

## 1. radionica PLIGES projekta

# Optimalna rješenja za rezidencijalne objekte s ekonomskih i energetske aspekata



Tomislav Kurevija



FERIT Osijek, 10.11.2023.



1. Uvod
2. Projektiranje geotermalnih sustava – ulazni parametri
3. Termogeološke i klimatske karakteristike
4. Bušotinski izmjenjivači topline i projektiranje
5. Rezidencijalni sektor i dizalice topline

- dosadašnja istraživanja geotermalne energije u RH
- pojam „plitka geotermalna energija“ - način energetskeg iskorištavanja potencijala pomoću dizalica topline
- terminologija GHP GCHP GSHP BHE HP CXHE?

(a) VERTIKALAN SUSTAV (cca 100-150 m)  
iskorištavanje plitkih geotermalnih potencijala  
“Geotermalne dizalice topline”  
Rezidencijalni objekti i manji poslovni objekti



(b) POVRŠINSKI SUSTAV (1,5-10 m)  
solarna energija pohranjena u tlu  
većinom manji rezidencijalni objekti



(c) DVIJE BUŠOTINE (PROIZVODNA I UTISNA)  
većinom solarna energija+geotermalna energija  
ovisno o dubini vodonosnika i tipu izvora



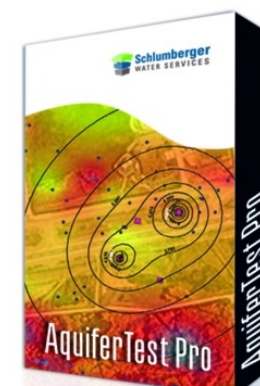
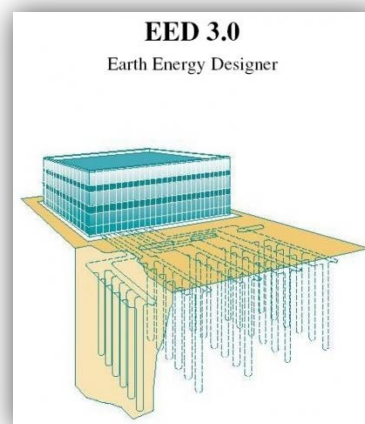
(d) SUSTAV S POVRŠINSKOM VODOM  
(more, rijeke, jezera)  
solarna i geotermalna energija pohranjena u površinskim vodama



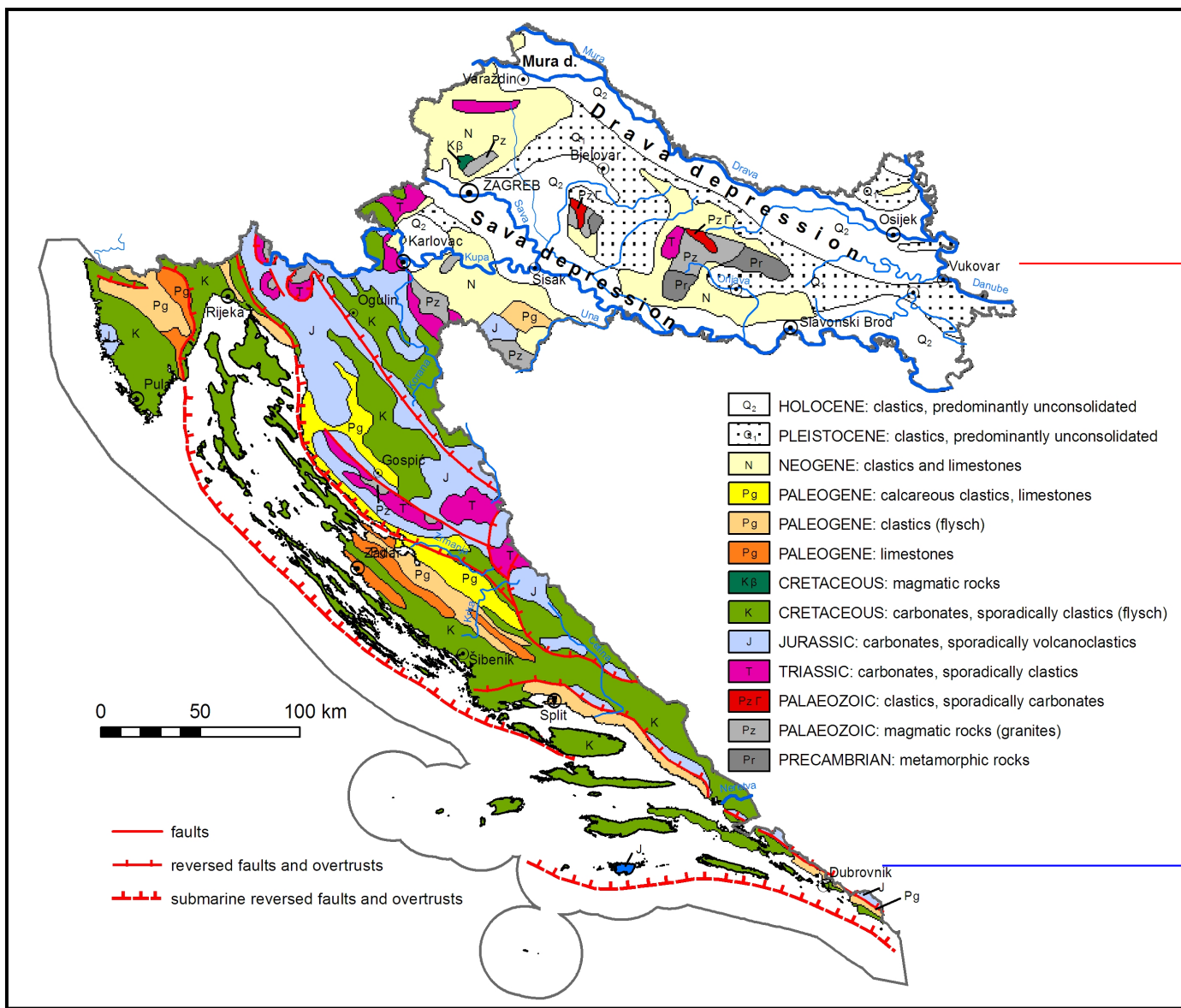
## 2. Projektiranje geotermalnih sustava – ulazni parametri

