



## *Istraživanje i promocija korištenja plitkih geotermalnih potencijala u RH*

**Prezentacija: *Distributivno mjerenje toplinskih svojstava tla i korištenje tla kao obnovljivog toplinskog spremnika***

Luka Boban, mag.ing.stroj.

Leon Lepoša, mag.ing.stroj.



**energetski tjedan**



Predstavljeni rezultati istraživanja dobiveni su u sklopu projekta  
***Istraživanje i promocija plitkih geotermalnih potencijala u RH***

Ovaj projekt financiran je od strane Europske unije pod brojem ugovora  
IPA2007/HR/16IPO/001-040506, u iznosu od maksimalno 509.695,36 EUR

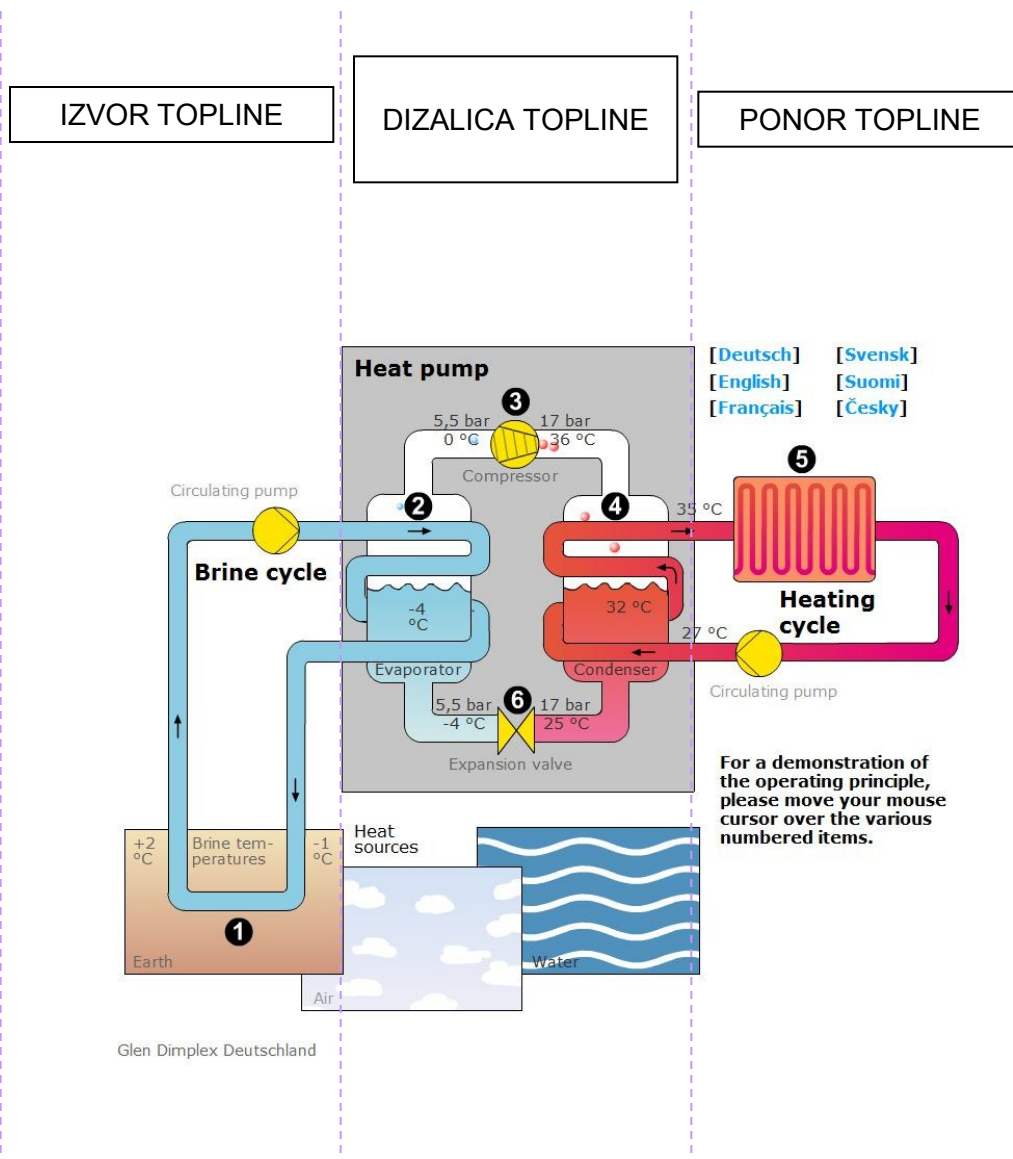
Ova publikacija izrađena je uz pomoć Europske unije. Sadržaj ove publikacije  
isključiva je odgovornost autora i ne odražava nužno gledišta Europske unije.



1. Uvod
2. Mjerenje toplinskog odziva tla
3. Distribuirano mjerenje toplinskog odziva tla
4. Mjerenje temperature optičkim kabelima
5. Plan mjerenja
6. Rezultati mjerenja – Zadar



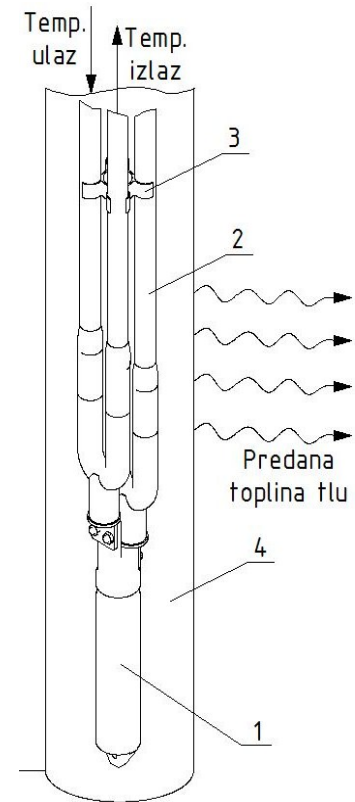
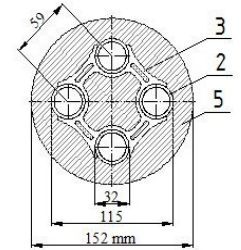
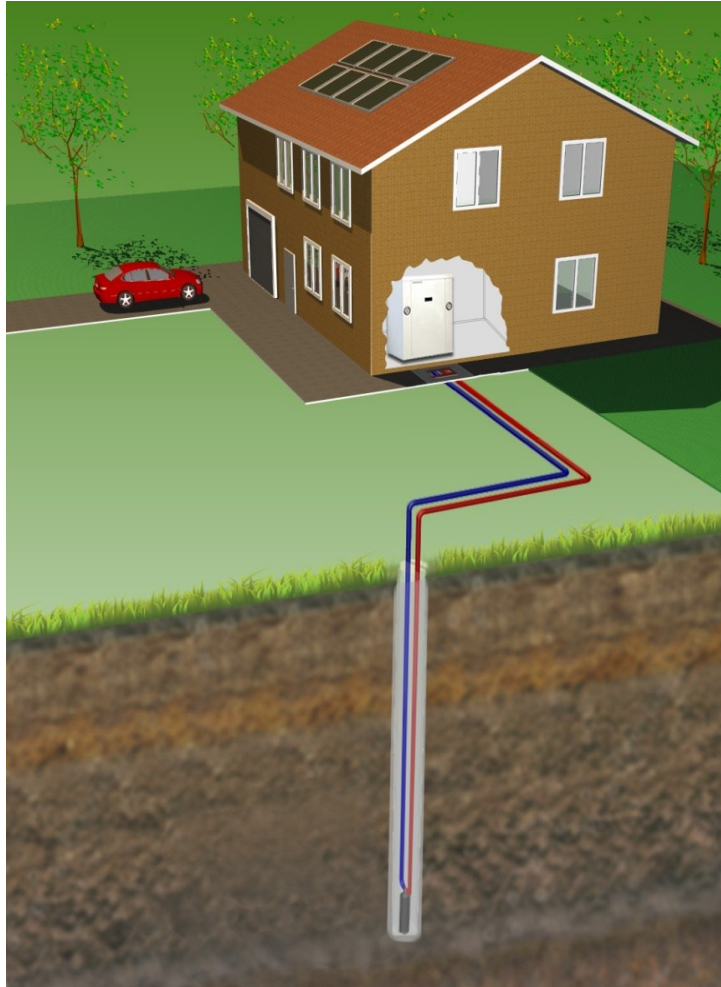
# 1. Uvod – dizalica topline



