

PRIMJENA GEOTERMALNIH DIZALICA TOPLINE U HRVATSKOJ: POTENCIJALI, BARIJERE

Doc.dr.sc. Vladimir SOLDO

REGIONALNI EDUKACIJSKI SEMINAR
Poticanje proizvodnje toplinske i rashladne energije iz OIE, EIHP, Zagreb, 25.09.2009.

SADRŽAJ

1. UVOD

2. UČINKOVITOST DIZALICE TOPLINE

3. IZVORI TOPLINE ZA DIZALICE TOPLINE

3.1 Dizalice topline voda-voda

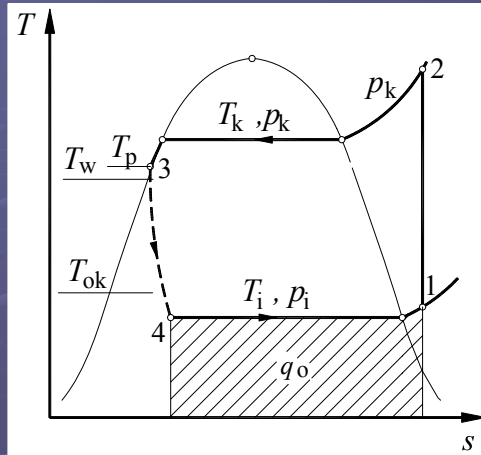
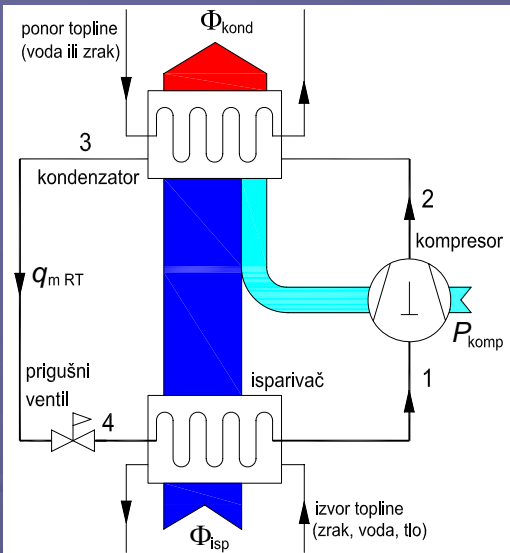
3.2 Dizalice topline tlo-voda

4. POTENCIJALI PRIMJENE I BARIJERE

5. ZAKLJUČAK

1. UVODNO O DIZALICAMA TOPLINE

LJEVOKRETNI OGRJEVNI PROCES



Radna tvar:

R410A,
R407C,
R134a ...
R290
CO₂

1) Toplinski množitelj ε_g dizalice topline definiran je izrazom:

$$\varepsilon_g = \frac{\text{učinak kondenzatora}}{\text{snaga kompresora}}$$

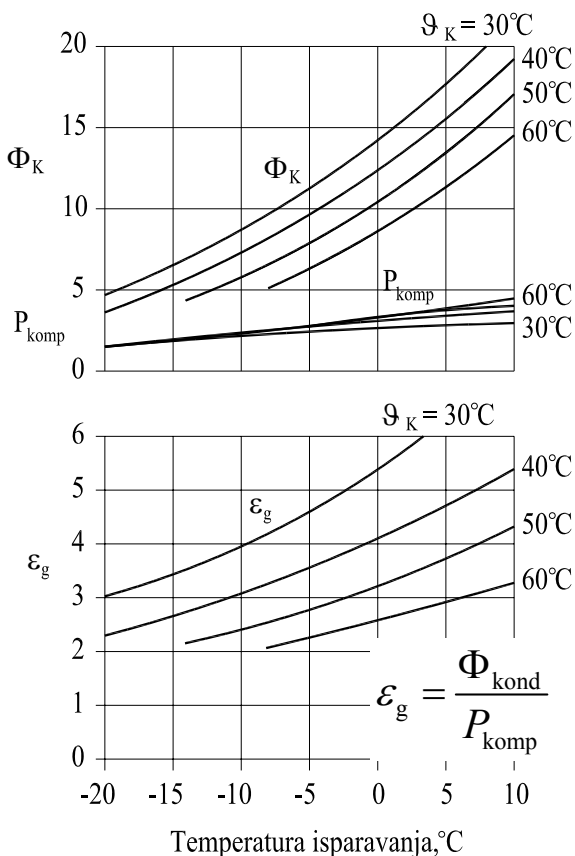
$$\varepsilon_g = \frac{\Phi_{kond}}{P_{komp}} = \frac{\Phi_{isp} + P_{komp}}{P_{komp}} = \varepsilon_o + 1$$

