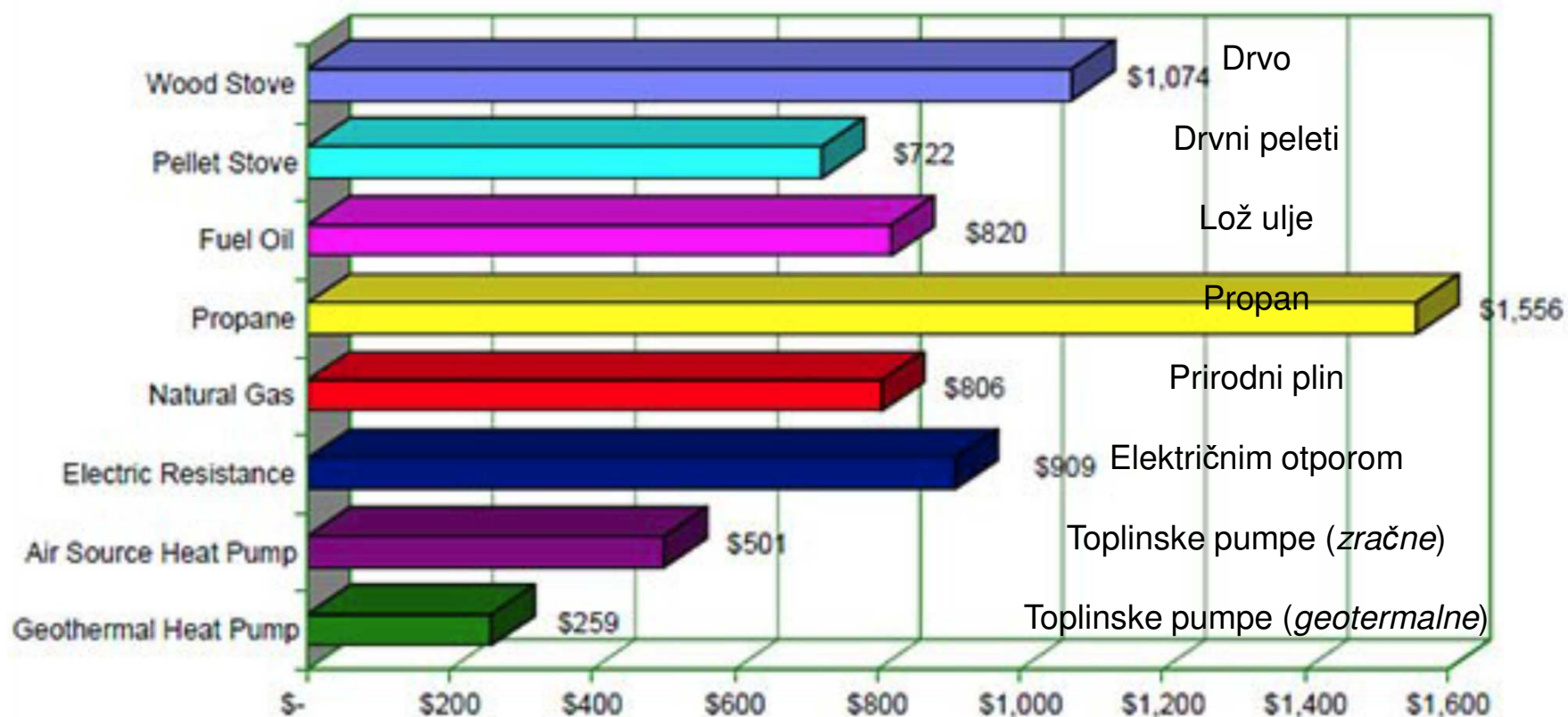


Hlađenje

Grijanje

DIZALICE TOPLINE (*TOPLINSKE PUMPE*)

USPOREDBA GODIŠNJIH TROŠKOVA GRIJANJA ZA RAZLIČITA GORIVA I NAČINE GRIJANJA



DIZALICE TOPLINE (*TOPLINSKE PUMPE*)

TOPLINSKI MNOŽITELJ (COP) DIZALICE TOPLINE

Učin dizalica topline za prijenos topline s niže temperature na višu temperaturu utvrđuje se preko tzv. toplinskog množitelja, rashladnog učina ili učina grijanja – ***toplinski učin***.

TOPLINSKI UČIN (*COP* - *coefficient of performance*) predstavlja odnos prenesene topline i za to utrošenog rada pogonskog stroja.

$$\text{COP} = Q_{\text{in}} / W_{\text{net}}$$

Za reverzibilni ili povrativ Carnot proces

$$\text{COP} = (T_L \cdot \Delta S) / [(T_H - T_L) \cdot \Delta S] = T_L / (T_H - T_L)$$

$$\text{COP} = T_L / (T_H - T_L)$$

T_L niža temperatura na kojoj se preuzima toplina u stupnjevima Kelvina [K]

T_H viša temperatura na kojoj se dovodi toplina u stupnjevima Kelvina [K]

ΔS promjena entropije sustava za proces izmjene topline

DIZALICE TOPLINE (*TOPLINSKE PUMPE*)

TOPLINSKI MNOŽITELJ (COP) DIZALICE TOPLINE

Primjer:

Za hlađenje tijela na -5°C ($T_L=268\text{ K}$) pri temperaturi okoline 20°C ($T_H=293\text{ K}$)

$$\text{COP} = T_L / (T_H - T_L) = 268 / (293 - 268) = 268 / 25 = \mathbf{10,72}$$

Za hlađenje tijela na -20°C ($T_L=253\text{ K}$) i temperaturu okoline 20°C ($T_H=293\text{ K}$)

$$\text{COP} = T_L / (T_H - T_L) = 253 / (293 - 253) = 253 / 40 = \mathbf{6,32}$$

Veći COP znači veći prijenos topline po jedinici snage pogonskog stroja!

DIZALICE TOPLINE (TOPLINSKE PUMPE)

Toplinski množitelj (COP) ili faktor grijanja dizalice topline definiran je izrazom:

$$\varepsilon_{\text{gr}}(\text{COP}) = \frac{\Phi_{\text{kond}}}{P_{\text{komp}}}$$

Godišnji toplinski množitelj $\varepsilon_{\text{gr,G}}$ (Seasonal Performance Factor - SPF) sustava s dizalicom topline koristi se za proračun i dimenzioniranje sustava grijanja, a računa se pomoću sljedećeg izraza:

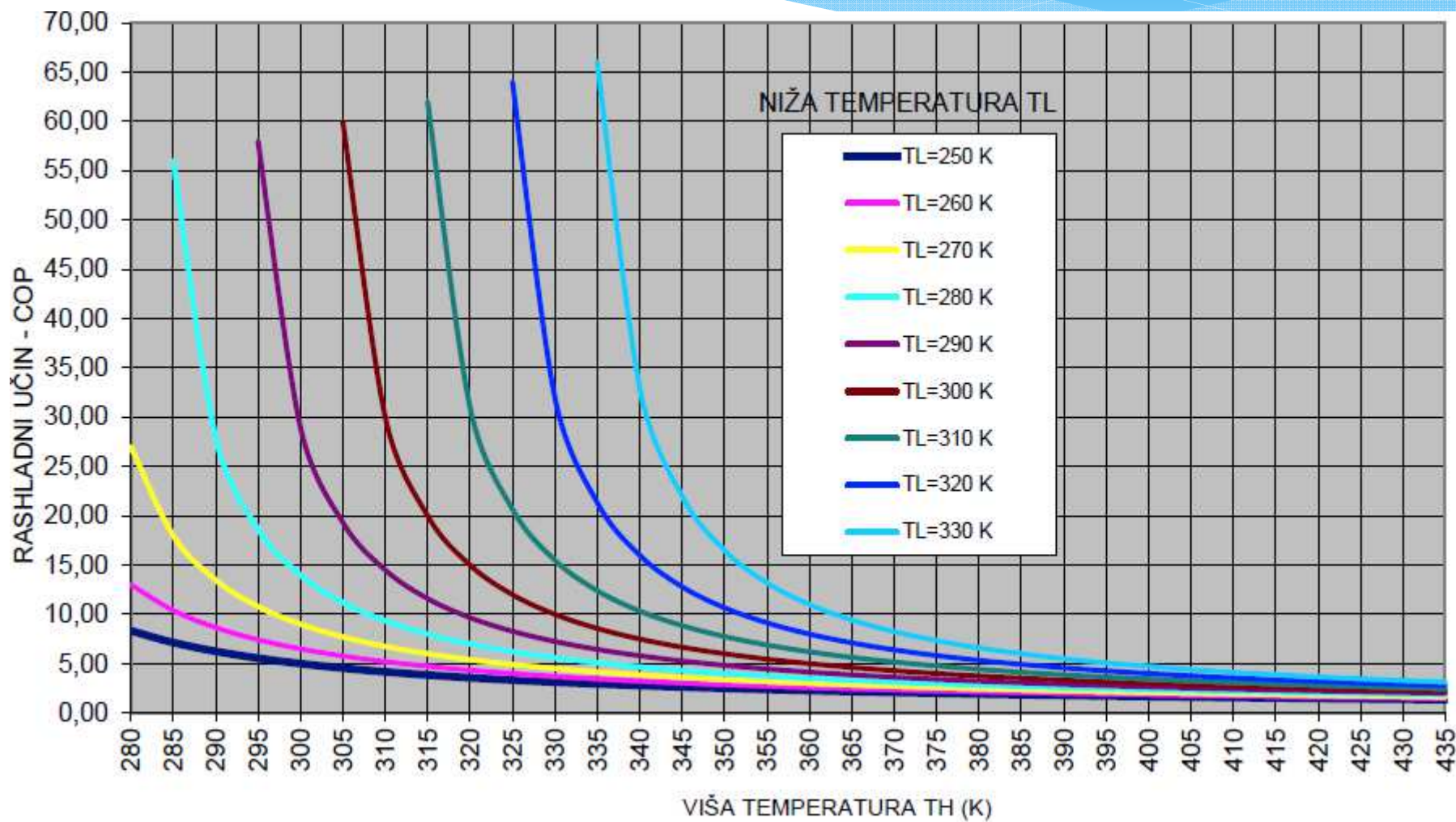
$$\text{SPF} = \frac{\sum_{\text{god}} (Q_{\text{GR}} + Q_{\text{PTV}})}{\sum_{\text{god}} E_{\text{sust}}}$$