- posreduje u prijenosu topline između dva toplinska spremnika
- ukupno tri kruga: krug dizalice topline, krug izvora i krug ponora topline
- toplina se odvodi od izvora i predaje ponoru, uvećana za energiju kompresije
- energija kompresije ovisi o razlici temperatura toplinskih spremnika

# 1. Uvod – geotermalna dizalica topline

- Koristi tlo kao toplinski spremnik - dostupnije od vode, učinkovitije od zraka



# 1. Uvod - dimenzioniranje

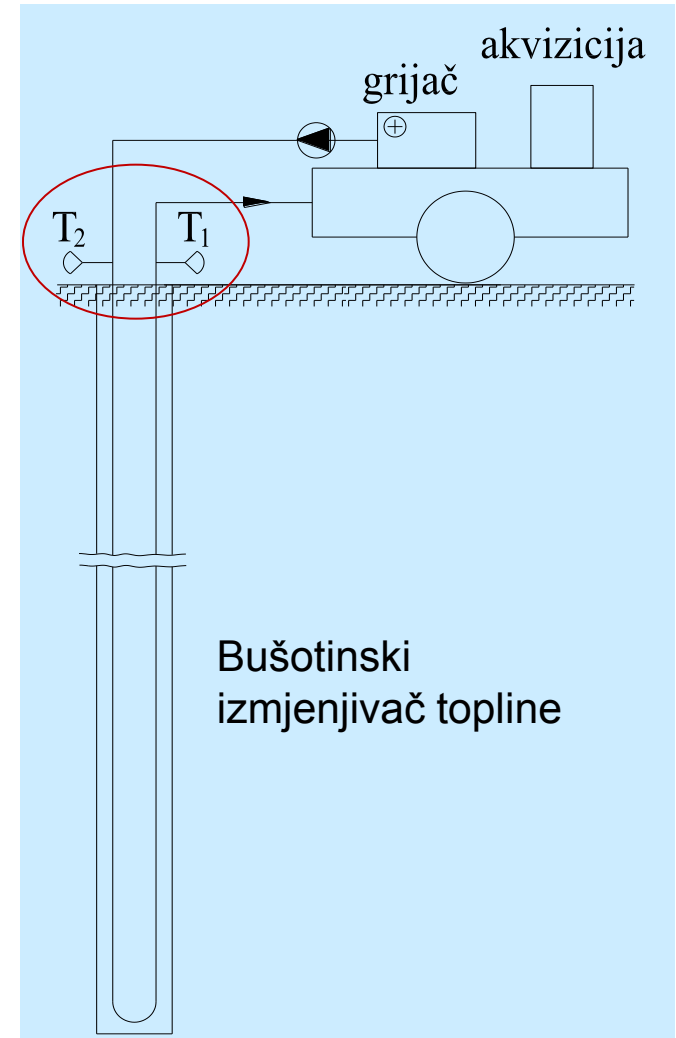
---

- Za dimenzioniranje sustava dizalice topline povezane s tlom potrebno je poznavati različite ulazne parametare:
  - potreban kapacitet i energija za grijanje i/ili hlađenje kondicioniranog prostora
  - temperaturni režim grijanja i/ili hlađenja
  - učinkovitost sustava
  - važeća tehnička regulativa
  - svojstva tla: toplinska vodljivost, toplinski otpor bušotine
    - nije moguće utjecati na svojstva tla - samo ih odrediti (tablično, laboratorijski, mjerenjem na lokaciji)



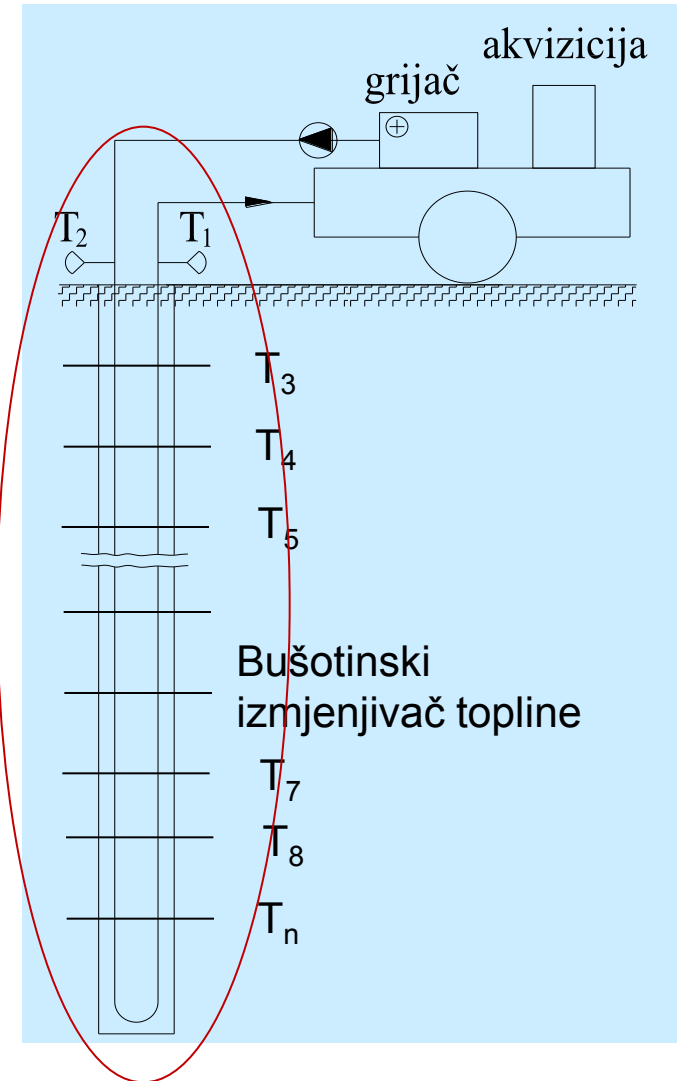
## 2. Mjerenje toplinskog odziva tla (eng. TRT - *thermal response test*)