Modeliranje sustava bušotinskog izmjenjivača topline s dizalicama topline u funkcionalnoj je vezi s pet osnovnih varijabli koje je nužno što preciznije odrediti pri razvoju projekata:

- 1) geološke i termodinamičke značajke tla i stijena,
- 2) hidrogeološke karakteristike tla i stijena,
- 3) geotermalni gradijenti i toplinski tok,
- 4) klimatski uvjeti i
- 5) tehnoekonomski parametri



### 3. Termogeološke i klimatske karakteristike



Pretežno  
nekonsolidirani  
klastiti (pijesci,  
šljunak, gline)

Pojava podzemnih  
voda, zasićenost  
tla vodom!

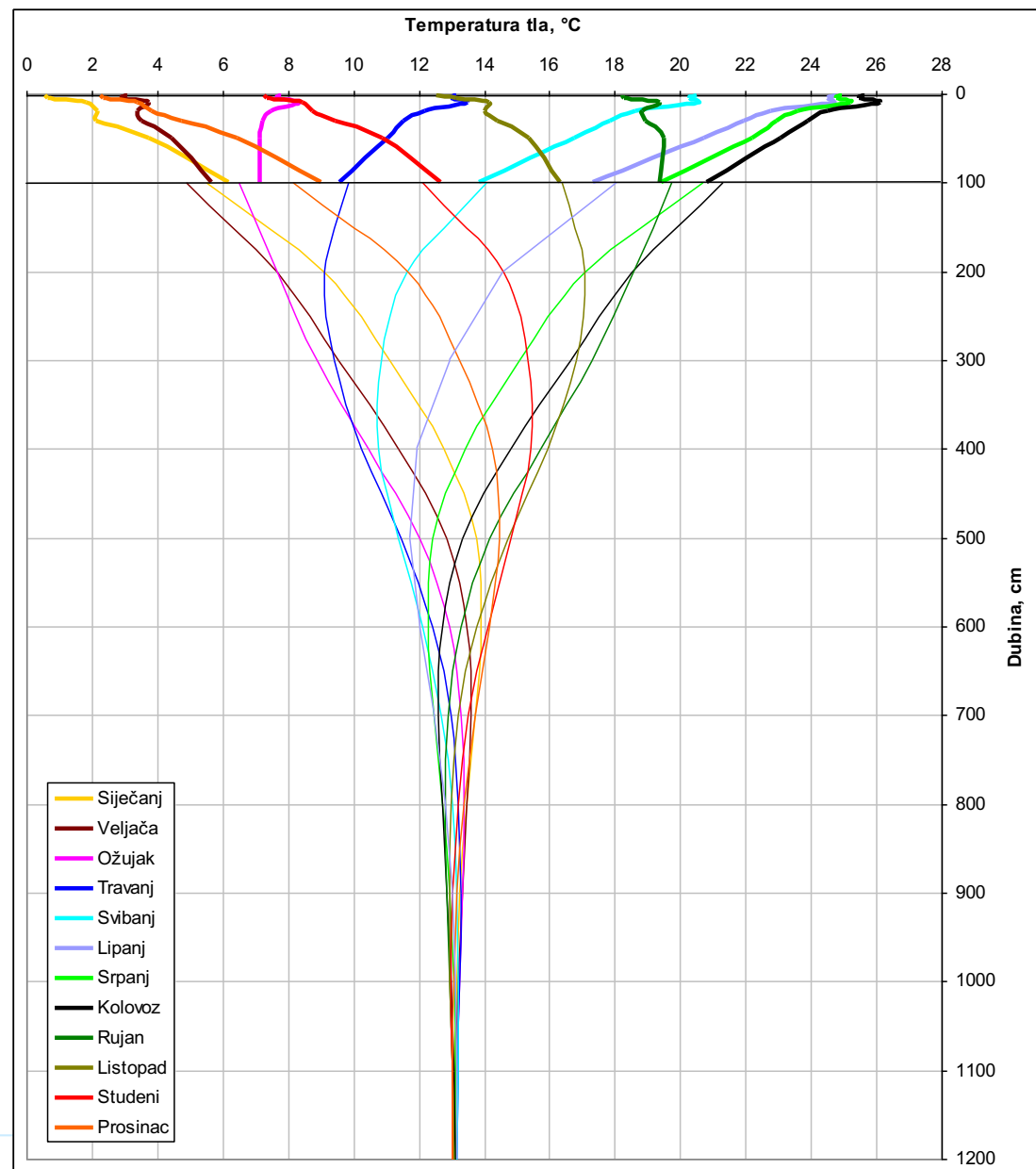
Pretežno karbonatne  
stijene (vapnenci  
i dolomiti)