ΣQ_{GR} – godišnja potrebna toplinska energija za grijanje prostora, kWh

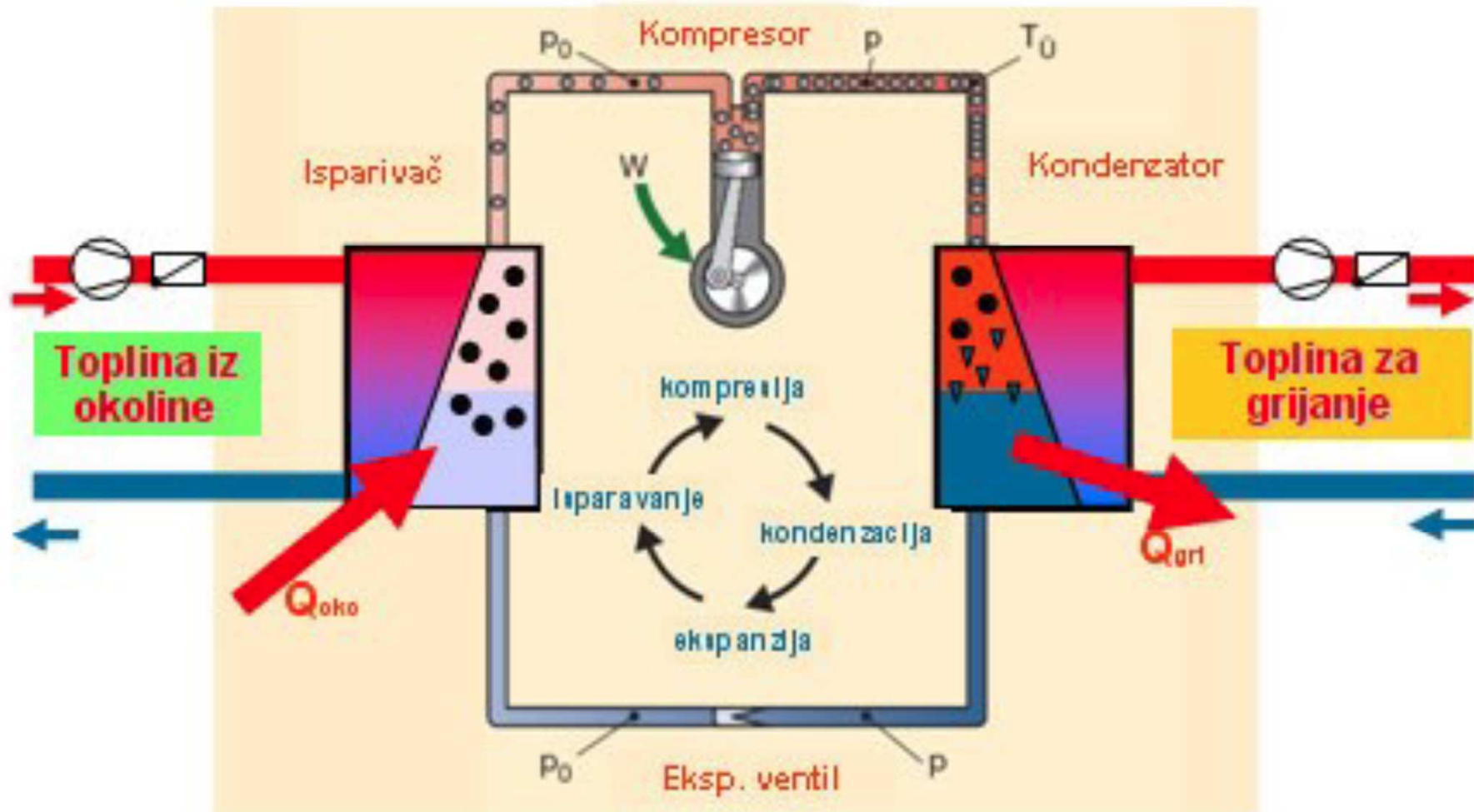
ΣQ_{PTV} – godišnja potrebna toplinska energija za zagrijavanje PTV, kWh

ΣE_{sust} - ukupna godišnja el. energija utrošena na: pogon kompresora, pumpi, ventilatora, pomoćnih grijača, te odleđivanje isparivača, kWh

DIZALICE TOPLINE (TOPLINSKE PUMPE)

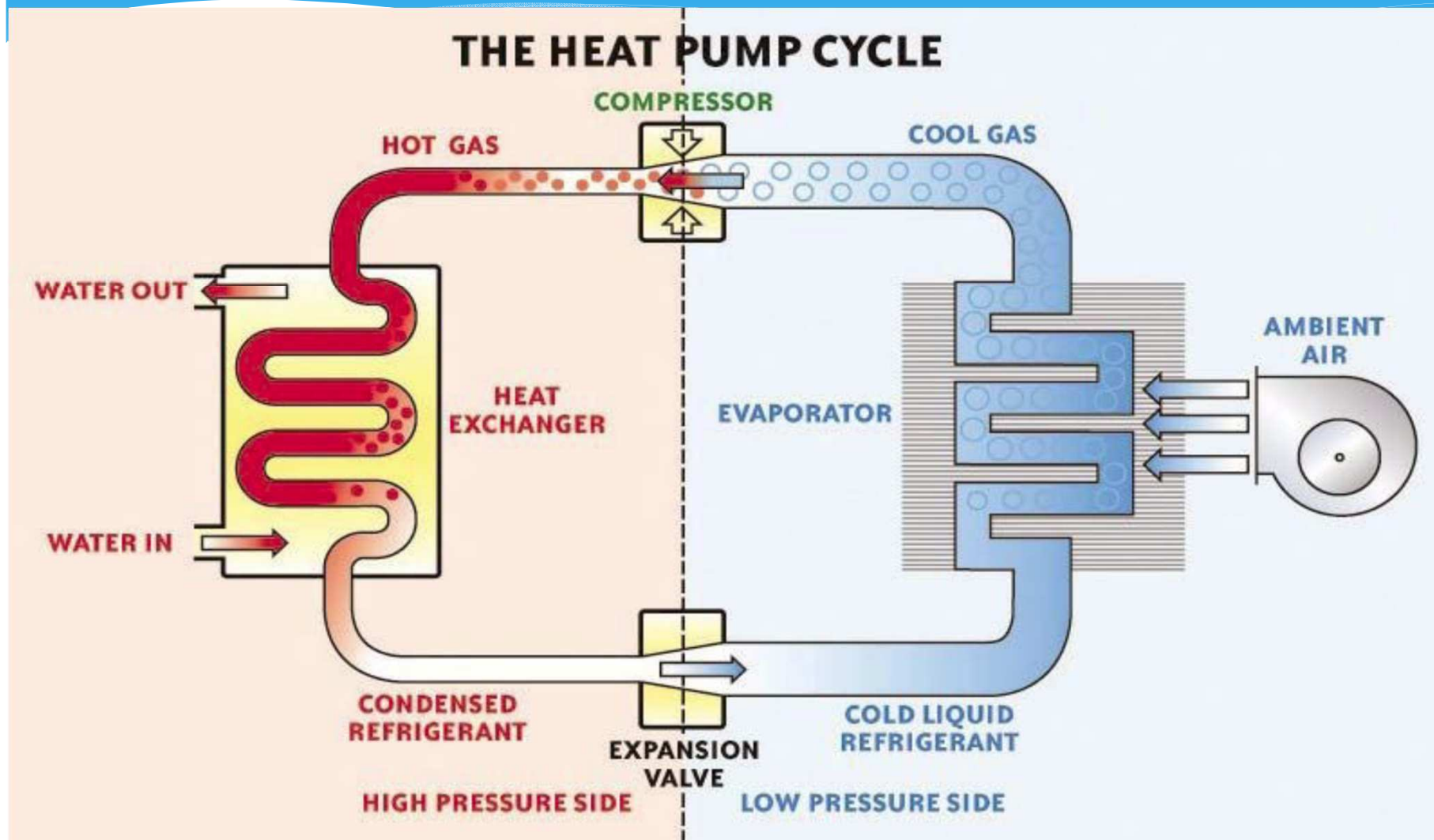


DIZALICE TOPLINE (*TOPLINSKE PUMPE*)