- određivanje toplinskih svojstava tla na lokaciji bušenja
- test se sastoji od kontinuiranog cirkuliranja medija kroz izmjenjivač uz konstantni toplinski tok
- mjeri se temperatura polaza i povrata iz izmjenjivača ( $T_1$  i  $T_2$ ) – temperaturni odziv tla
- primjenom odgovarajućeg modela dobivaju se **efektivna svojstva: toplinska vodljivost tla i toplinski otpor bušotine**



### 3. Distribuirano mjerenje toplinskog odziva tla (eng. DTRT)

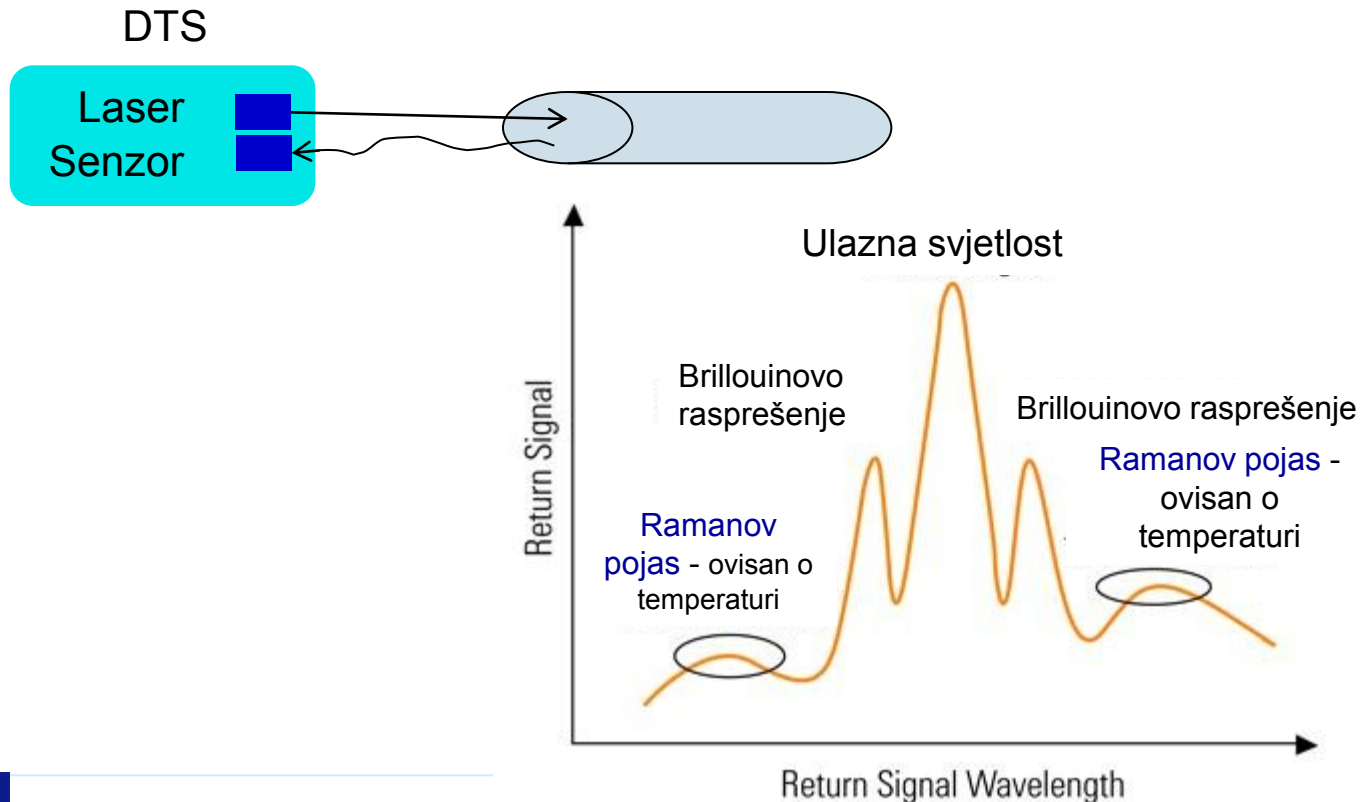
- određivanje vertikalne distribucije toplinskih svojstava tla po dubini bušotine - **toplinska vodljivost tla i toplinski otpor bušotine**
- mjeri se temperatura medija duž izmjenjivača ( $T_1, T_2 \dots T_n$ ) - temperaturni odziv slojeva tla
- određuje se i stvarna nedirnutu temperatura tla
- mjerenje termoparovima (duljina žica) ili **optičkim kabelima**



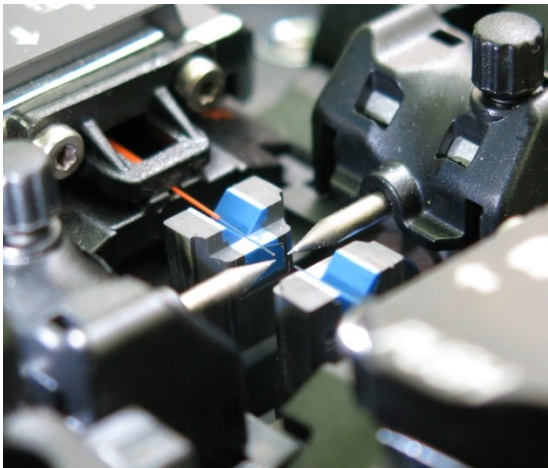
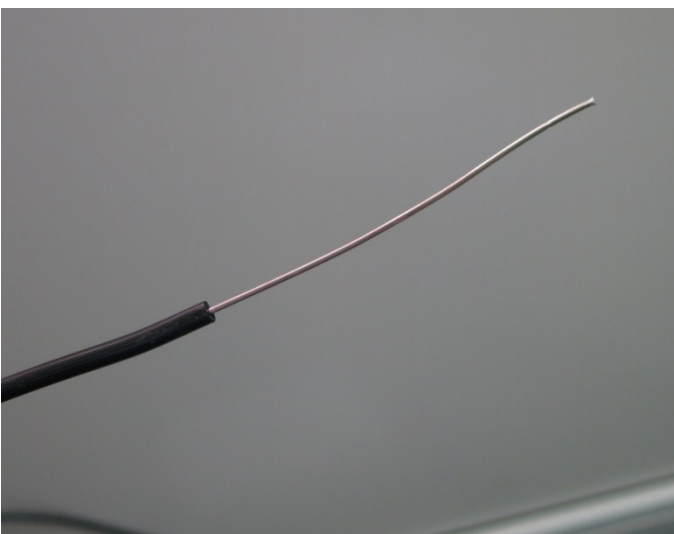