npr: $\varepsilon_g = \frac{4 \text{ kW}}{1 \text{ kW}} = 4$

2) Godišnji toplinski množitelj dizalice topline (*Sesonal performance factor*) iznosi:

$$SPF = \frac{\sum Q_K}{\sum E}$$

3



Ovisnost toplinskog množitelja o temperaturama isparavanja i kondenzacije (E. Granryd)

2. UČINKOVITOST DIZALICA TOPLINE

Učinak kondenzatora – ogrjevni učinak DT

$$\Phi_{kond} \approx \Phi_{isp} + P_{komp}$$

$$\Phi_{isp} = \dot{m}_{RT} q_o = V_s n \lambda \rho_{usis} q_o$$

\dot{m}_{RT} – protočna masa radne tvari, kg/s

V_s – stapajni volumen kompresora, m³

n – brzina vrtnje elektromotora, s⁻¹

λ – volumetrički stupanj djelovanja kompresora

ρ_{usis} – gustoća radne tvari na usisu u kompresor, kg/m³

q_o – specifični rashladni učinak, kJ/kg

$$\Phi_{kond} = \dot{m}_{RT} q_{kond} = V_s n \lambda \rho_{usis} q_{kond}$$

Primjer 1: $T_{isp} / T_{kond} / T_{poth} = -10/45/40 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\rho_{usis} = 22 \text{ kg/m}^3$$

$$q_o = 152 \text{ kJ/kg}$$

Primjer 2: $T_{isp} / T_{kond} / T_{poth} = +5/45/40 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$\rho_{usis} = 36 \text{ kg/m}^3$$

$$q_o = 177 \text{ kJ/kg}$$

R410A

4

Učinkovitost dizalice topline prema EN 14511 (EN 255):

	DIZALICA TOPLINE TLO-VODA			
Norma EN 14511	B0/W35*		B0/W55**	
Učinak grijanja, kW	10,4	10,8	9,5	9,8
El. snaga, kW	2,4	2,4	3,3	3,3
Faktor grijanja	4,4	4,5	2,9	3,0

*Temperaturni režim glikolne smjese na isparivaču: 0/-3 °C; Temperaturni režim vode na kondenzatoru 30/35 °C

**Temperaturni režim glikolne smjese na isparivaču: 0/-3 °C; Temperaturni režim vode na kondenzatoru 50/55 °C

	DIZALICA TOPLINE VODA-VODA			
Norma EN 14511	W10/W35*		W10/W55**	
Učinak grijanja, kW	11,6	10,9	10,2	9,6
El. snaga, kW	2,1	1,9	3,0	2,7
Faktor grijanja	5,5	5,7	3,5	3,6

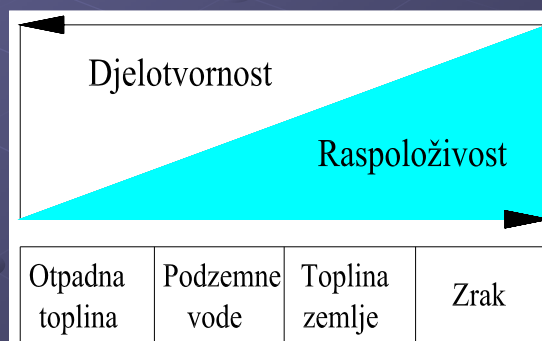
*Temperaturni režim vode na isparivaču: 10/5 °C; Temperaturni režim vode na kondenzatoru 30/35 °C