Izražena sekundarna  
poroznost (krš)

### 3. Termogeološke i klimatske karakteristike

#### ➤ Statička temperatura

- Prikaz mjerenih srednjih mjesečnih temperatura tla do 100 cm i izračunatih vrijednosti prigušivanja temperature tla u zavisnosti o promjeni dubine upotrebom sinusne funkcije za lokaciju Zagreb- Maksimir



# 3. Termogeološke i klimatske karakteristike

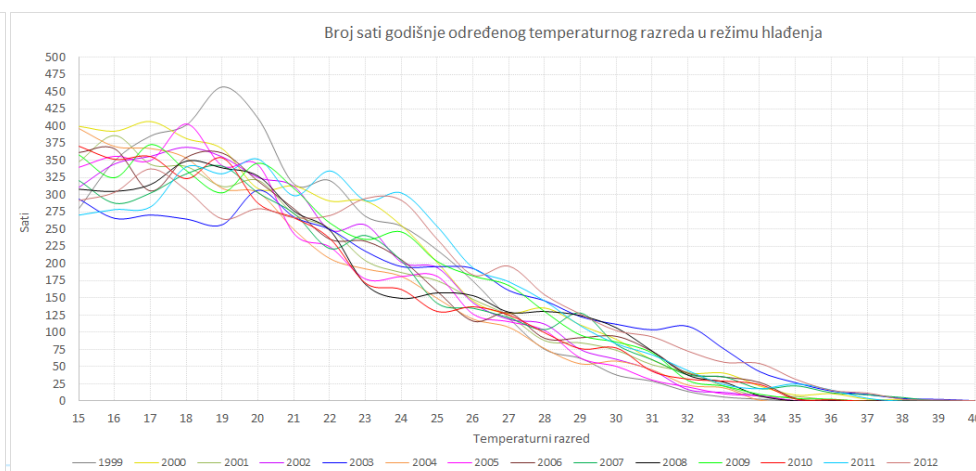
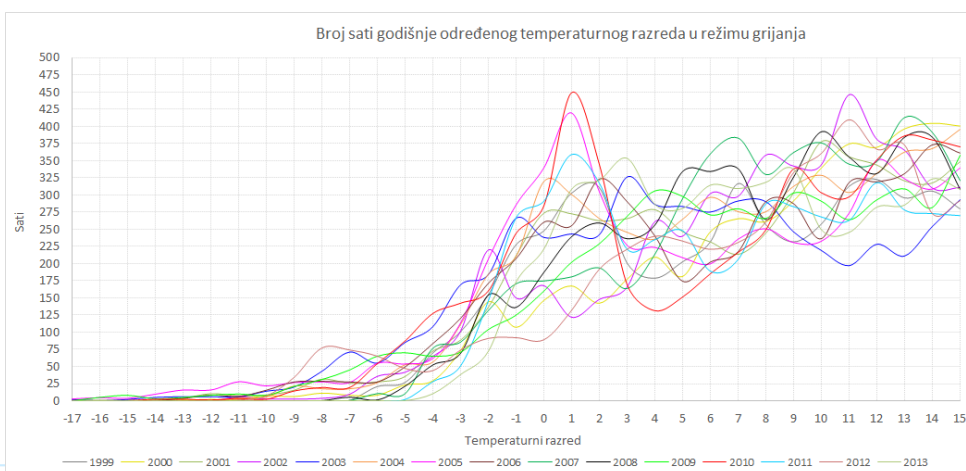
## ➤ Klimatski parametri

- Geotermalni sustavi – najučinkovitiji za grijanje i hlađenje prostora

### a) Potrebna energija za grijanje

Omjer SATI u tjednu sa definiranom internom temperaturom  $t_{H,hr} = 0,65$

Mjesec	$Q_{H,tr}$	$Q_{H,ve}$	$Q_{H,ht}$ [kWh]	$Q_{H,sol}$	$Q_{H,int}$	$Q_{H,an}$ [kWh]	$\gamma_H$	$\eta_{H,gn}$	$\sigma_{red,H}$	$Q_{H,nd}$ [kWh]
<b>MJESEČNO</b>										
Siječanj	31763	30641	62404	6114	9300	15414	0,25	0,986	0,86	40663
Veljača	24965	24083	49048	9338	8400	17738	0,36	0,966	0,80	25544
Ožujak	21532	20771	42303	15818	9300	25118	0,59	0,898	0,67	13288
Travanj	13891	13401	27292	20599	9000	29599	1,08	0,714	0,65	4003
Svibanj	7177	6924	14101	25206	9300	34506	2,45	0,390	0,65	418
Lipanj	2217	2138	4355	25948	9000	34948	8,02	0,124	0,65	14
Srpanj	-153	-147	-300	27495	9300	36795	122,64	0,008	1,00	0
Kolovoz	1069	1031	2100	24497	9300	33797	16,09	0,062	0,65	3
Rujan	6207	5988	12194	19316	9000	28316	2,32	0,409	0,65	398
Listopad	14507	13995	28502	13669	9300	22969	0,81	0,816	0,65	6343
Studeni	21724	20956	42680	6784	9000	15784	0,37	0,964	0,79	21831
Prosinac	29167	28137	57303	4500	9300	13800	0,24	0,988	0,87	37859
<b>UKUPNO</b>										<b>150364</b>