## 4. Mjerenje temperature optičkim kabelima (eng. DTS - distributed temperature sensing)

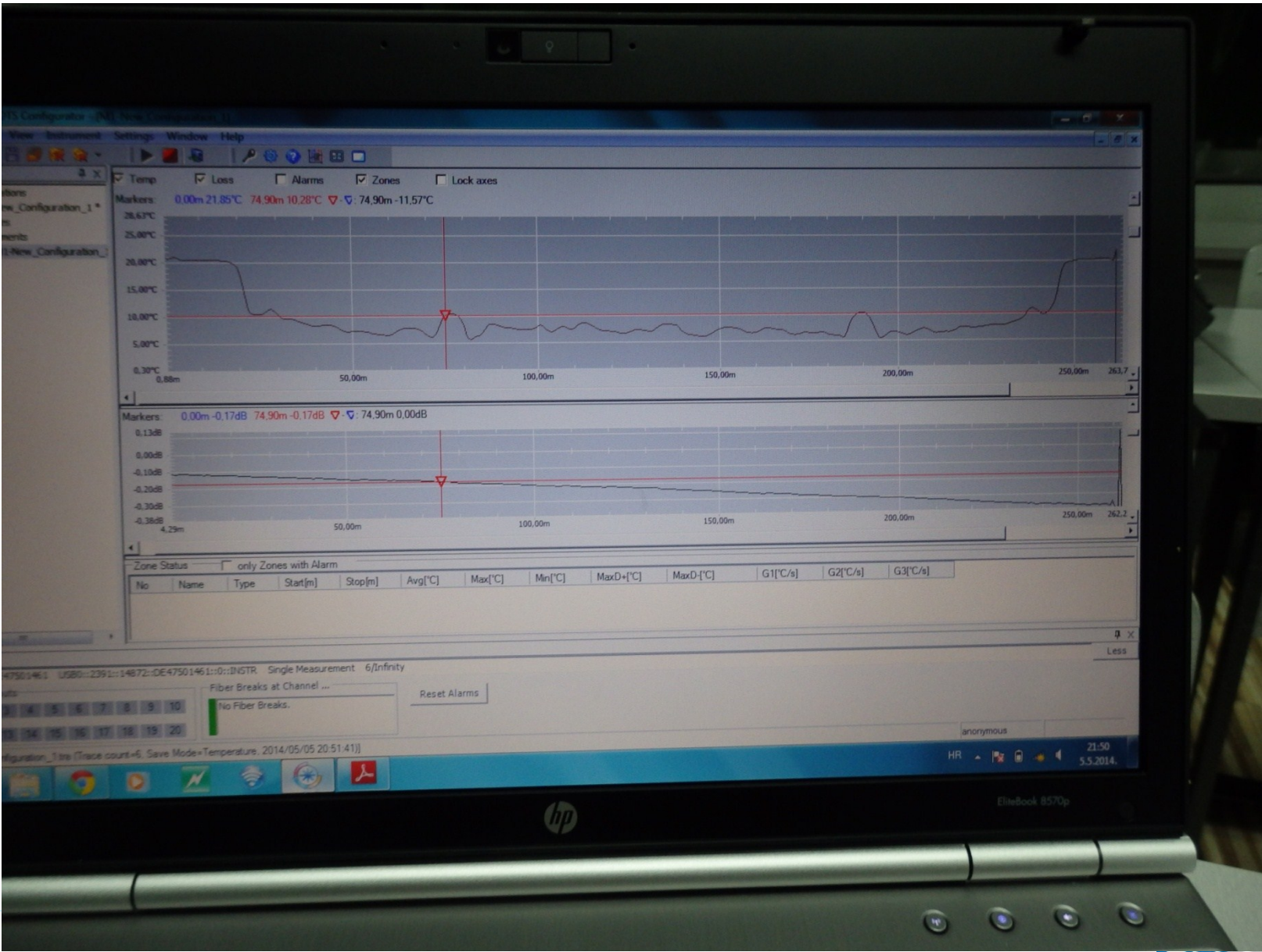
- optički kabel ugrađen u U cijev izmjenjivača - 200 m
- ukupne duljine cca. 240 m (spajanje s akvizicijskim uređajem, kalibracija)
- dio spektra povratnog raspršenog zračenja ovisan je o temperaturi