**Temperaturni režim vode na isparivaču: 10/5 °C; Temperaturni režim vode na kondenzatoru 50/55 °C

5

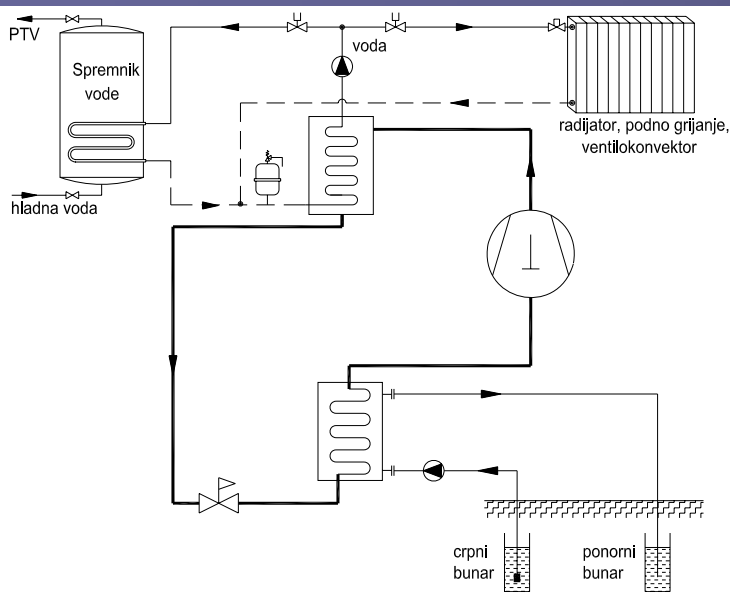
3. IZVORI TOPLINE ZA DIZALICE TOPLINE

- Za postrojenje dizalice topline od najvećeg su značaja svojstva toplinskog izvora. Može se reći da je postrojenje za grijanje dizalicom topline onoliko dobro, koliko je dobar njegov toplinski izvor.
- Kao niskotemperaturni toplinski spremnici koriste se voda (riječna, jezerska, morska i podzemna), zrak, otpadna toplina, Sunčeva energija ili se isparivač zakopava u zemlju, pri čemu tlo predstavlja toplinski spremnik.
- Na izvor topline se postavlja niz zahtjeva među kojima su najvažniji sljedeći:
 - toplinski izvor treba osigurati potrebnu količinu topline u svako doba i na što višoj temperaturi,
 - troškovi za priključenje toplinskog izvora na dizalicu topline trebaju biti što manji,
 - energija za transport topline od izvora do isparivača dizalice topline treba biti što manja.



6

Podzemne vode kao izvor topline

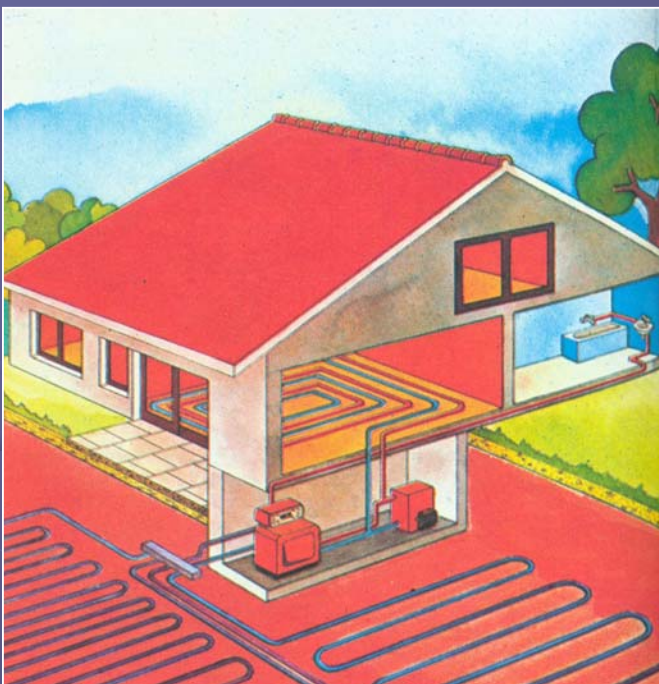


➤ Temperatura podzemne vode iznosi u većini slučajeva od 8 do 12 °C i ovisi o dubini iz koje se voda crpi.