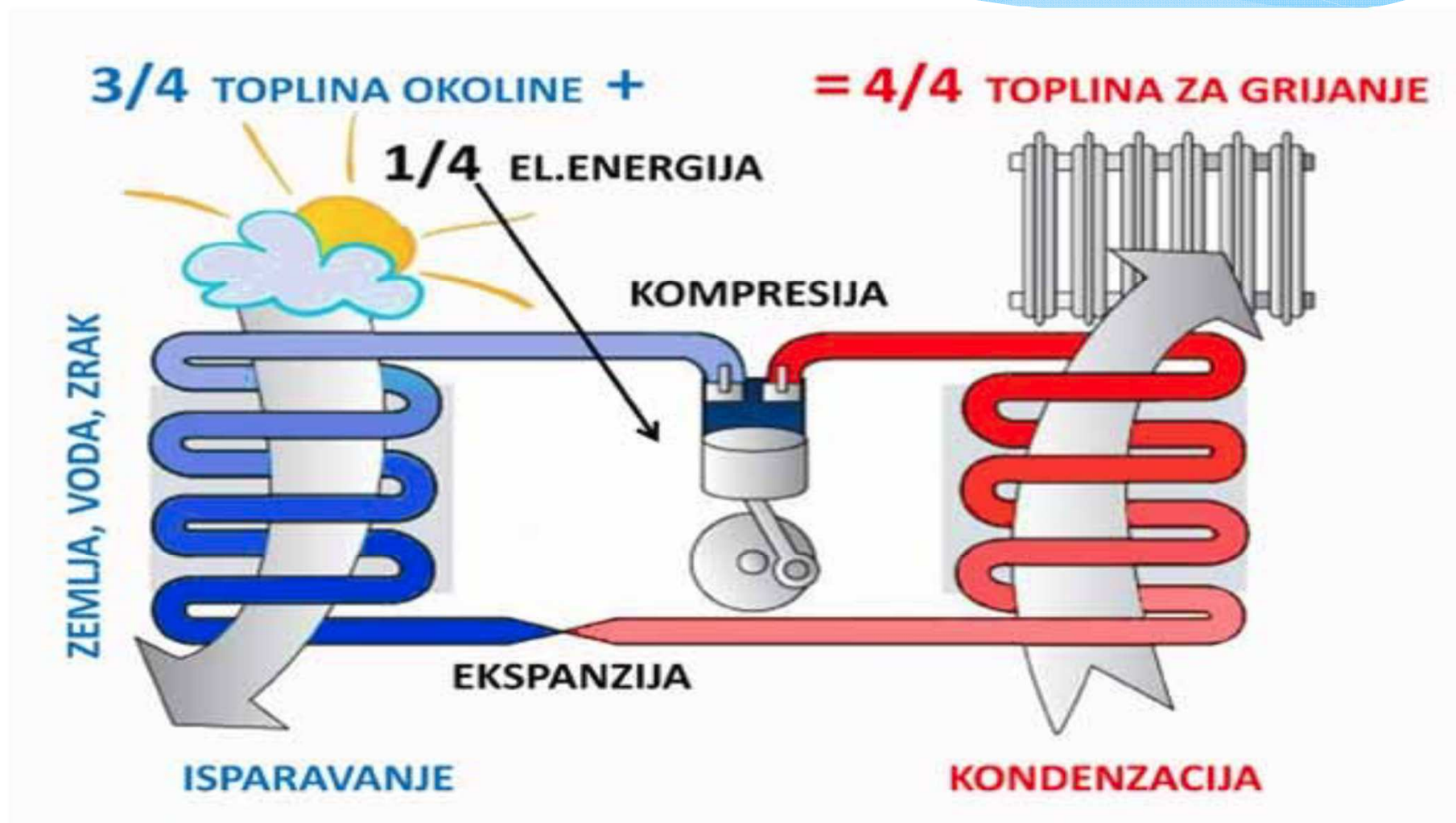
DIZALICA TOPLINE kod koje se prijenos topline s okoline na radnu tvar u isparivaču ostvaruje posredstvom tekućeg medija

DIZALICE TOPLINE (*TOPLINSKE PUMPE*)

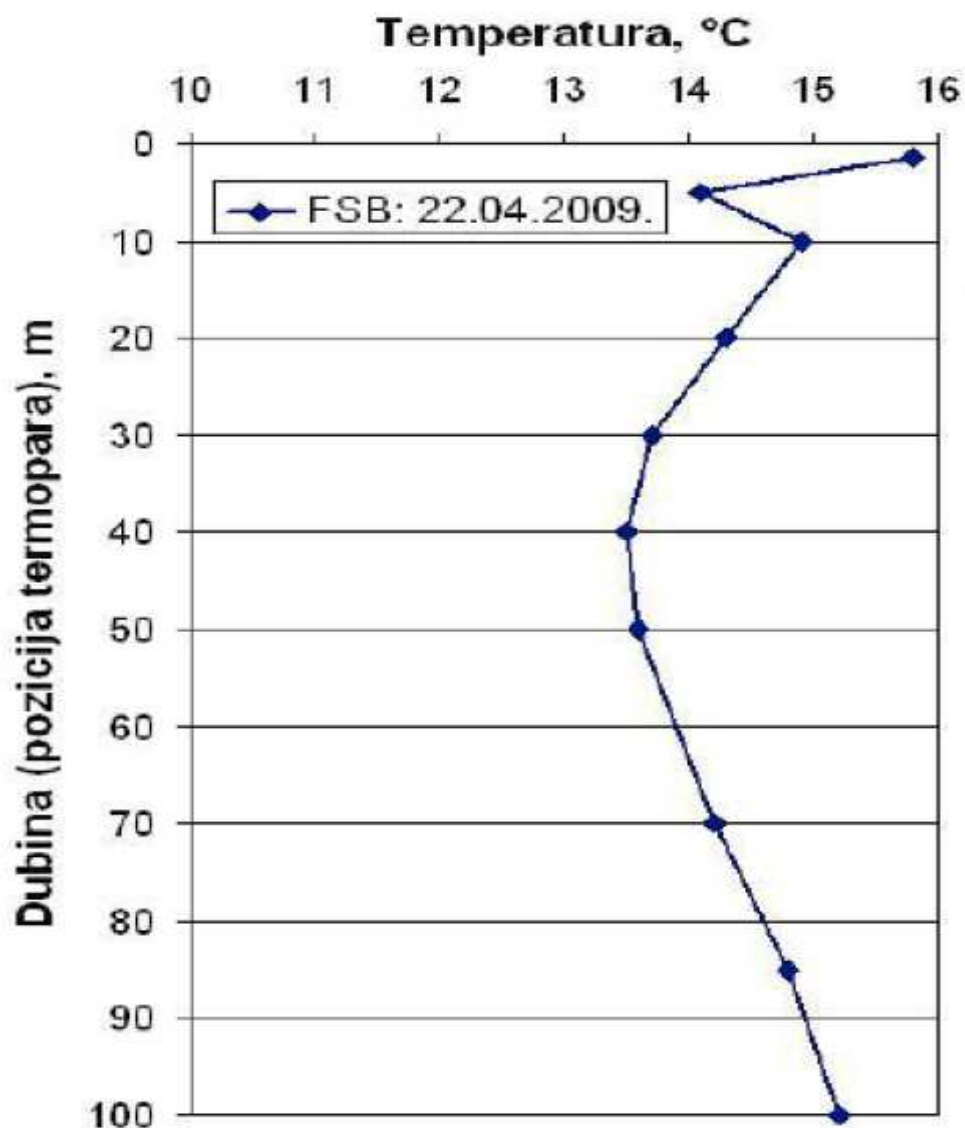


DIZALICA TOPLINE kod koje se prijenos topline s okoline na radnu tvar u isparivaču ostvaruje direktno s okolnog zraka

DIZALICE TOPLINE (TOPLINSKE PUMPE)