# Mjerenje temperature optičkim kabelima (eng. DTS - distributed temperature sensing)

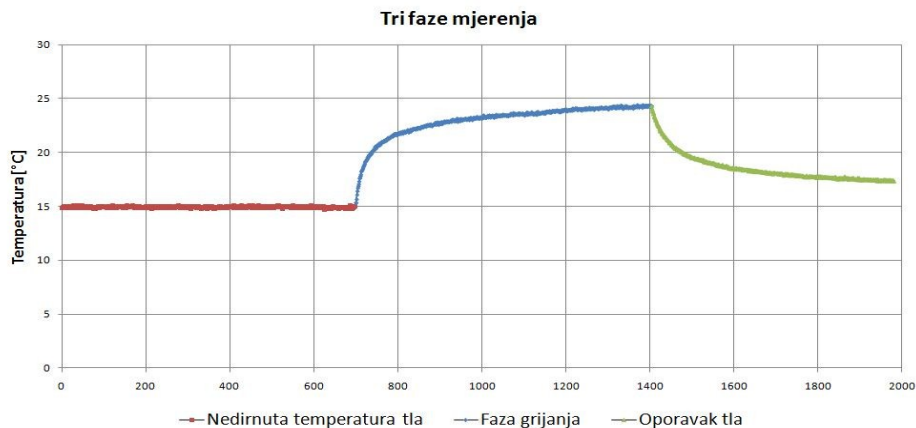


# Mjerenje temperature optičkim kabelima (eng. DTS - distributed temperature sensing)



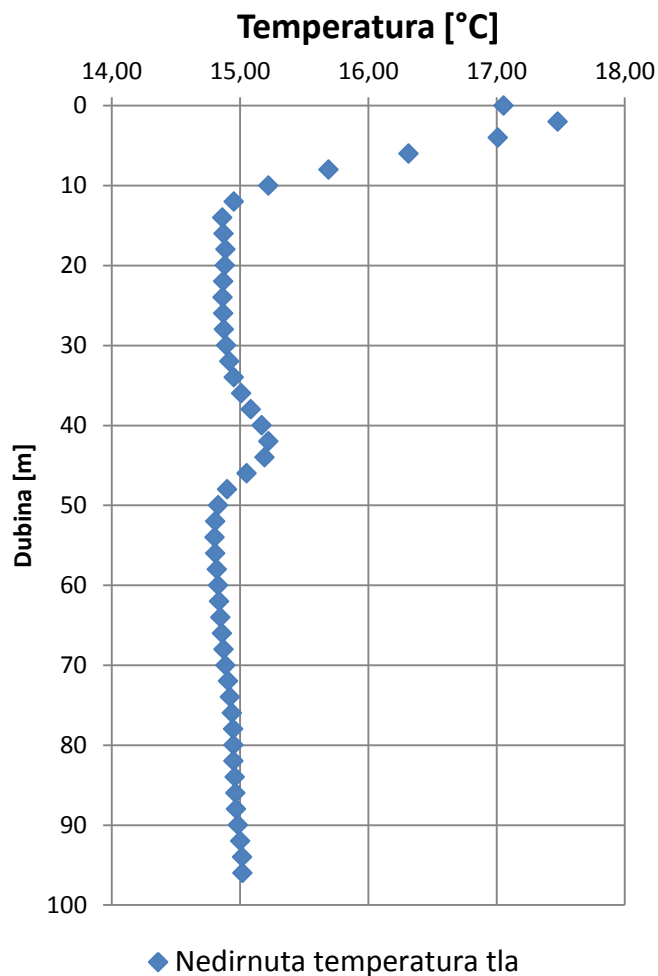
## 5. Plan mjerenja

- nakon polaganja izmjenjivača u tlo – 2 tjedna stabilizacije tla
- mjerenje neditirute temperature tla – 72 sata
- mjerenje toplinskog odziva tla – 48 sati
- mjerenje rekuperacije tla – 48 sati



## 6. Rezultati mjerenja – Zadar

### Nedirnuta temperatura tla



### Mjerenje nedirnute temperature tla

- početak mjerenja – 24.10.2014. u 16:13 sati
- kraj mjerenja – 29.10.2014. u 16:13 sati
- prvih 10 metara – vidljiv utjecaj vanjskog okoliša
- najniža zabilježena temperatura – 14,80 °C
- najviša zabilježena temperatura – 15,22 °C

## 6. Rezultati mjerenja – Zadar

---

### Mjerenje toplinskog odziva tla

Parametri mjerenja:

- trajanje mjerenja – 58 sati
- najveća toplinska snaga – 8,5 kW
- najniža toplinska snaga – 3,3 kW
- prosječna specifična isporučena toplina – 81 W/m
- Protok – 1234 l/h ~ 20,56 l/min

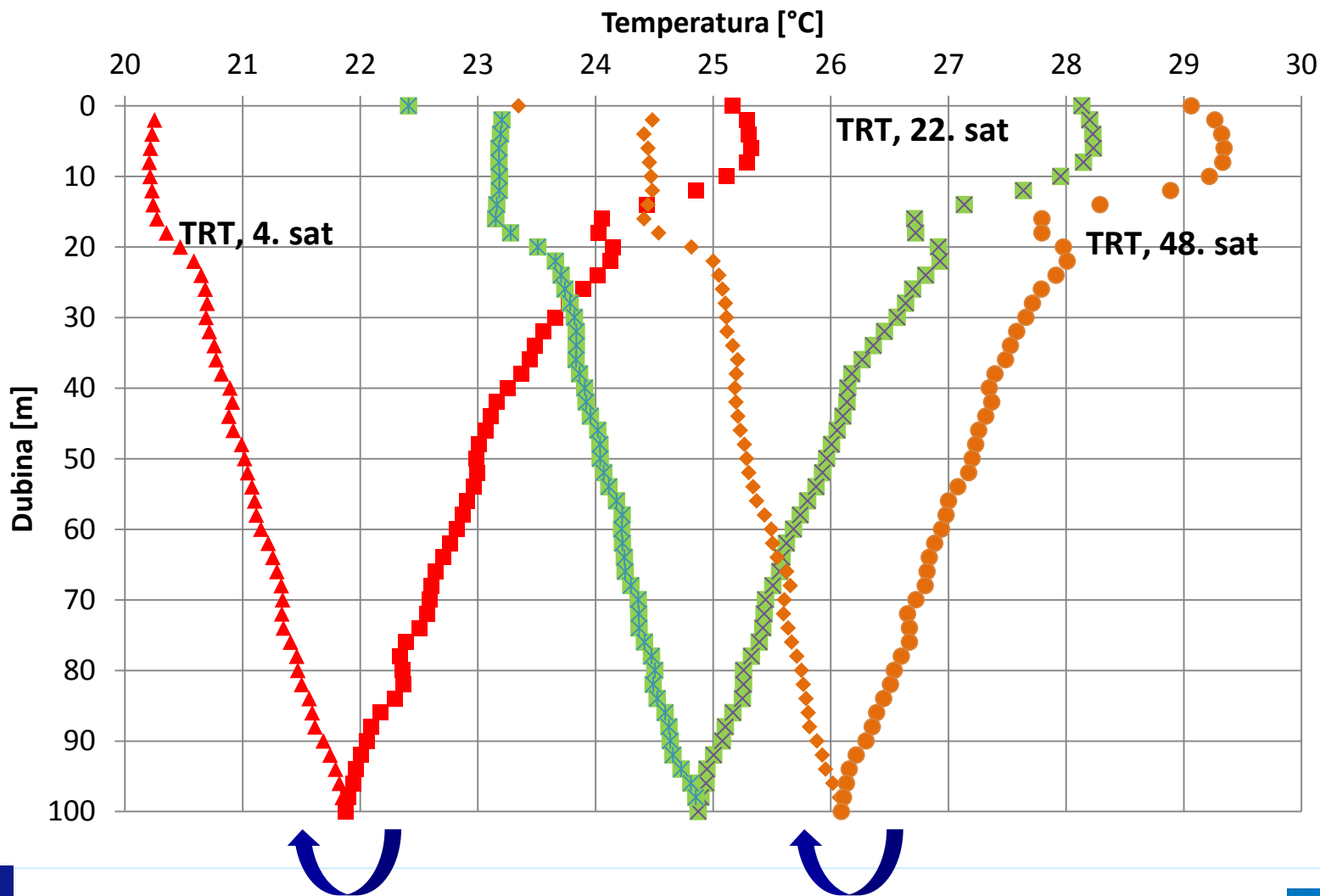
### Rezultati mjerenja:

- toplinska vodljivost tla –  $\lambda = 4,53 \text{ W/mK}$
- toplinski otpor bušotine –  $R_b = 0,0683 \text{ mK/W}$