- Ova se temperatura tijekom cijele godine neznatno ili uopće ne mijenja te je **podzemna voda najpovoljnija kao izvor topline** za pogon dizalice topline.
- Razmak između ovih bunara treba biti što je moguće veći, a po mogućnosti ne manji od 10 m.

7

Tlo kao izvor topline – horizontalna izvedba izmjenjivača

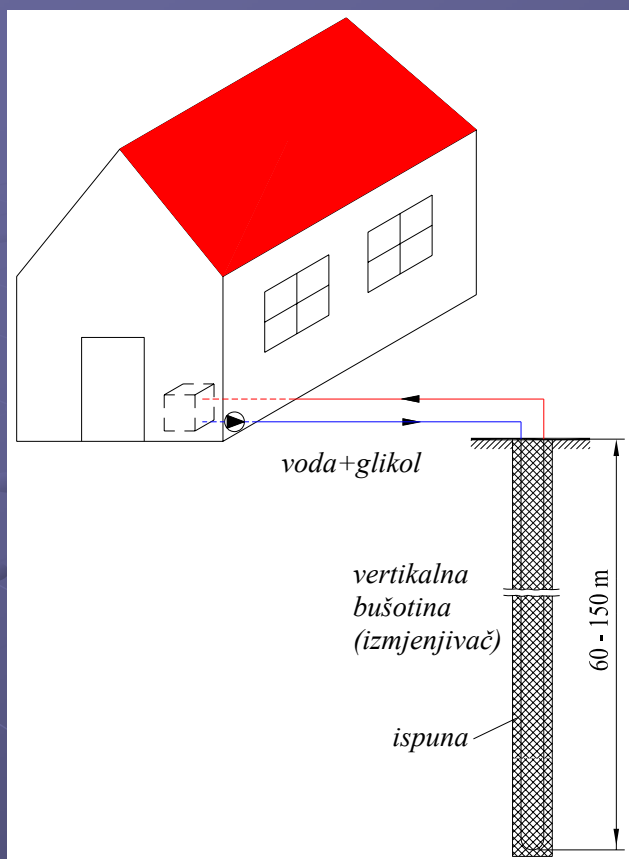


- Zemlja je kao izvor topline povoljna jer već u malim dubinama ima prilično konstantnu temperaturu (7÷13 °C na dubini 2 m).
- Izmjenjivač topline se u tlo može položiti u obliku snopa vodoravnih cijevi na dubini od 1,2 do 1,5 m, s međusobnim razmakom cijevi od 0,4 do 0,8 m, ovisno o sastavu i vrsti tla.
- Promjer PE cijevi iznosi 25 ili 35 mm. Dužina jedne izmjenjivačke sekcije iznosi do 100 m
Učinak: 15 do 35 W/m²

- Potrebna slobodna površina je otprilike 2 ÷ 2,5 puta veća od grijane površine.
- Regeneracija toplinskog izvora događa se zahvaljujući Sunčevom zračenju, kiši ili rosi.

8

Tlo kao izvor topline – vertikalna izvedba izmjenjivača



- Izmjenjivač se u bušotinu ulaže na dubini od 60 do 150 m (200 m).
- Temperatura tla na dubini od 2 m iznosi 7 do 10 °C, a na dubini do 100 m temp. tla se kreće između 10 i 13 °C.

Parametri dizalice topline s vertikalnim bušotinama

Učinek vertikalnog izmjenjivača	20 ÷ 85 W/m
Promjer PE cijevi:	25, 32, 40 mm
Promjer bušotine	80 ÷ 150 mm
Ispuna bušotine:	smjesa betonita i cementa
Toplinska vodljivost tla	1 ÷ 3 W/(m K)

- Izmjenjivač topline (tvornički predmontiran) se u tlo polaže najčešće kao dvostruka U cijev.

