

Geothermal4PL

Wsparcie zrównoważonego rozwoju i wykorzystania płytkiej energii geotermalnej na terenie obszarów objętych programem Mieszkanie Plus w Polsce

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
Christian Michelsen Research AS
25 października 2017r., Warszawa

Badanie TRT jako narzędzie in-situ do oceny potencjału płytkiej energii geotermalnej. Wyniki badań przeprowadzonych w Bergen.

Grzegorz Ryżyński, Paweł Czarniak
Państwowy Instytut Geologiczny – PIB
Kirsti Midtomme
Stian Stavland
CMR AS
Randi Kalskin Ramstad
NTNU

TRT – TEST REAKCJI TERMICZNEJ

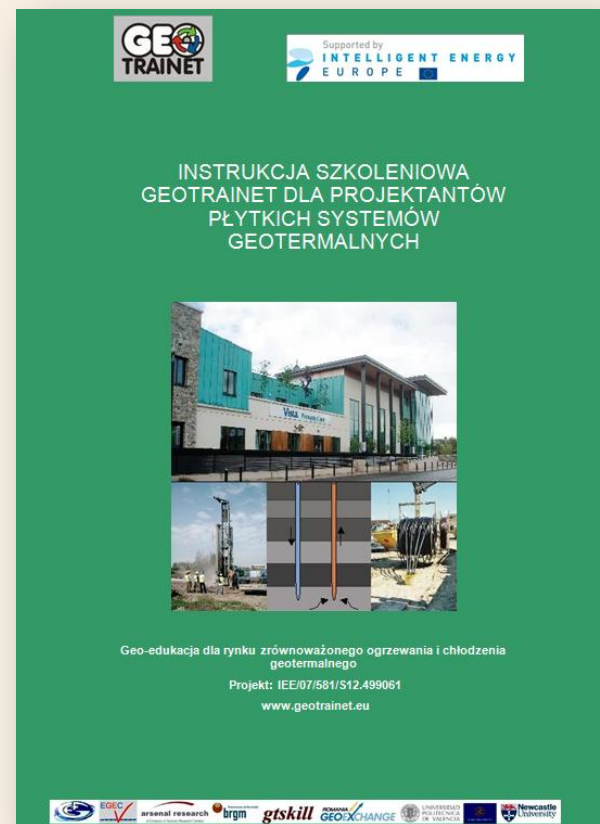
Badanie TRT pozwala na określenie następujących parametrów:

- Efektywna przewodność cieplna λ
- Oporność termiczna otworu R_b
- Temperatura początkowa gruntu T_0

nie pozwala na określenie współczynnika mocy cieplnej

Interpretacja uzyskanych danych pozwala na określenie:

- Wpływu warunków hydrodynamicznych
- Jakości i właściwości termicznych materiału do iniekcji przestrzeni pierścieniowej
- Głębokości OWC



Badaniu TRT powinno towarzyszyć profilowanie temperaturowe oraz test dyssypacji termicznej

Weryfikacja założeń projektowych - Test reakcji termicznej (TRT)

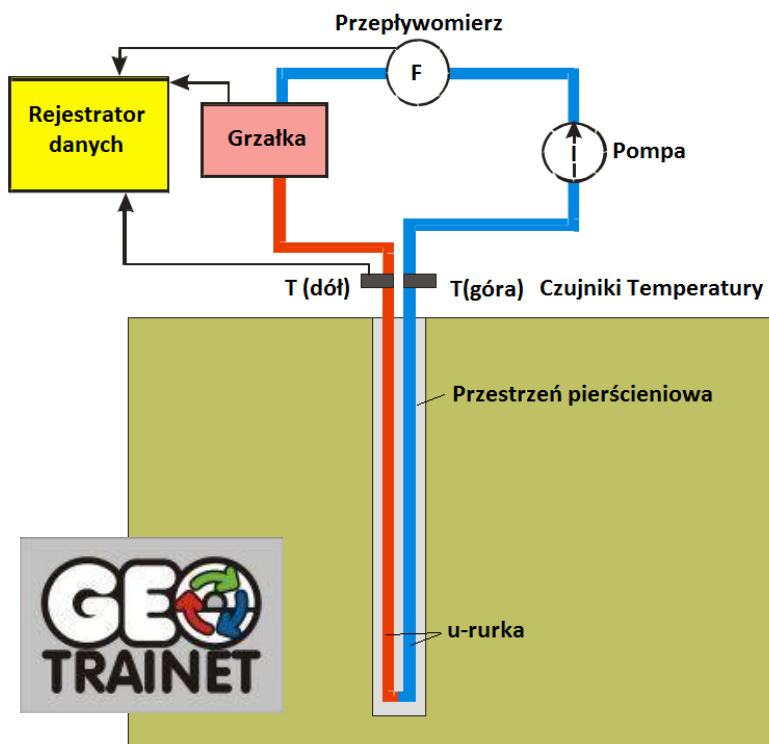


Badanie TRT wykonywane w celu uniknięcia niedoszacowania lub przeszacowania zdolności gruntu do przekazywania ciepła (zwłaszcza w przypadku projektowania dolnego źródła pomp ciepła do zasilania dużych obiektów).