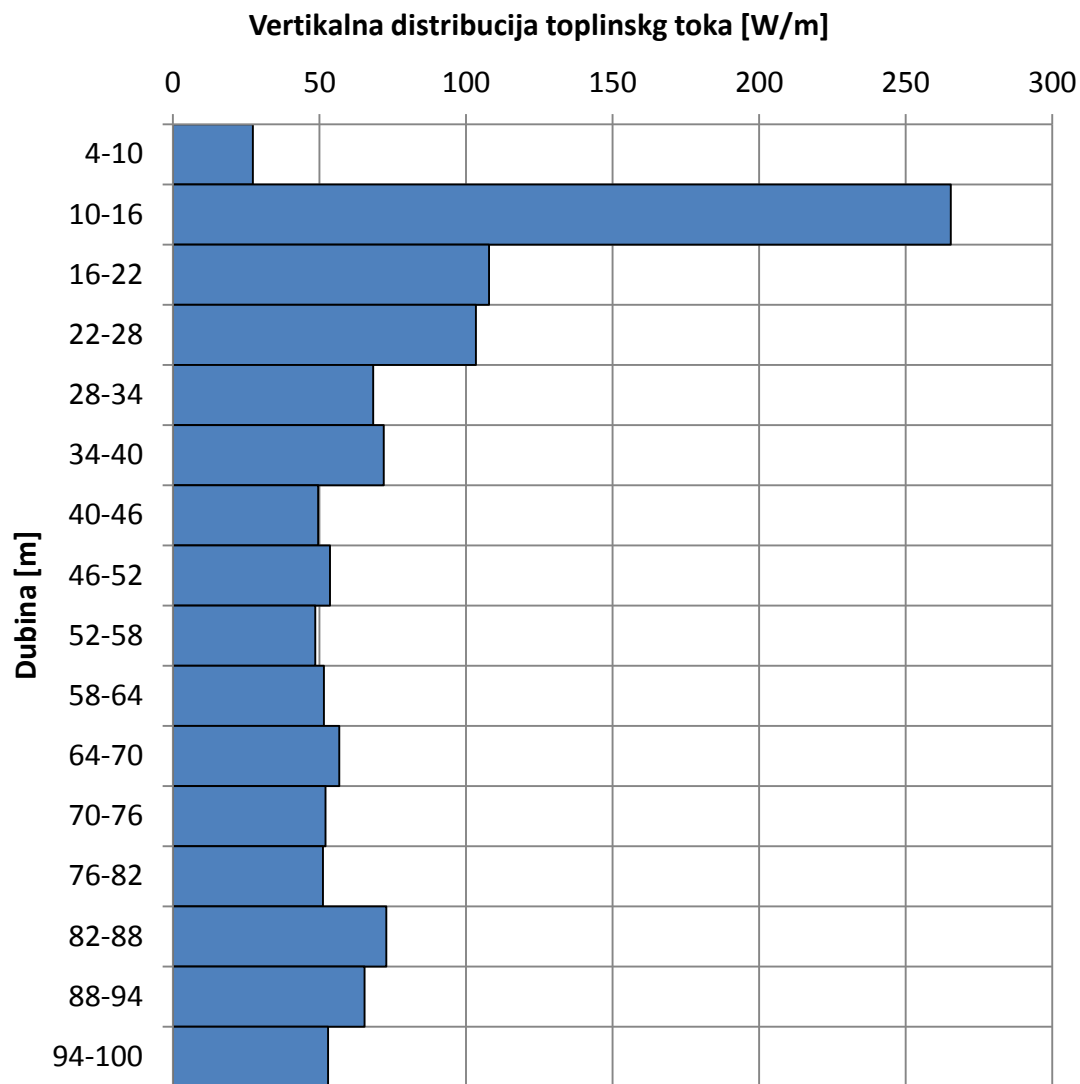


# 6. Rezultati mjerenja – Zadar

## Vertikalna razdioba temperatura u izmjenjivaču



## 6. Rezultati mjerenja – Zadar

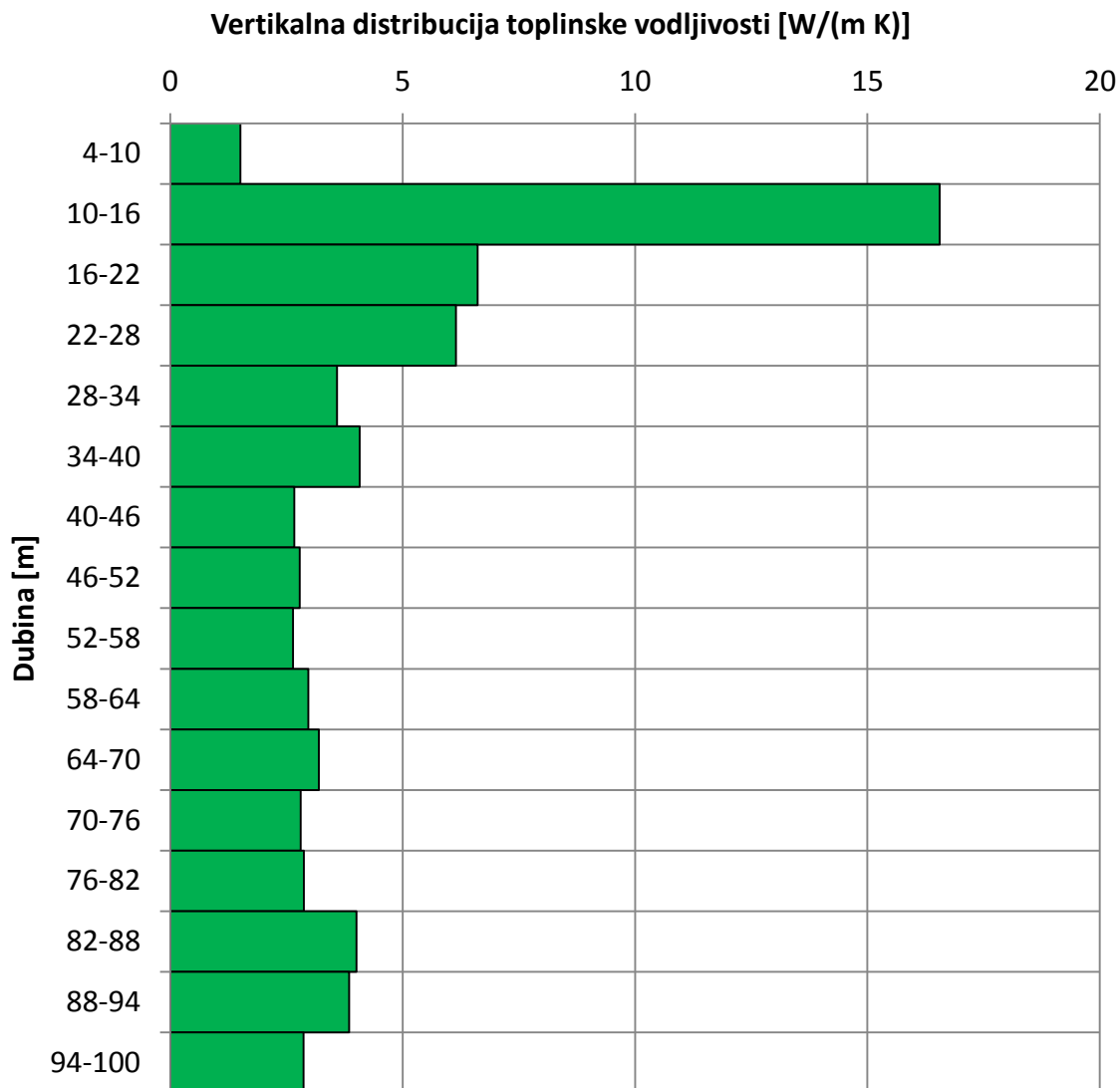


Dubina [m]	q [W/m]
4 – 10	27
10 – 16	265
16 – 22	107
22 – 28	103
28 – 34	68
34 – 40	72
40 – 46	50
46 – 52	54
52 – 58	49
58 – 64	52
64 – 70	57
70 – 76	52
76 – 82	51
82 – 88	73
88 – 94	65
94 – 100	53
<b>Sr. vrijed.</b>	<b>55</b>