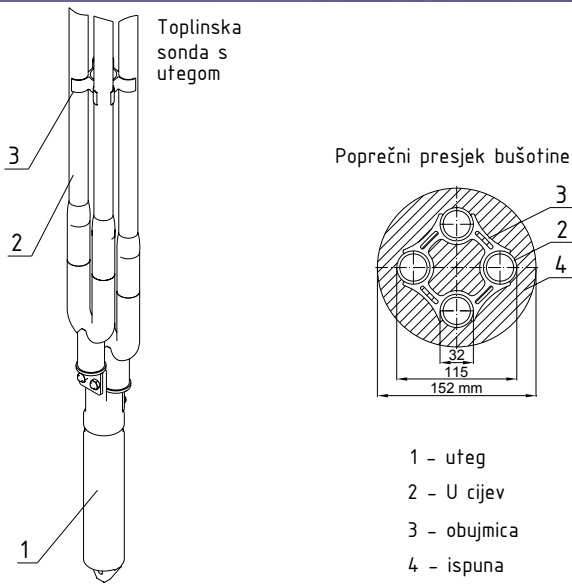
9

Izvedba geotermalne dizalice topline s toplinskom sondom dubine 100 m na Fakultetu strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu



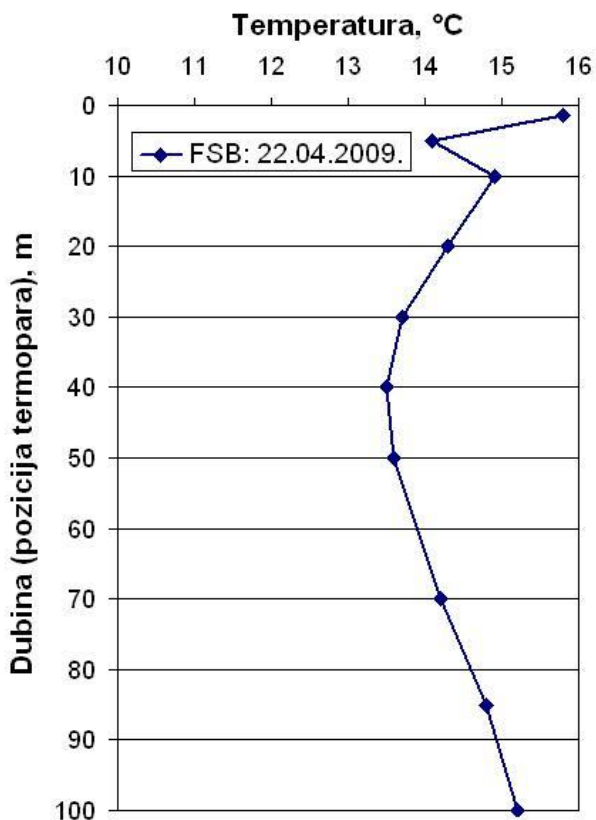
10

Izvedba geotermalne dizalice topline s toplinskom sondom dubine 100 m na Fakultetu strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu

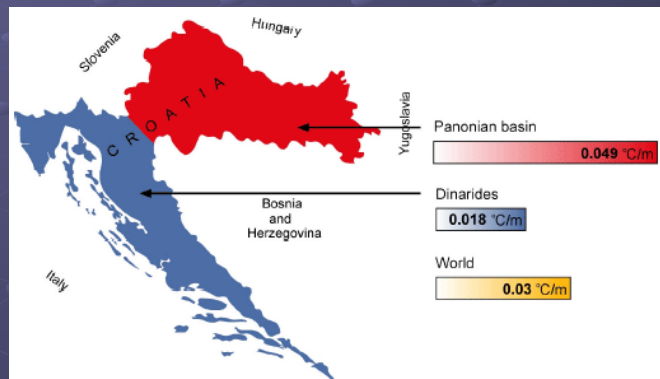


11

Stratifikacija temperature tla po visini bušotine



Geotermalni gradijent:



12

4. POTENCIJALI

- Korištenje dizalica topline s tlom kao obnovljivim spremnikom topline bilježi jedan od najbržih porasta u području primjene obnovljivih izvora energije, mjereno brojem instaliranih jedinica u svijetu.
- Procjenjuje se da je u svijetu instalirano **1,7 miliona geotermalnih dizalica topline s tлом ili vodom kao izvorom topline, učinka grijanja 18 GW**, [J. Spitler, 2008.]
- Grijanje i hlađenje dizalicom topline
- Ovakvi su sustavi široko prihvaćeni u tehnološki razvijenom svijetu, primjerice u Švedskoj, SAD, Švicarskoj, Austriji, Njemačkoj i Turskoj.
- Jedno od najvećih polja vertikalnih bušotina u Europi nalazi se u Norveškoj (180 bušotina, svaka dubine 200 m).

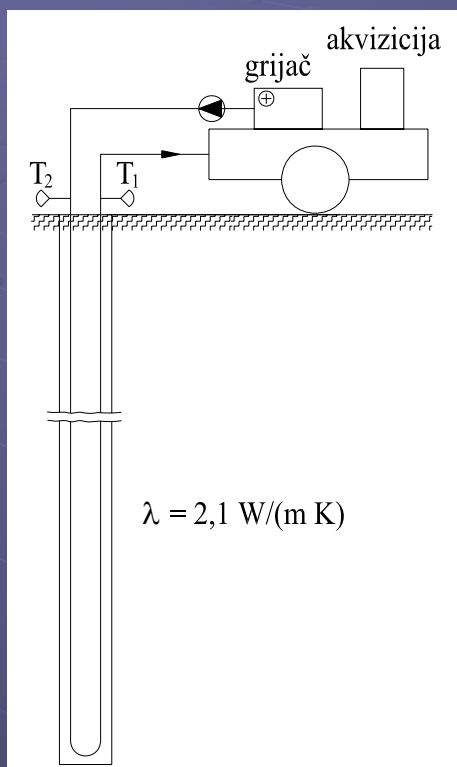


- Primjena:
 - obiteljska domaćinstva
 - veća naselja
 - poslovni objekti
 - škole i vrtići
 - bolnice
 - športski centri
 - plastenici
 - specifične namjene

Niskotemperaturno grijanje i zagrijavanje PTV-a

Učinak vertikalnog izmjenjivača VDI 4640 : 50 W/m

Test termičkog odziva - "in situ" mjerenja: (*thermal response test – TRT*)



15

4. ZAKLJUČAK

➤ Dizalice topline smatraju se visokoučinkovitim sustavima za proizvodnju toplinske energije. Primjenjuju se u svim veličinama, od onih najmanjih za grijanje stanova, pa sve do sustava koji služe za grijanje čitavih naselja.

➤ Dizalice topline koriste se za **niskotemperaturno grijanje** - optimalan rad dizalice topline s temperaturom polazne vode s kondenzatora do 45 °C (° 50 C) - niskotemperaturno grijanje pretežito novih građevina, zagrijavanje PTVa.

➤ Pogonski troškovi su u odnosu na sustave konvencionalnog grijanja više od dvostruko manji. Investicijski troškovi su više od dvostruko veći u odnosu na konvencionalne sustave grijanja koji koriste prirodni plin ili loživo ulje kao energent.

➤ Primjenjuju se za grijanje i hlađenje obiteljskih kuća, stambenih naselja, poslovnih jedinica, sportskih kompleksa, škola, vrtića, bolnica. Za veće sustave potrebno je provesti test termičkog odziva tla.

Planirani poticaji za primjenu geotermalnih dizalica topline, pomoći će široj primjeni ove tehnologije u Hrvatskoj.

16

HVALA NA PAŽNJI!

**Primjena geotermalnih dizalica topline
u Hrvatskoj: potencijali, barijere**

doc.dr.sc. Vladimir SOLDO
FSB, Ivana Lučića 5, Zagreb
e-mail: vladimir.soldo@fsb.hr, tel: 01 6168 235

REGIONALNI EDUKACIJSKI SEMINAR
Poticanje proizvodnje toplinske i rashladne energije iz OIE, EIHP, Zagreb, 25.09.2009.