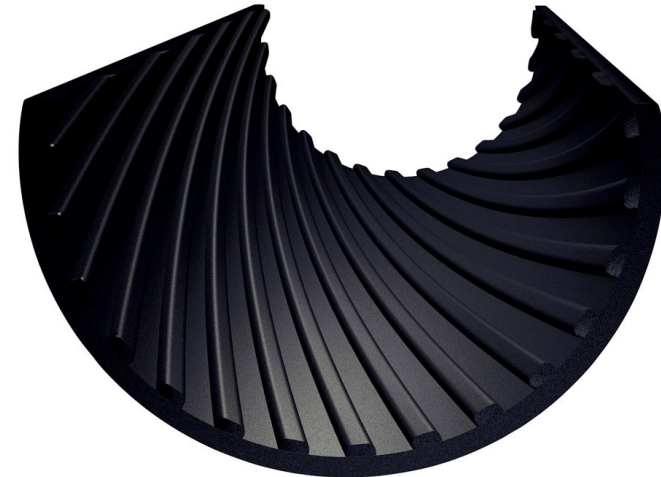
# 4. Bušotinski izmjenjivači topline i projektiranje

- Vertikalni bušotinski izmjenjivači 1U/2U petlja PE 32-40-45-50mm



# 4. Bušotinski izmjenjivači topline i projektiranje

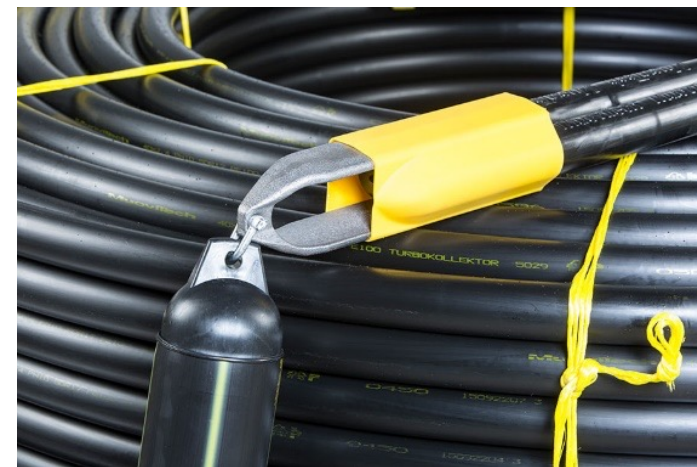
- Vertikalni bušotinski izmjenjivači 1U TC45 turbulator efekt



**CONCLUSION FOR FLOW AND PRESSURE DROP**

4x32 Laminar 4x32mm - PE100 PN10 SDR17  
2xTC45 TurboCollector 2x45mm - PE100 PN10 SDR17

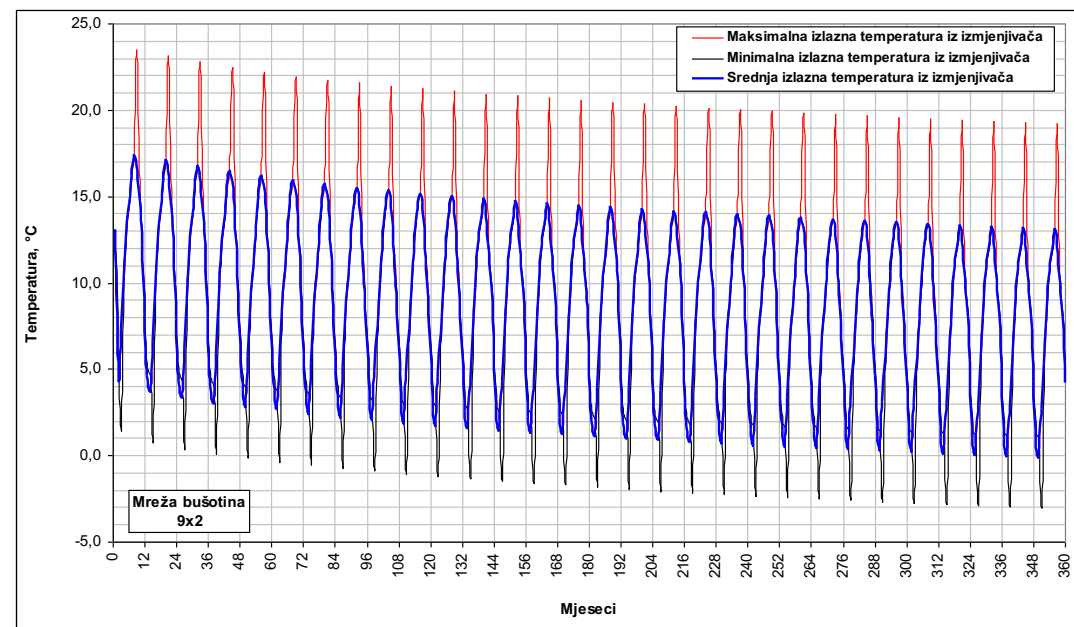
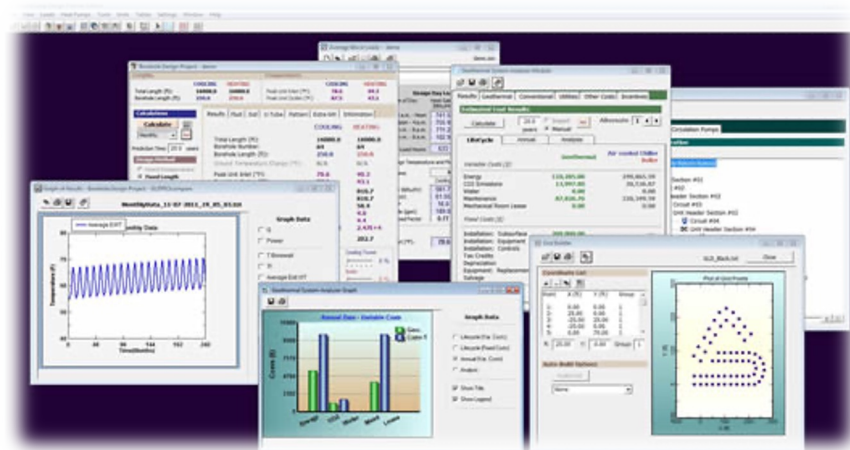
	Flow l/s	Re	Pressure Drop Pa/m	Note
4x32	0.5	1798	108	Laminar flow
2xTC45	0.5	2557	55	Turbulent flow with low pressure drop
4x32	0.7	2517	287	Very high pressure drop
2xTC45	0.7	3580	185	Turbulent flow with low pressure drop