Badanie „in-situ” wykonywane w otworze pilotażowym, pierwszym z serii przewidzianych do odwiercenia w planowanej inwestycji geotermalnej.

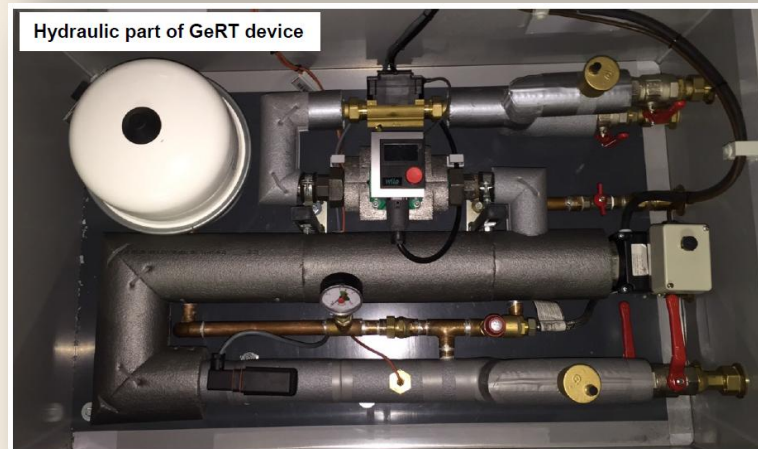
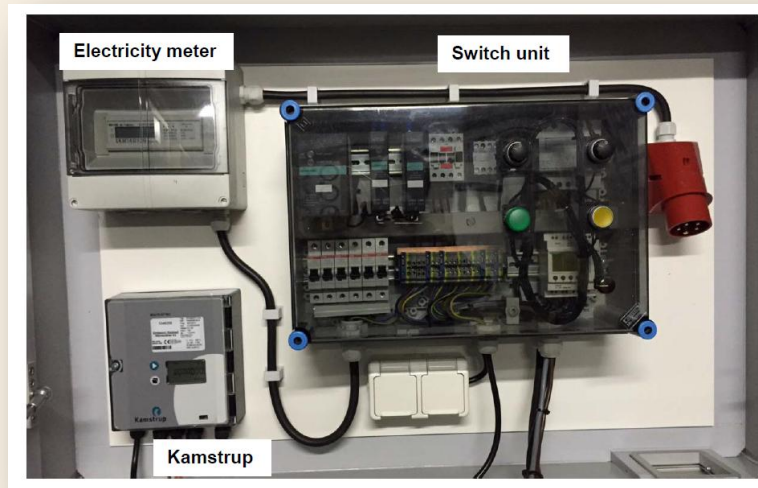
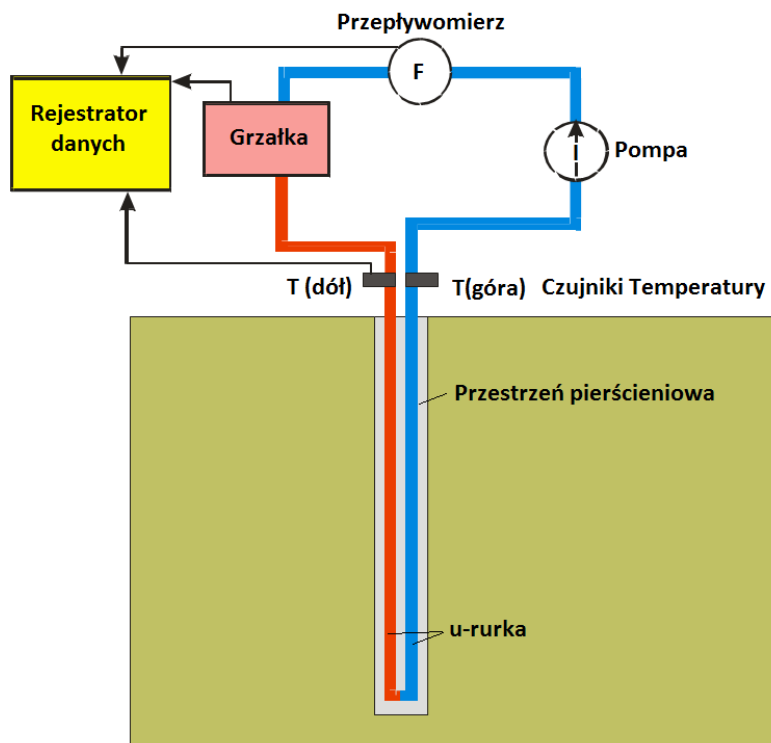
Wartość przewodnictwa cieplnego λ otrzymywana w wyniku badania TRT jest bardzo wiarygodna, ponieważ oblicza się ją w rzeczywistych warunkach pracy wymiennika ciepła.