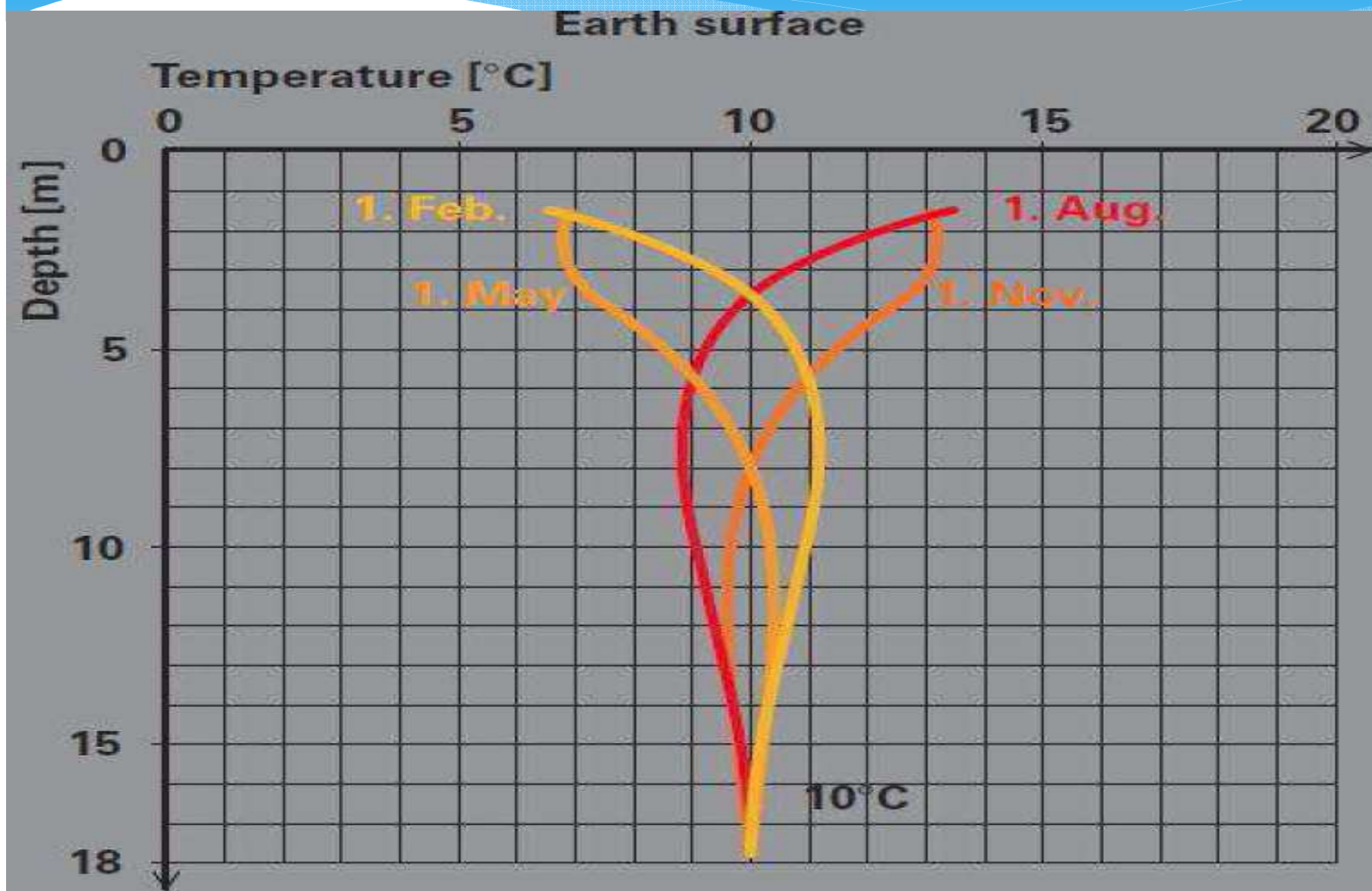


GEOTERMALNE DIZALICE TOPLINE



Na dubini 1,5 i 5 metara primjetan je utjecaj okolišnje temperature na temperaturu tla. Od 10 do 50 metara temperatura tla pada, da bi nakon 50 metara dubine, temperatura rasla sve do 100 m. **Temperatura tla na dubini 100 m je 15,2°C.**

OVISNOST TEMPERATURE TLA O DUBINI



GEOTERMALNE DIZALICE TOPLINE

Načini izvođenja **ZEMLJANIH** kolektorskih polja:

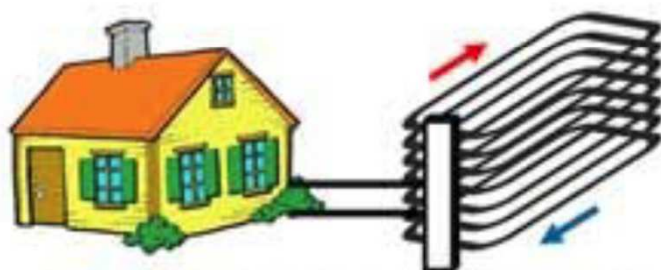
 EKO-PULS d.o.o.



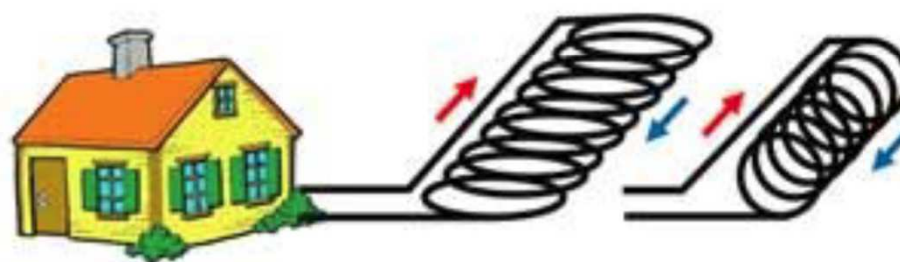
VODORAVNO polje sa serijski povezanim cijevima



VODORAVNO polje sa paralelno povezanim cijevima

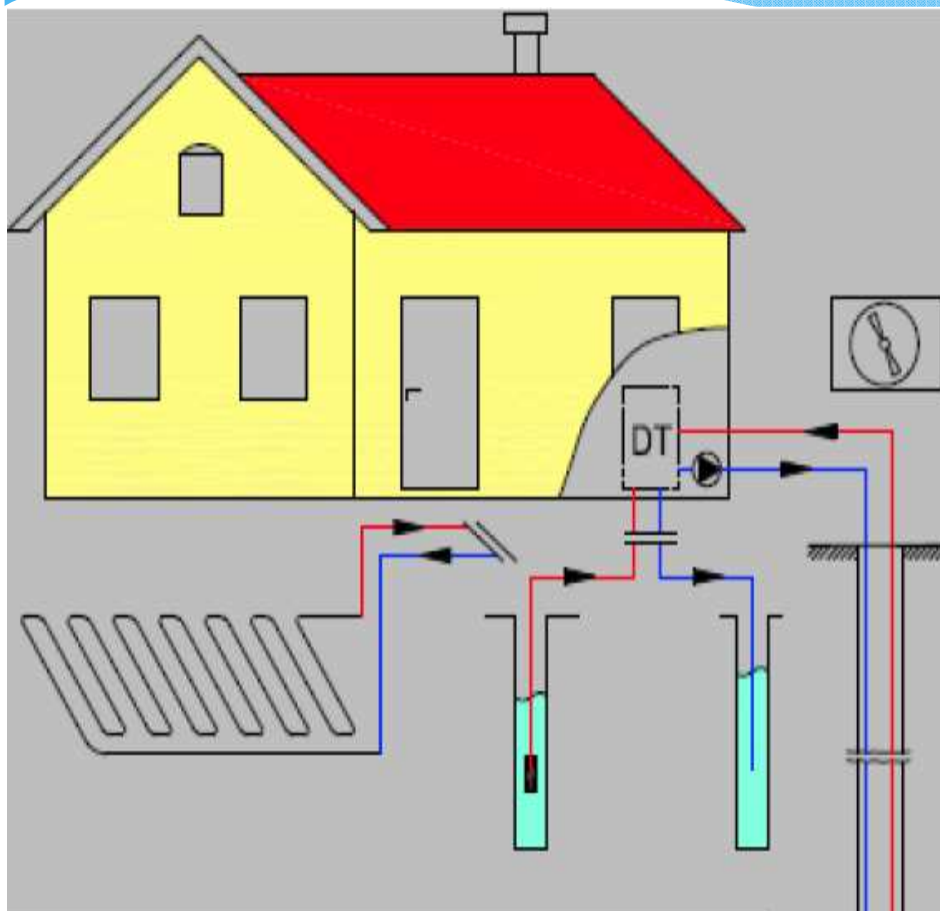


KANALNI kolektor ukopan u jarak (kanal)



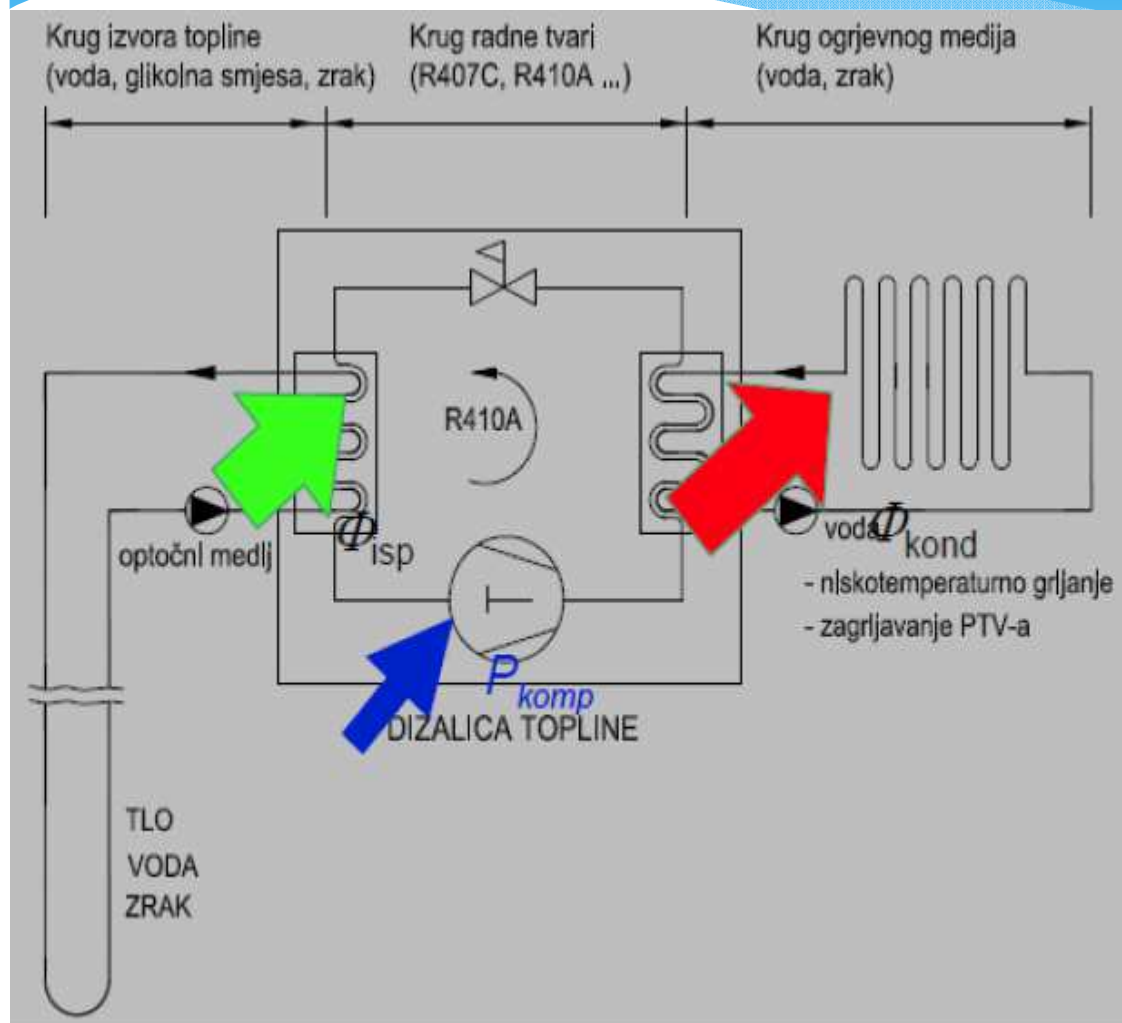
SPIRALNI kolektor i izvedbi "Slinky" / "Svec"