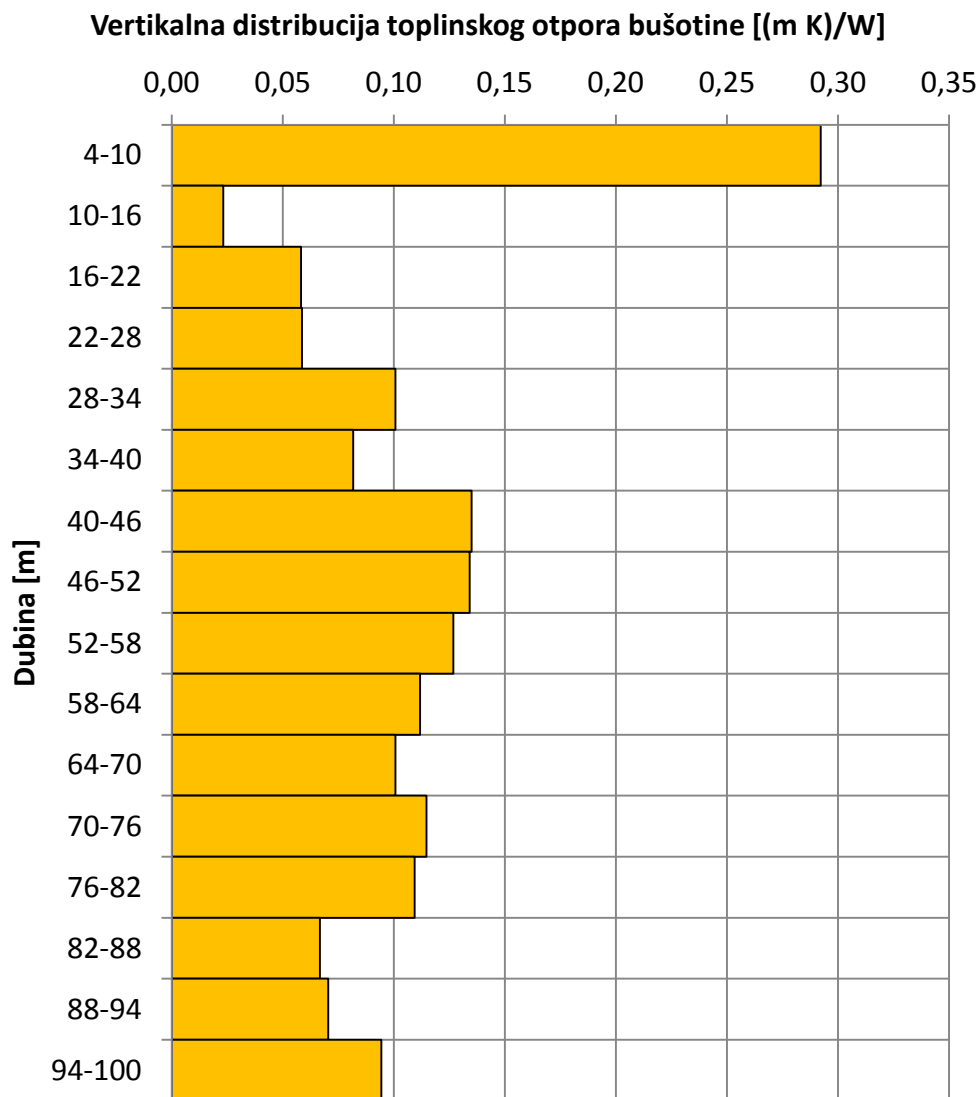
## 6. Rezultati mjerenja – Zadar



Dubina [m]	$\lambda$ [W/mK]
4 – 10	1,51
10 – 16	16,55
16 – 22	6,61
22 – 28	6,15
28 – 34	3,59
34 – 40	4,07
40 – 46	2,67
46 – 52	2,78
52 – 58	2,64
58 – 64	2,97
64 – 70	3,19
70 – 76	2,80
76 – 82	2,87
82 – 88	4,00
88 – 94	3,84
94 – 100	2,86
<b>Sr. vrijed.</b>	<b>3,08</b>