# 4. Bušotinski izmjenjivači topline i projektiranje

## ➤ Računalna simulacija

- Ispravno dimenzioniranje bušotinskog izmjenjivača topline mora minimizirati višegodišnje promjene temperature tla i radnog fluida, a koje nastaju uslijed neravnoteže u toplinskim bilancama pridobivanja topline iz tla i pohranjivanja u tlo, kao i toplinskih interferencija između pojedinih bušotina u određenoj geometrijskoj mreži polja (GLD, EED)

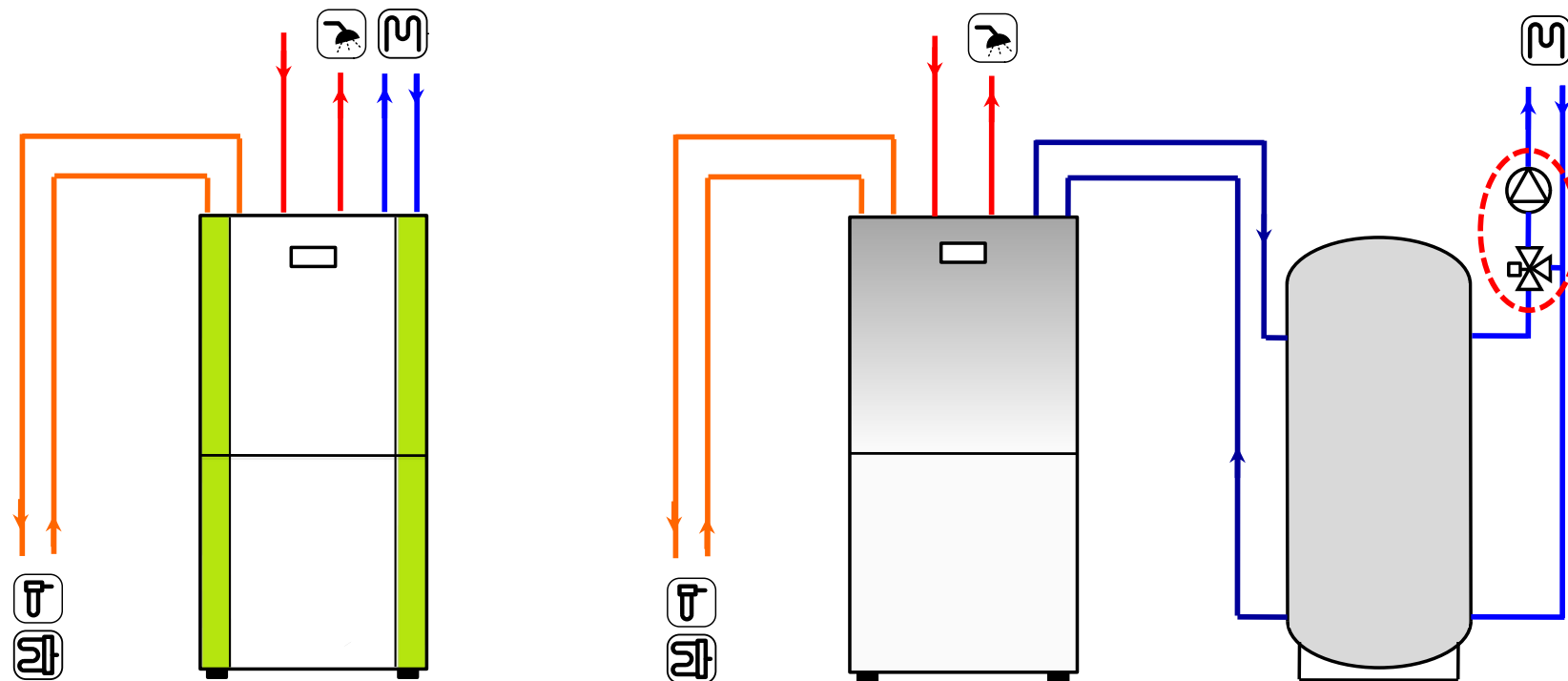


## 5. Rezidencijalni sektor i dizalice topline

### ➤ Inovativni koncept za rezidencijalni sektor – inverter dizalice topline

On/off kompresori, fiksna brzina vrtnje, nužnost međuspremnik i sekundarne hidrauličke grupe (+2500 EUR cca)