GEOTERMALNE DIZALICE TOPLINE



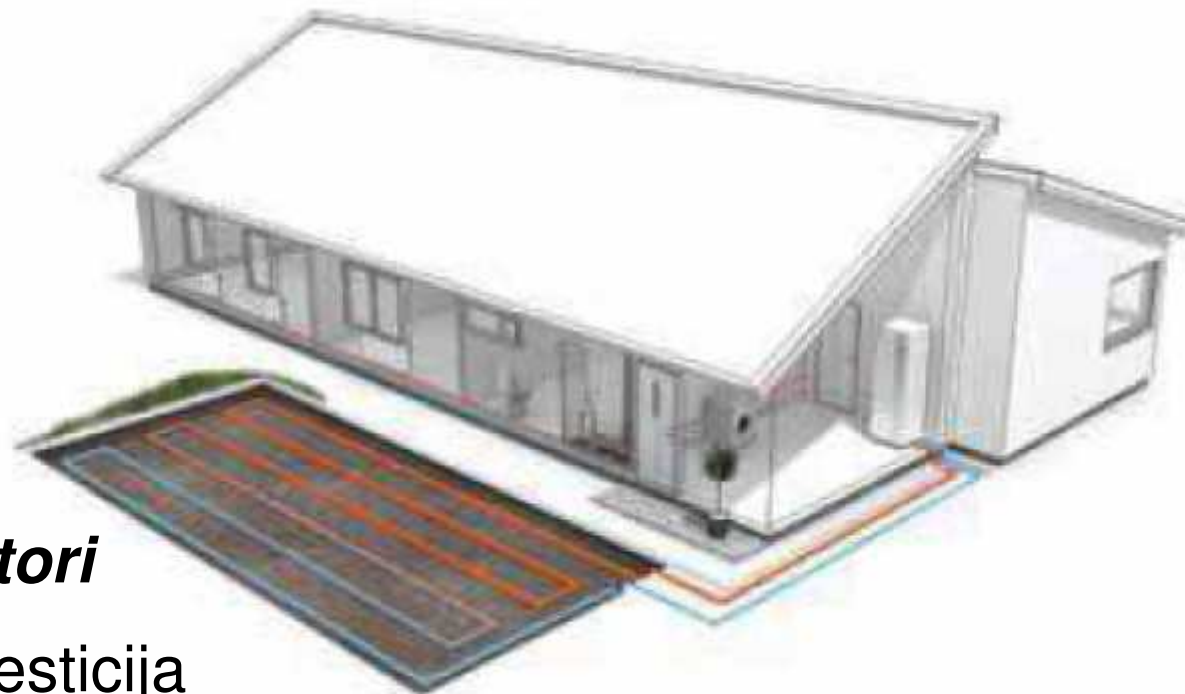
U primjeni su male dizalice topline za grijanje stanova kao i veliki sustavi namijenjeni grijanju velikih zgrada ili naselja. Većinom se primjenjuju s niskotemperaturnim sustavima grijanja s temperaturom polaznog voda od 35°C kod podnog grijanja, dok se za zagrijavanje potrošne tople vode (PTV) s temperaturom polaznog voda od 55°C .

GEOTERMALNE DIZALICE TOPLINE



- Dizalica topline posreduje u prijenosu topline između dva toplinska spremnika: niskotemperaturnog, kojem se toplina (energija) odvodi, te visokotemperaturnog kojem se ta toplina (energija) dovodi a uvećana je za energiju kompresije.
- Sustav dizalice topline sastoji se od tri kruga:
 - kruga izvora topline,
 - kruga radne tvari,
 - kruga ponora topline.

GEOTERMALNE DIZALICE TOPLINE



Zemni kolektori

Najmanja investicija

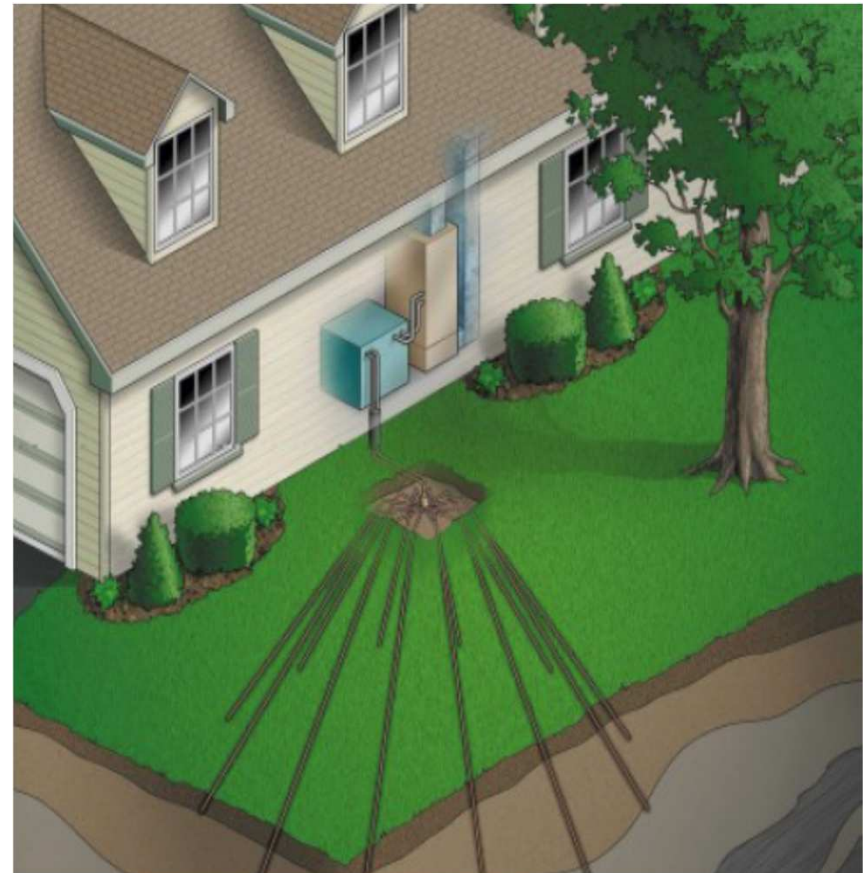
Zahtjeva veliku površinu: 1,5 do 2 puta površine objekta-građevine