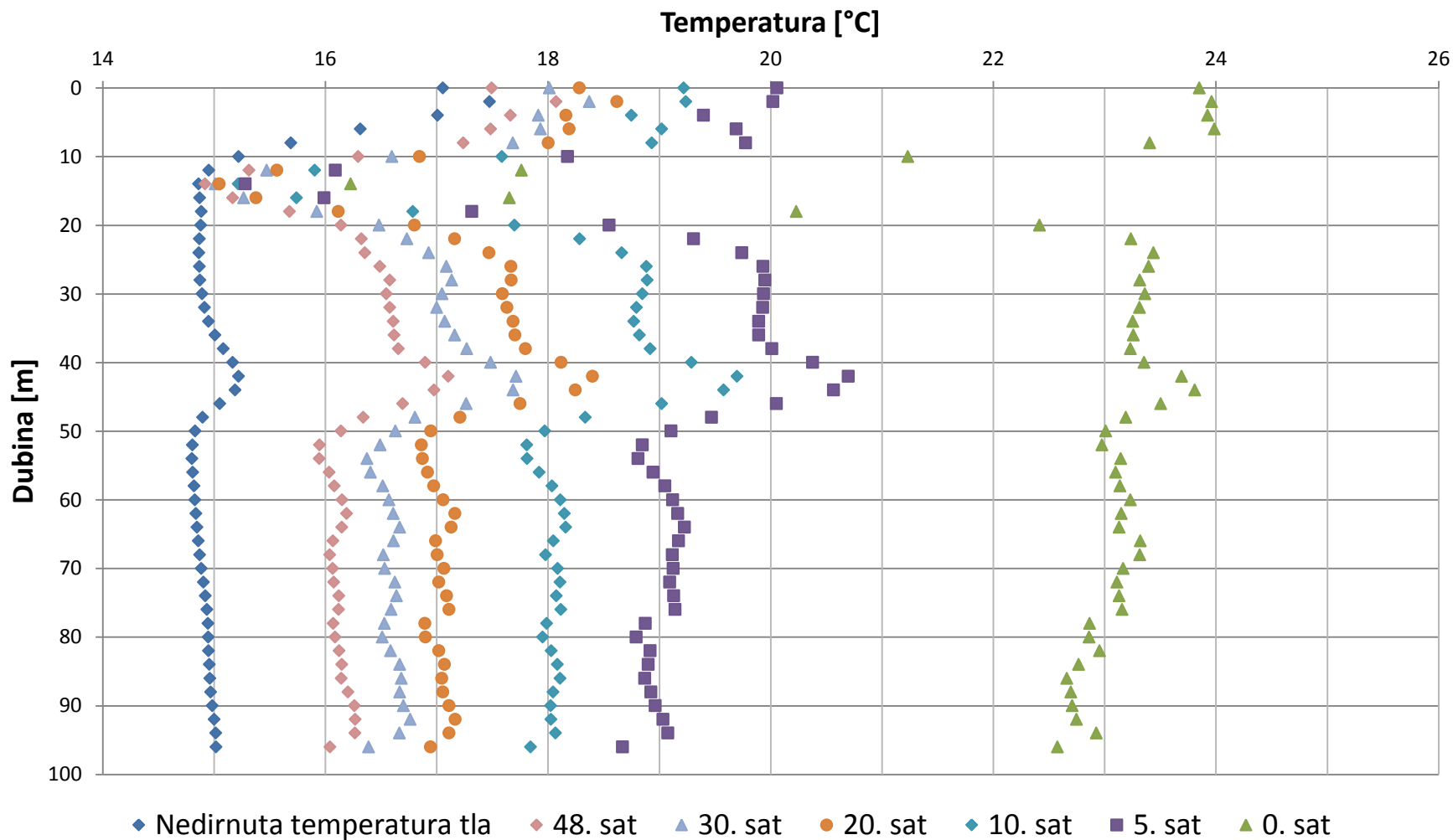
## 6. Rezultati mjerenja – Zadar



Dubina [m]	$R_b$ [mK/W]
4 – 10	0,29
10 – 16	0,02
16 – 22	0,05
22 – 28	0,05
28 – 34	0,10
34 – 40	0,08
40 – 46	0,13
46 – 52	0,13
52 – 58	0,13
58 – 64	0,11
64 – 70	0,10
70 – 76	0,11
76 – 82	0,10
82 – 88	0,06
88 – 94	0,07
94 – 100	0,09
<b>Sr. vrijed.</b>	<b>0,10</b>

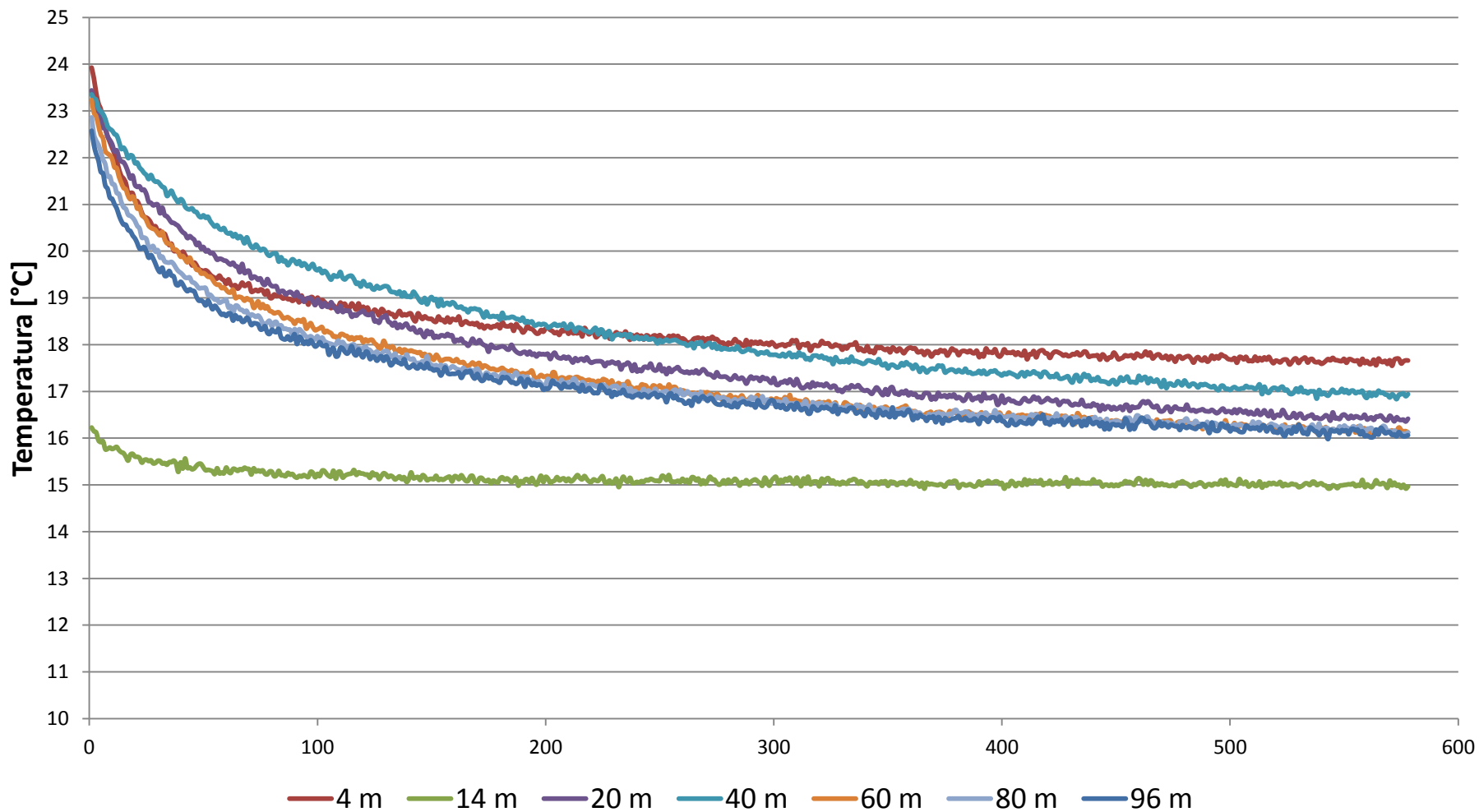
## 6. Rezultati mjerenja – Zadar

### Temperaturni oporavak tla nakon MTO-a



## 6. Rezultati mjerenja – Zadar

### Temperaturni oporavak tla (48 h)



## 7. Zaključak

---

- Provedba TRT je upitna u područjima s izraženim podzemnim tokovima:
  - $\lambda_{trt} = 4,53 \text{ W/mK}$
  - $\lambda_{dtrt} = 3,08 \text{ W/mK}$
  - $\lambda_{dtrt-40 \text{ do } 100 \text{ m}} = 2,87 \text{ W/mK}$
  - razlika – 35%





## **HVALA NA PAŽNJI!**

**Luka Boban, mag. ing. stroj.**

**Leon Lepoša, mag. ing. stroj.**

**Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu**

**Ivana Lučića 5, Zagreb**

**E-mail: [luka.boban@fsb.hr](mailto:luka.boban@fsb.hr)**

**[leon.leposa@fsb.hr](mailto:leon.leposa@fsb.hr)**

Zadar, 05.02.2015.