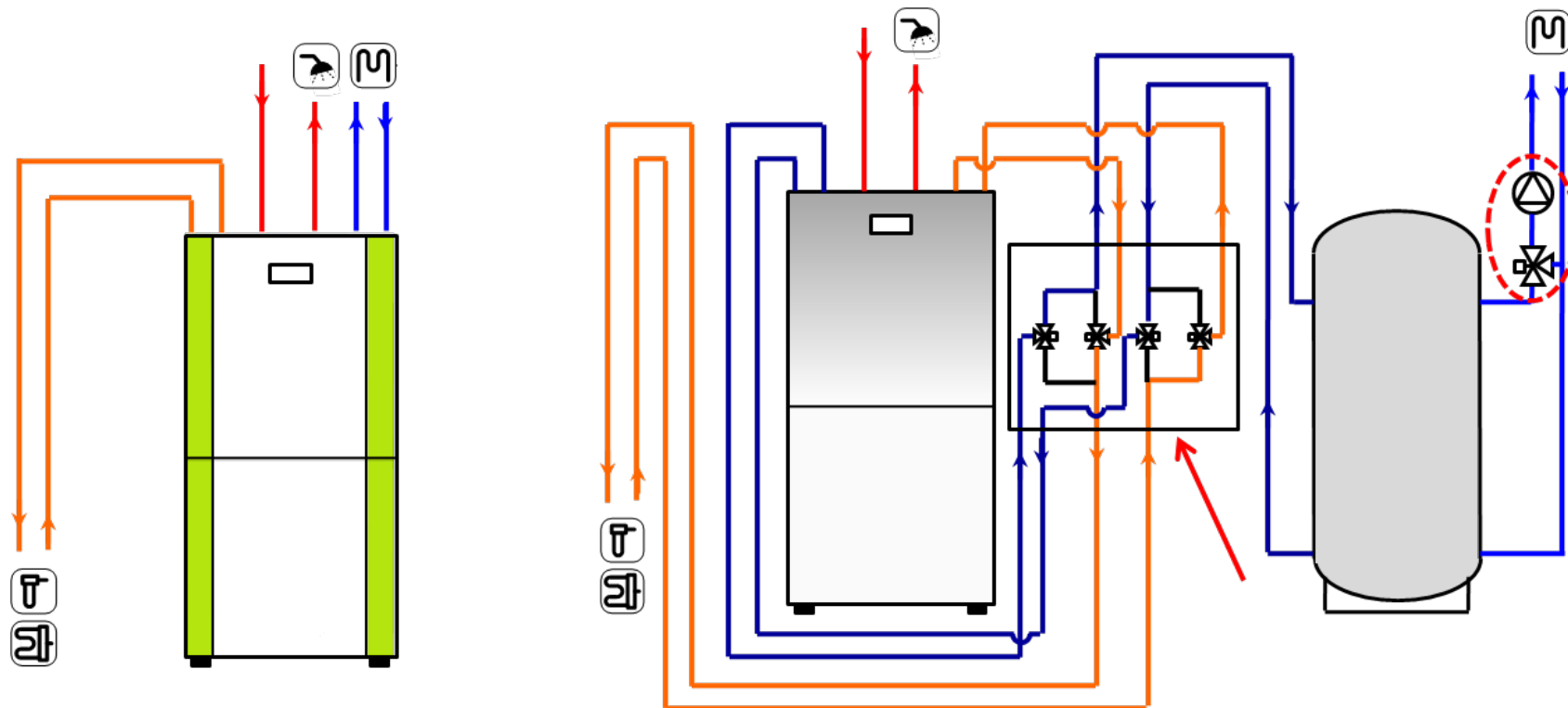
Nužnost uvođenja inverterskih jedinica u širu primjenu kao i kod ASHP sustava, mogućnost ograničavanja snage i bolje prilagodbe stvarnom opterećenju



## 5. Rezidencijalni sektor i dizalice topline

- Inovativni koncept za rezidencijalni sektor – inverter dizalice topline s freonskim okretanjem faze

Poseban problem – staromodne dizalice topline s on/off kompresorom i vanjskim “hidroboxom” odnosno nemogućnošću aktivnog hlađenja