Toplinski dobitak: 15-40 W/m²

Maximalni COP iznosi 4,5

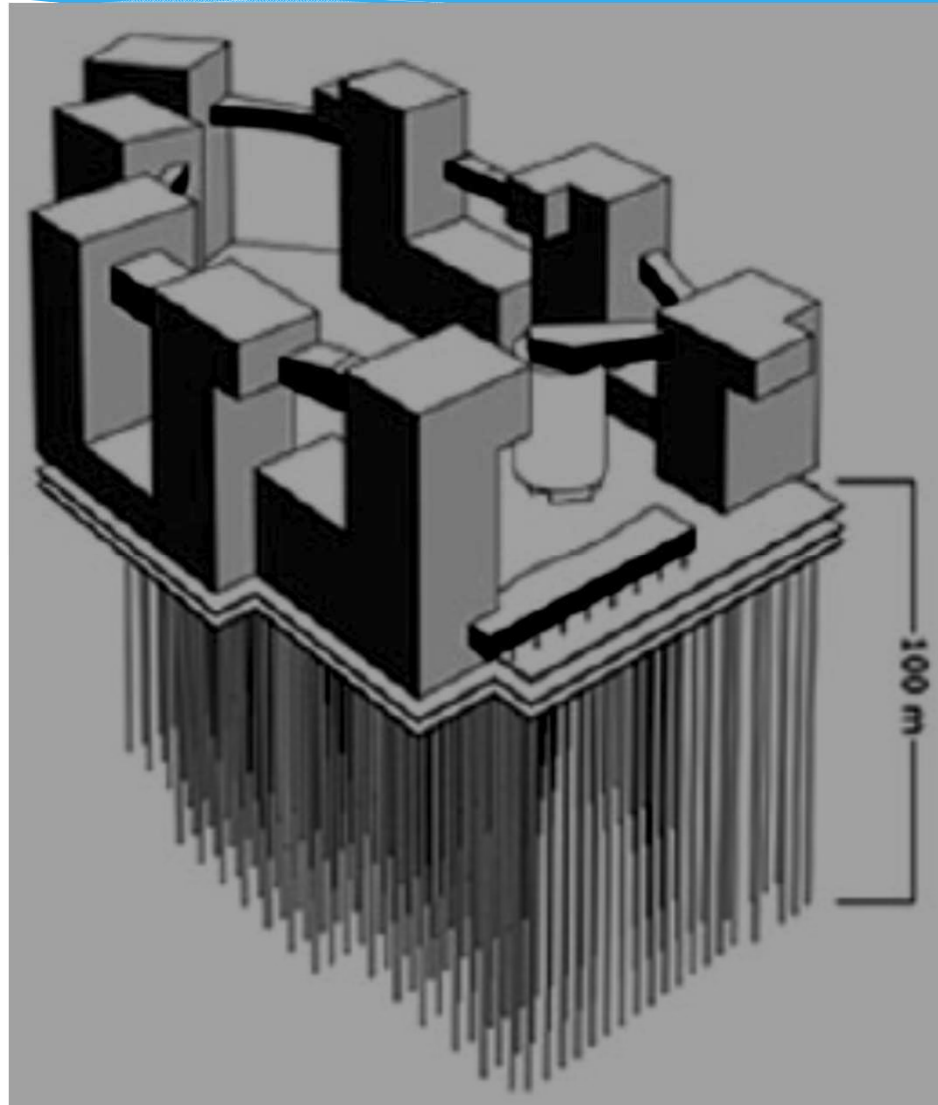
SPF iznosi 3,5 do 4

GEOTERMALNE DIZALICE TOPLINE



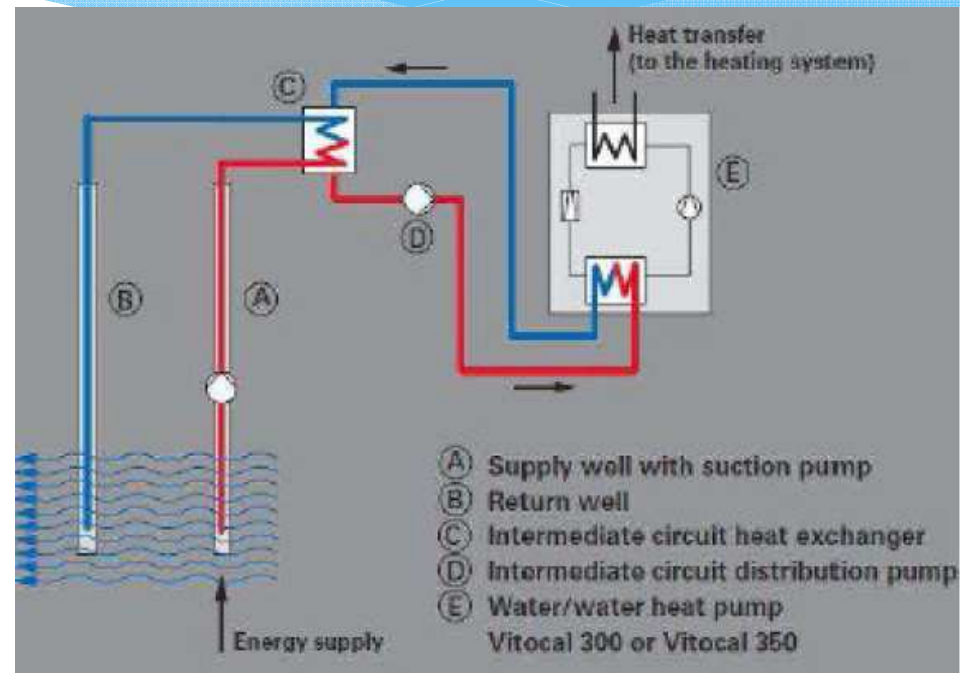
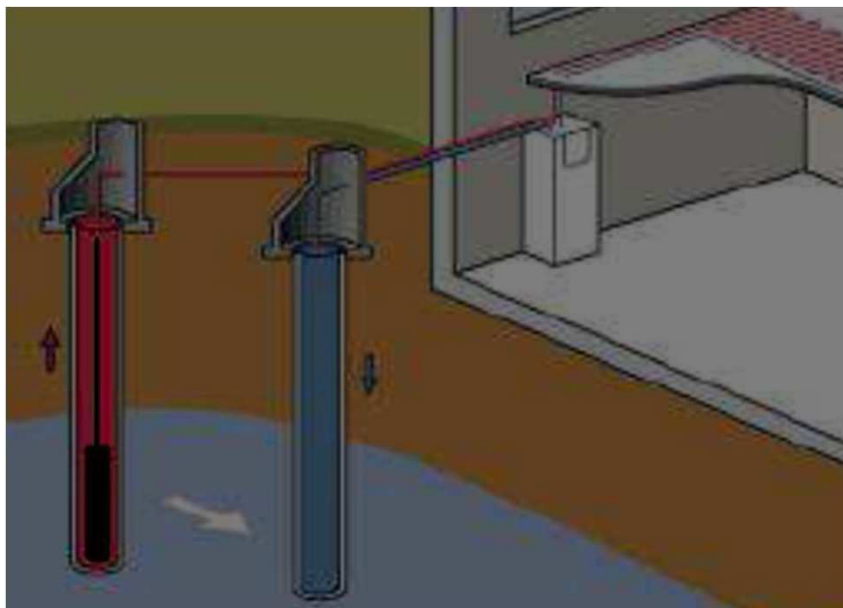
Izvedbe zemnih kolektora dizalica topline