TRT - Zasada działania

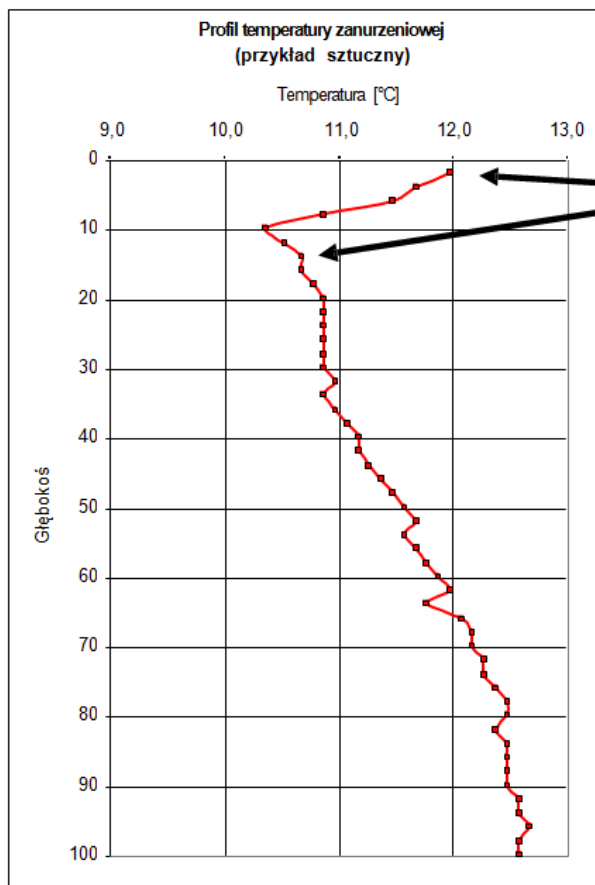


SONDA TRT – thermal response test

TRT - Zasada działania



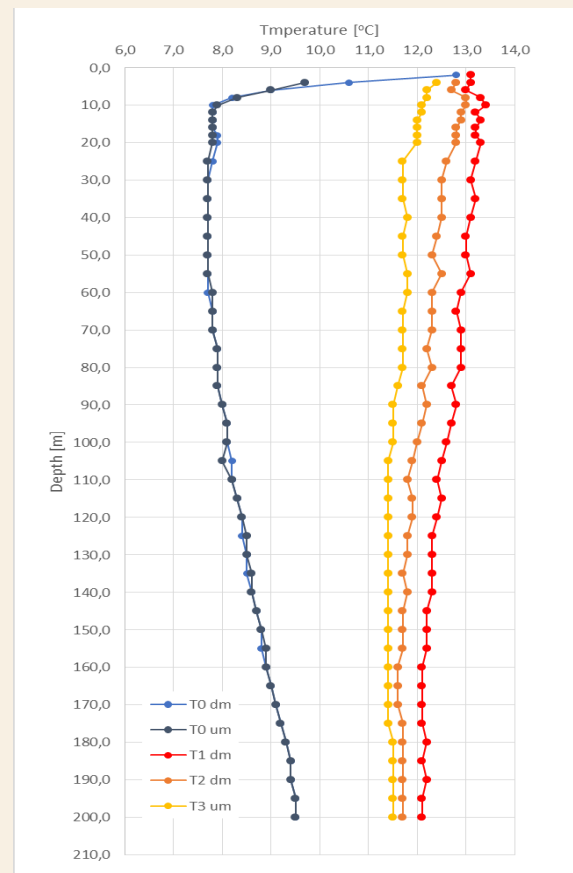
Profilowanie temperaturowe



Strefa wahań
sezonowych

Pomiar co 2 m
(od gł. 50 m można
dokonywać
pomiarów co 5 m)