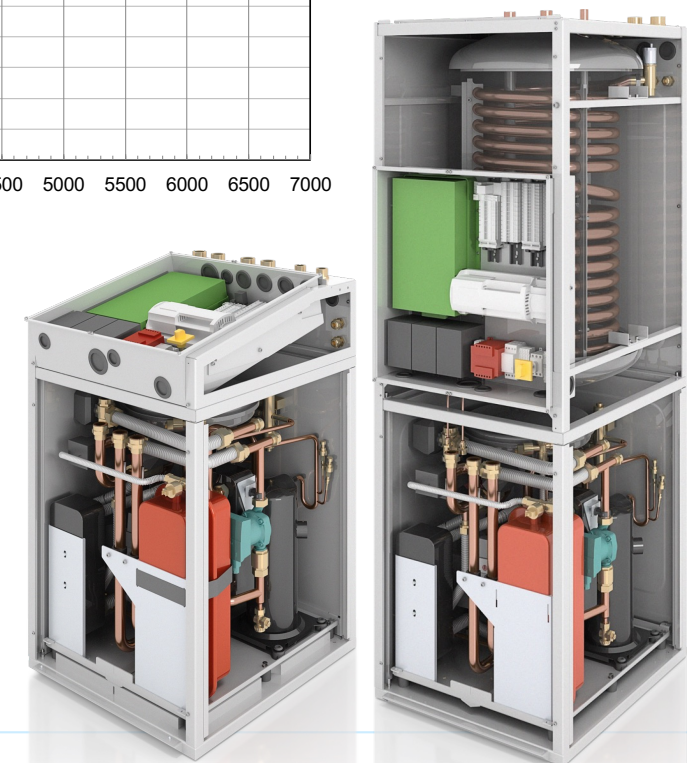
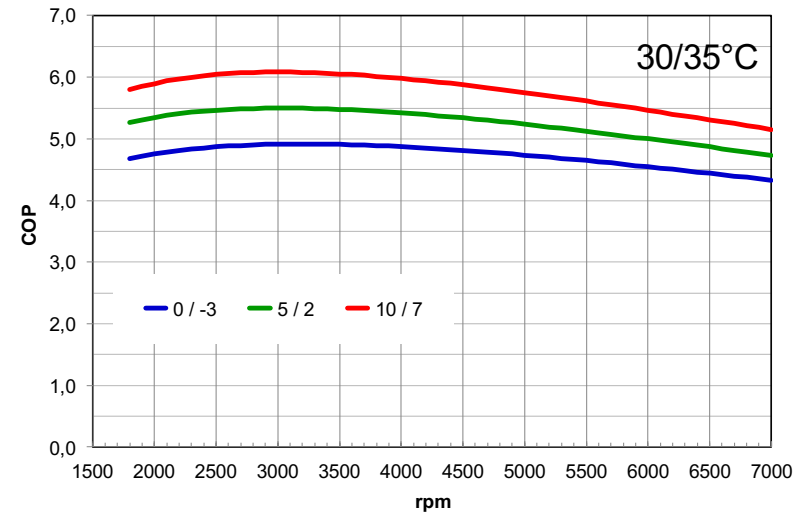


# 5. Rezidencijalni sektor i dizalice topline

## ➤ Inovativni koncept za rezidencijalni sektor – kompaktne inverter dizalice topline

Nužnost promocije kompaktnog dizajna:

- smanjenje investicijskog troška
- smanjenje potrebnog prostora
- smanjena potreba za kompliciranom vanjskom automatikom
- interni dodatni elektro grijači, cirkulacijske pumpe, ekspanzijske posude, prekretanje faze grijanje-hlađenje,
- interno prekretanje ciklusa grijanja – hlađenja
- kod zahtjeva za aktivno hlađenje prednost postojanja internog rekuperatora topline za PTV (*heat transfer recovery system*)



# 5. Rezidencijalni sektor i dizalice topline

## ➤ Inovativni koncept za rezidencijalni sektor – inverter dizalice topline

- Obiteljska kuća (135+35 m<sup>2</sup>) – nadmorska visina 290 m.n.m. klasična gradnja ciglom i 15cm toplinska izolacija
- instalirana snaga 1-9kW model inverter dizalica topline s vertikalnom bušotinom 200m (TC45 turbokolektor 1U SDR11 PN16), toplinska vodljivost stijena 1,95 W/m K (dolomiti, lapori), početna temperatura 11,5 °C
- grijanje, hlađenje (aktivno+pasivno), PTV, rekuperacija topline, prekretanje ciklusa rada na freonskoj fazi, kompletno vođenje automatike



## 5. Rezidencijalni sektor i dizalice topline

### ➤ Inovativni koncept za rezidencijalni sektor – inverter dizalice topline

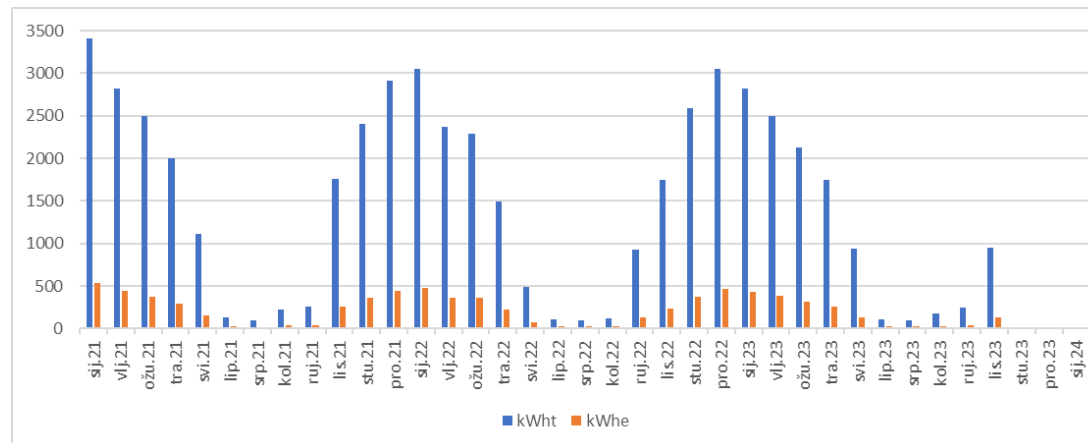
- Podno grijanje i hlađenje (polazno grijanje 28-31°C, pasivno hlađenje 18-20°C) godišnji COP 6,58 u grijanju (uz PTV i bez cirkulacijske pumpe) s razmakom cijevi od 5 cm! uz kamene pločice u cijeloj kući (mogućnost nižeg polaza), površina instalacije strojnice 1 m<sup>2</sup>
- Pasivno hlađenje gotovo besplatno u usporedbi s AC jedinicama, potrošnja sustava od cca 100W u radu (jedna stara klasična žarulja)
- Temperatura interijera (ljetno i zima ujednačeno cca 23-24°C)
- Aktivno hlađenje i odvlaživanje se nije koristilo jer nije bilo potrebe (blizina šume, viša nadmorska visina, vjetrovita sjeverna strana)