GEOTERMALNE DIZALICE TOPLINE



Izvedbe zemnih kolektora dizalica topline

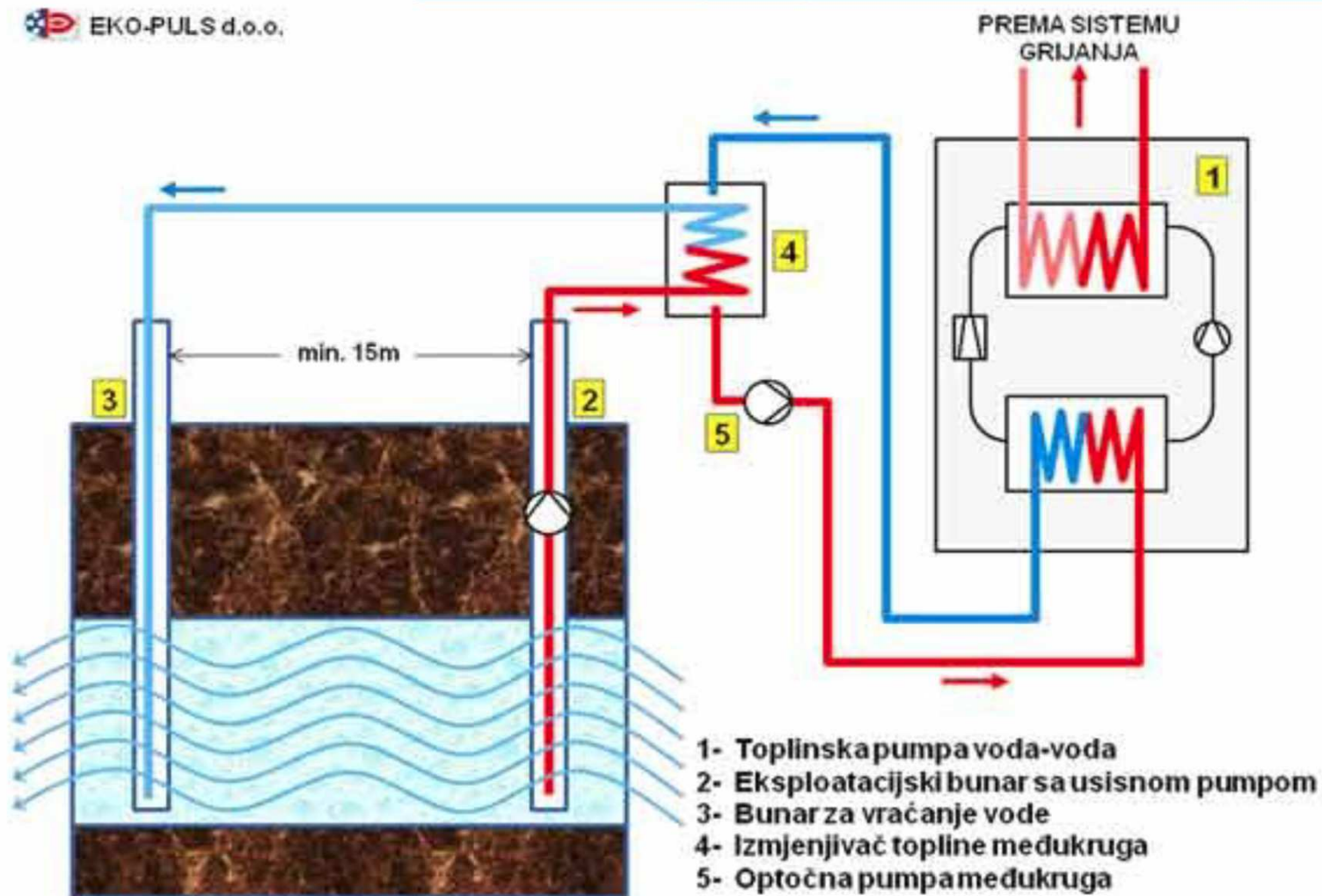
DIZALICE TOPLINE



Dizalice topline korištenje topline jezera, rijeka i mora

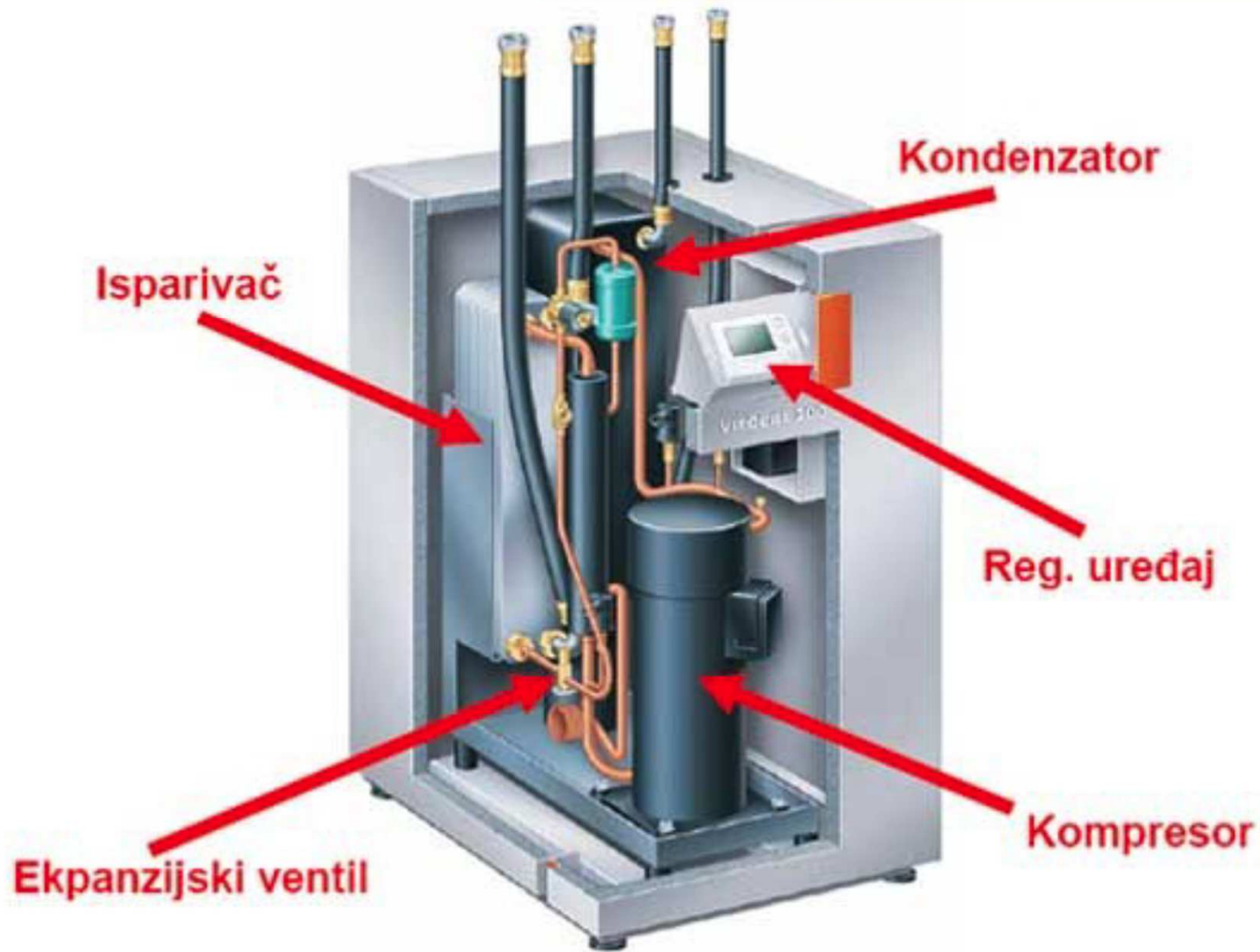
DIZALICE TOPLINE

EKO-PULS d.o.o.