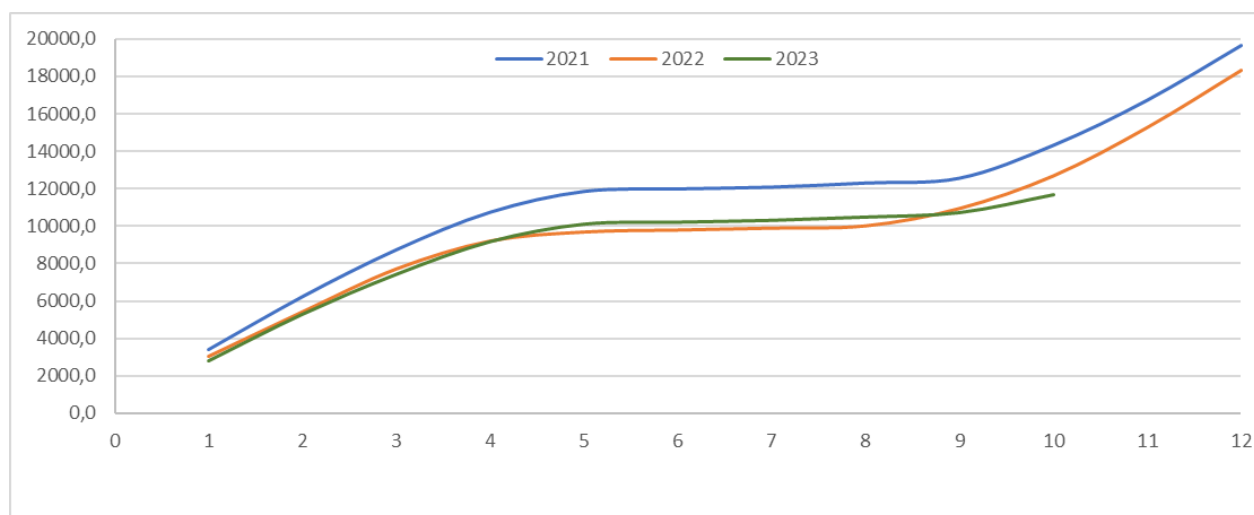
# 5. Rezidencijalni sektor i dizalice topline

## Inovativni koncept za rezidencijalni sektor – inverter dizalice topline

	kWht	kWhe	SPF	
<b>total</b>	<b>49659</b>	<b>7533</b>	<b>6,59</b>	
	kWht	kWhe	SPF	Cummulative
sij.21	3410	538	6,34	3410,0
vlj.21	2825	447	6,32	6235,0
ožu.21	2500	376	6,65	8735,0
tra.21	2005	287	6,99	10740,0
svi.21	1111	157	7,08	11851,0
lip.21	135	23	5,87	11986,0
srp.21	94	17	5,53	12080,0
kol.21	220	34	6,47	12300,0
ruj.21	258	43	6,00	12558,0
lis.21	1757	262	6,71	14315,0
stu.21	2404	356	6,75	16719,0
pro.21	2918	443	6,59	19637,0
sij.22	3050	474	6,43	3050,0
vlj.22	2376	364	6,53	5426,0
ožu.22	2290	356	6,43	7716,0
tra.22	1489	218	6,83	9205,0
svi.22	486	78	6,23	9691,0
lip.22	106	26	4,08	9797,0
srp.22	101	29	3,48	9898,0
kol.22	120	31	3,87	10018,0
ruj.22	927	130	7,13	10945,0
lis.22	1742	238	7,32	12687,0
stu.22	2584	371	6,96	15271,0
pro.22	3046	463	6,58	18317,0
sij.23	2823	430	6,57	2823,0
vlj.23	2495	389	6,41	5318,0
ožu.23	2131	319	6,68	7449,0
tra.23	1749	253	6,91	9198,0
svi.23	934	135	6,92	10132,0
lip.23	105	23	4,57	10237,0
srp.23	99	23	4,30	10336,0
kol.23	174	28	6,21	10510,0
ruj.23	240	38	6,32	10750,0
lis.23	955	134	7,13	11705,0



	kWht	kWhe	SPF
2021	19637	2983	6,58
2022	18317	2778	6,59
2023	11705	1772	6,61





# Hvala na pažnji!

Kontakt: [tkurevi@rgn.hr](mailto:tkurevi@rgn.hr)