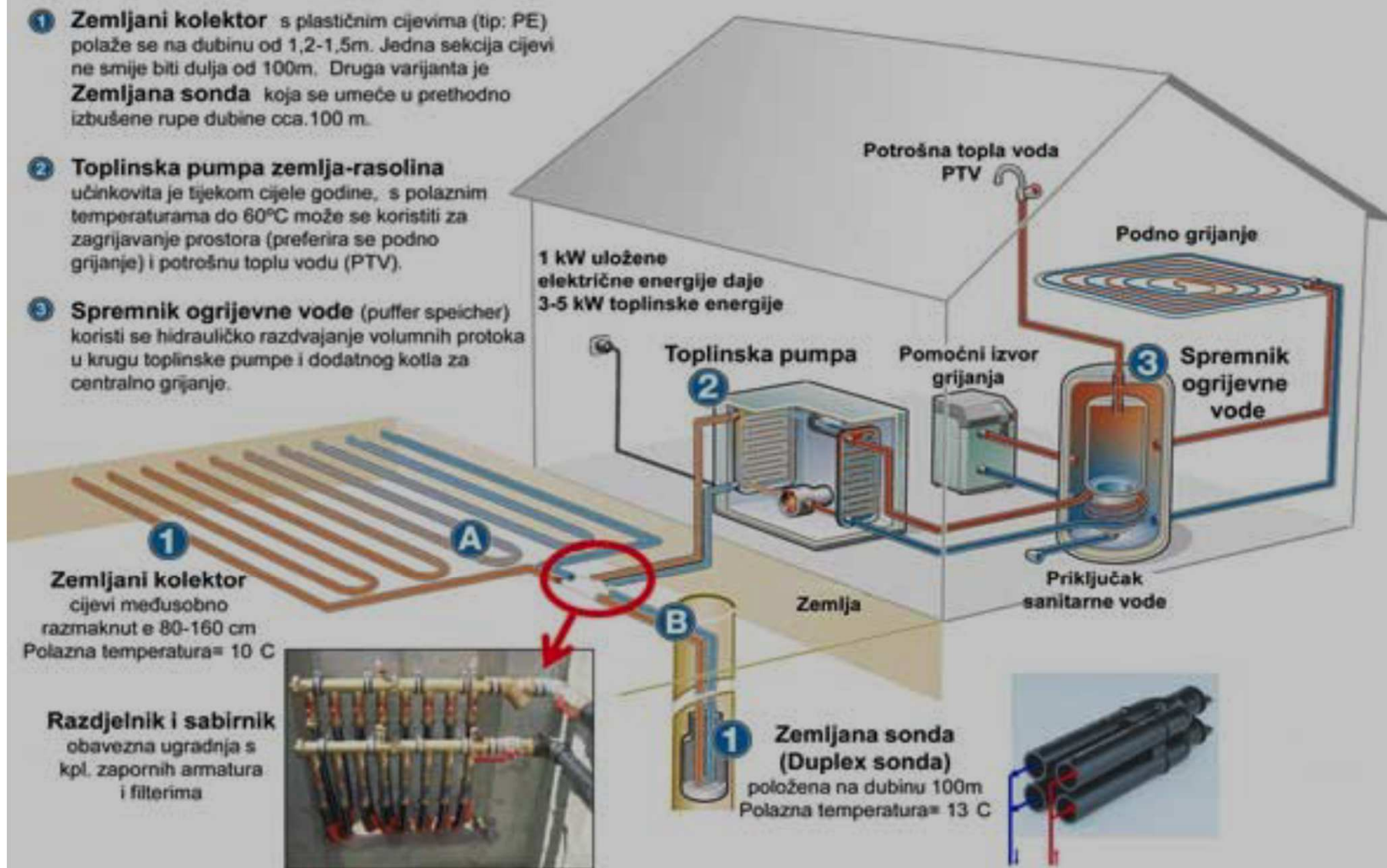


Dizalice topline korištenje topline podzemnih voda

IZVEDBA DIZALICE TOPLINE – TOPLINSKE PUMPE



PRIMJER UGRADNJE TOPLINSKE PUMPE S KOLEKTOROM



ZRAČNE DIZALICE TOPLINE

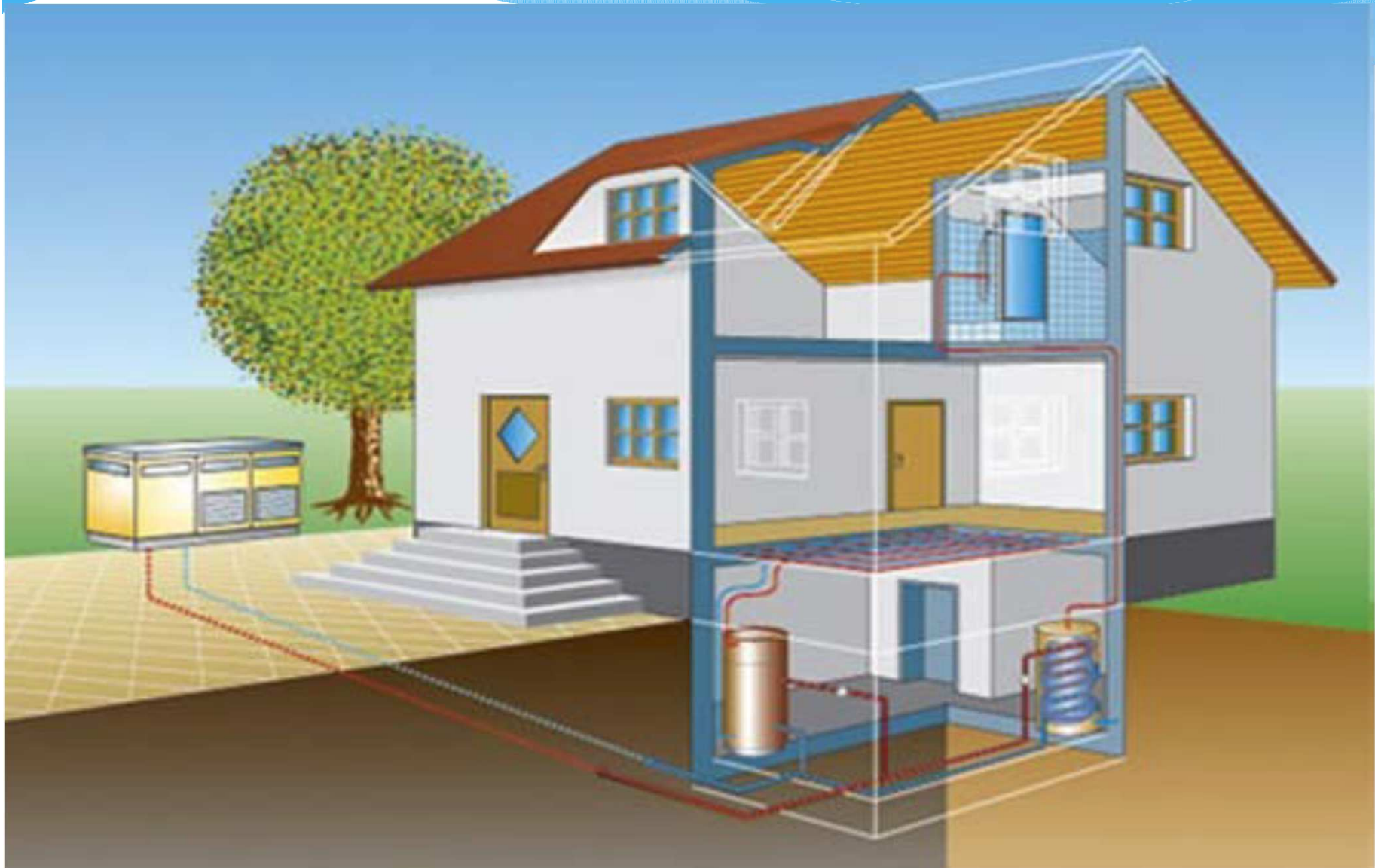
Isplativa primjena u primorskom dijelu

Najveći COP iznosi 3,5

SPF iznosi 2,5 do 3,5



ZRAČNE DIZALICE TOPLINE



RADNE TVARI (*MEDIJI*) ZA IZMJENU TOPLINE

Početak devedesetih godina, skoro sve zemlje, prihvatile su niz zakonskih mjera s ciljem očuvanja okoliša s obzirom na ustanovljenu pojačanu razgradnju ozona u višim slojevima atmosfere i drugih štetnih utjecaja. Kao posljedica poduzetih mjera dolazi do zamjene radnih tvari-freona (*klorofluorouglijici* CFC-a i HCFC-a) korištenih u rashladnoj i klima tehnici, ali i freona korištenih za proizvodnju izolacijskih materijala, aerosola, pjena i otapala. CFC se zamjenjuje sa HCFC - fluorirani ugljikovodici

Za dizalice topline ne smije se koristiti rashladna tvar koja sadrži freon odnosno spojeve freona

Primjer za rashladne sustave automobila koristi se radna tvar oznake R134a koja ne sadrži freon

RADNE TVARI (*MEDIJI*) ZA IZMJENU TOPLINE

Prije zabrane koristili su se kao radne tvari spojevi koji su imali znatan negativan utjecaj na okoliš.

broj rashladne tvari	naziv rashladne tvari	kemijska formula	molna masa	temperatura isparavanja ($^{\circ}\text{C}$) pri 1 bar	kritična temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	kritični tlak (MPa)
729	zrak		28,97	-194,2	-140,4	3,77
13	Freon 13	CF_3Cl	104,47	-81,3	29,0	3,87
744	ugljik. dioksid	CO_2	44,01	-78,4	31,1	7,38
13 B1	Freon 13 B1	CF_3Br	148,9	-57,6	67,1	3,96
22	Freon 22	CHF_2Cl	86,48	-40,6	96,1	4,98
717	amonijak	NH_3	17,03	-33,2	133,1	11,42
12	Freon 12	CF_2Cl_2	120,93	-29,6	112,1	4,11
114	Freon 114	$\text{C}_2\text{F}_4\text{Cl}_2$	170,93	3,7	145,9	3,27
21	Freon 21	CHFCl_2	102,93	9,1	178,6	5,17
11	Freon 11	CFCl_3	137,38	23,7	198,1	4,38
113	Freon 113	$\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$	187,39	47,7	214,3	3,41

Tvari koje ne sadrže klor (HFC-i), ugljikovodici, te prirodne radne tvari koriste se kao zamjena za CFC-e i HCFC-e u postojećim i novim uređajima.

CFC - klorofluorouglijci (*engl. chlorofluorocarbons*) su potpuno halogenirani derivati zasićenih ugljikovodika (R11, R12)

HCFC - klorofluorouglikovodici (*engl. hydrochlorofluorocarbons*) su djelomično halogenirani derivati zasićenih ugljikovodika koji sadrže vodik i klor (R22)

HFC - fluorirani ugljikovodici (*engl. hydrofluorocarbons*) su djelomično halogenirani derivati zasićenih ugljikovodika koji sadrže vodik i ne sadrže klor (R134a, R152, ...)

RADNE TVARI (*MEDIJI*) ZA IZMJENU TOPLINE

Rezultati istraživanja su pokazali da je R134a (HFC) najbolja zamjena za R12 (CFC) u postojećim sustavima, jer su termofizikalna svojstva tih radnih tvari približno jednaka. Ipak R134a se ne može koristiti kao direktna zamjena za R12.

R134a se ne otapa u mineralnim uljima koja se upotrebljavaju kao maziva za kompresore s R12. Zbog toga je potrebna potpuna izmjena mazivog ulja, kao i potpuno uklanjanje eventualnih ostataka ulja i radne tvari iz svih komponenti sustava. Na taj se način sprječava miješanje mineralnog ulja s mazivim uljem sintetičkog podrijetla podobnim za R134a.

U novim manjim sustavima radnu tvar R12 sve češće zamjenjuje izo-butan, koji zbog znatno manje gustoće dvostruko umanjuje punjenje kućanskih hladnjaka, te na taj način dodatno smanjuje potencijalnu mogućnost zapaljenja (*temperatura zapaljenja 460 °C*) i eksplozije (*u volumnom udjelu sa zrakom od 1,8 do 8,5 %*) ugljikovodika R600a.

Izo-butan (R600a), propan (R290) i ostali ugljikovodici odlikuju se izvrsnim termo fizikalnim svojstvima, ali se zbog njihove zapaljivosti preporučuje uporaba samo u manjim dobro brtvljenim jedinicama s malom količinom radne tvari, kao što su hladnjaci za kućanstvo i komercijalnu uporabu.

RADNE TVARI (*MEDIJI*) ZA IZMJENU TOPLINE

Ekološki prihvatljive radne tvari

oznaka	primjena	napomena
R134a	kućanski aparati, mali komercijalni rashladni uređaji, uključujući i klima u prijevoznim sredstvima	
R152a	klima u prijevoznim sredstvima (još u istraživanju)	umjereno zapaljiva
R600a	kućanski aparati	zapaljiva, eksplozivna
R404a	pokretne hladnjače za smrznutu ribu	
R407C	klimatizacija	
R417a	rashladnici vode i rashladne vitrine	
R410A	split sustavi za hlađenje	
R23	kaskadni rashladni uređaji	
R744	kaskadni rashladni uređaji	(CO ₂);previsok tlak; za industriju i veće rashladne sustave
R717	industrijsko hlađenje	(amonijak) otrovno od 0.5 do 0.6 %, zapaljivo,eksplozivno 15,3 – 27 %. Og, termodinamički najbolja radna tvar

DIREKTIVA EU ZA DIZALICE TOPLINE

Renewable Energy Sources (RES)

Heat Pumps - final text of Annex VII

ANNEX VII - Accounting of energy from heat pumps

The amount of aerothermal, geothermal or hydrothermal energy captured by heat pumps to be considered energy from renewable sources for the purposes of this Directive, ERES, shall be calculated in accordance with the following formula:

$$E_{RES} = Q_{usable} * (1 - 1/SPF)$$

Where:

*Q_{usable} = the estimated **total usable heat** delivered by heat pumps fulfilling the criterion that **SPF > 1,15 * 1/ η**;*

*SPF = the **estimated average seasonal performance factor** for those heat pumps;*

η is the ratio between total gross production of electricity and the primary energy consumption for electricity production and shall be calculated as an EU average based on Eurostat data.

DIREKTIVA EU ZA DIZALICE TOPLINE

Renewable Energy Sources (RES)

Aneks VII RES direktive:

- Obnovljivi dio toplinske energije E_{RES} [kWh]:

$$E_{RES} = Q_{usable} * \left(1 - \frac{1}{SPF}\right)$$

- Dizalice topline se svrstavaju u obnovljive izvore energije ako je:

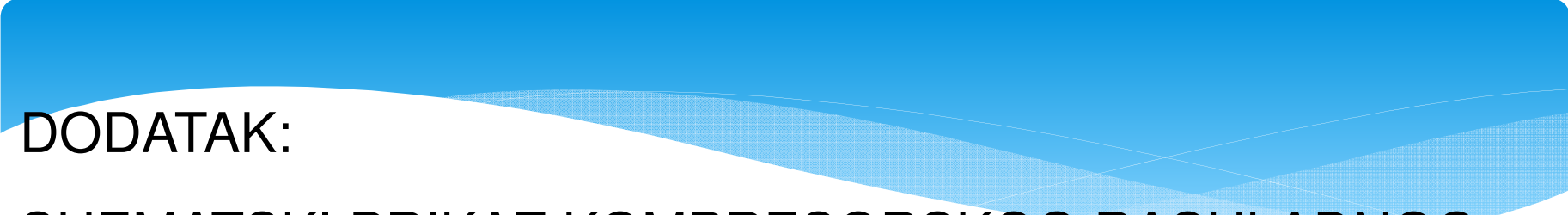
$$SPF > 1,15 * \frac{1}{\eta_{el}}$$

η_{el} – električna učinkovitost

$$\text{Za } \eta_{el} = 0,4 \Rightarrow SPF > 2,88$$

- Obnovljivi dio toplinske energije:

$$\frac{E_{RES}}{Q_{usable}} = \left(1 - \frac{1}{2,88}\right) = 0,65 = 65 \%$$



DODATAK:

SHEMATSKI PRIKAZ KOMPRESORSKOG RASHLADNOG UREĐAJA

KOMPRESORSKI RASHLADNI UREĐAJ