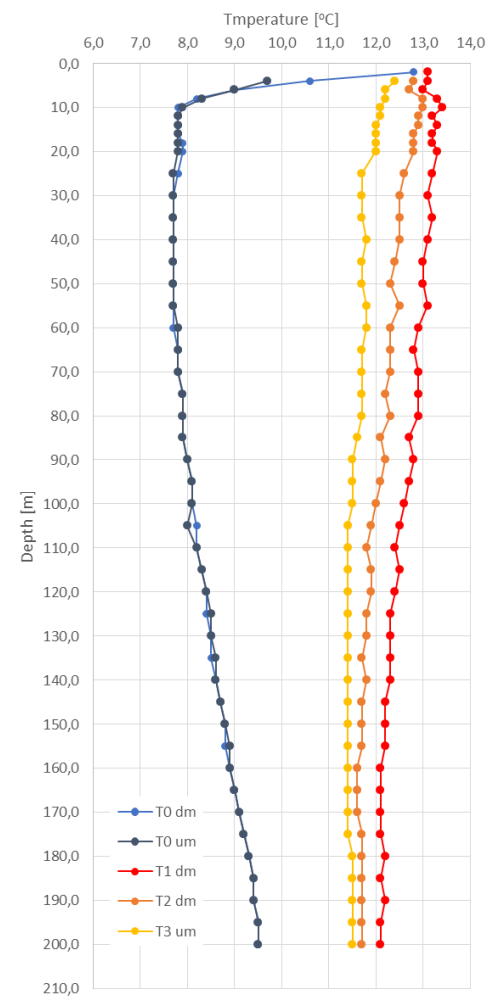
Test dyssypacji termicznej



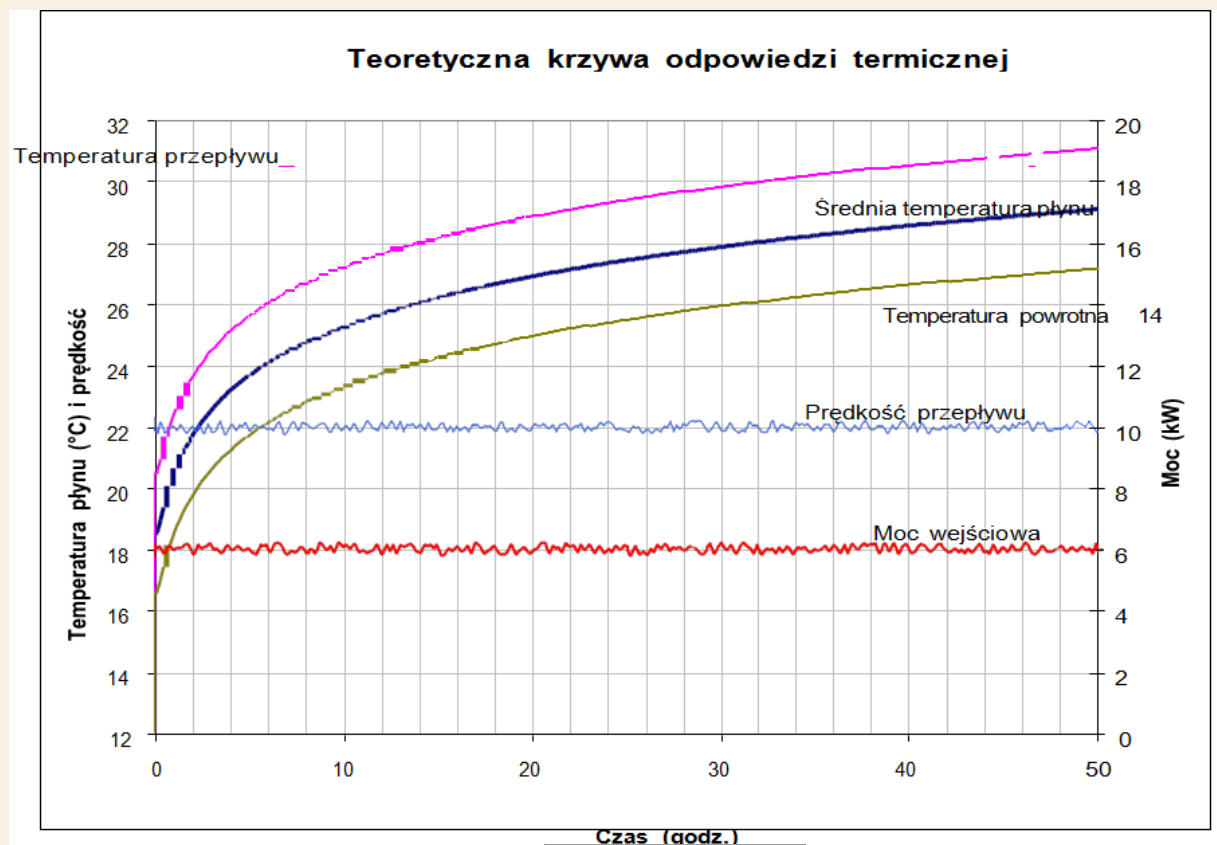
Profilowanie temperaturowe



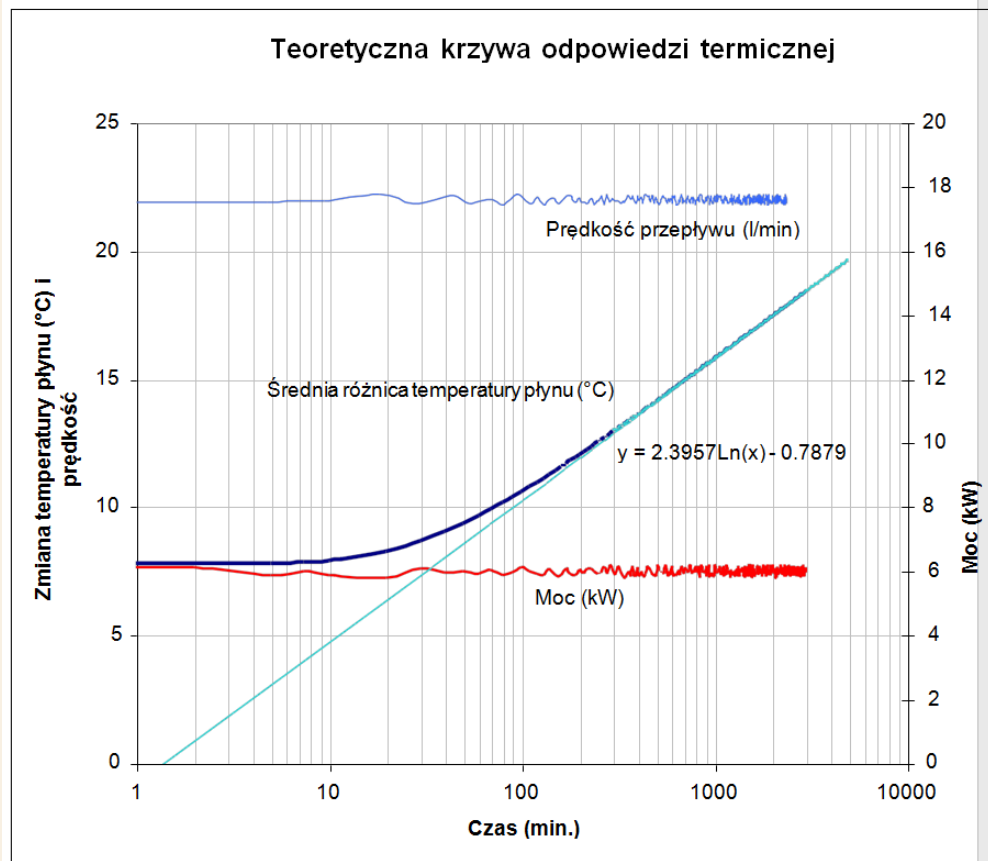
Kokstadflaten 38
Temperature profile
 (2 x u-pipe, $\phi 32$ mm, 220 m depth)



TRT – Interpretacja wyników



TRT – Interpretacja wyników



$$T_b - T_0 = qR_b + \frac{q}{4\pi\lambda} \left[\ln \left(\frac{4\lambda t}{r_b^2 S_{VC}} \right) - 0.5772 \right]$$

$$\frac{5r_b^2 S_{VC}}{\lambda} < t < \frac{t_s}{10}$$

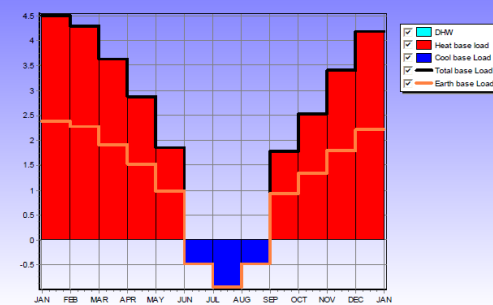
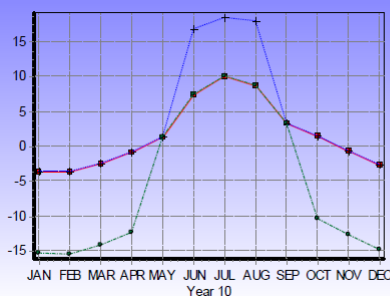
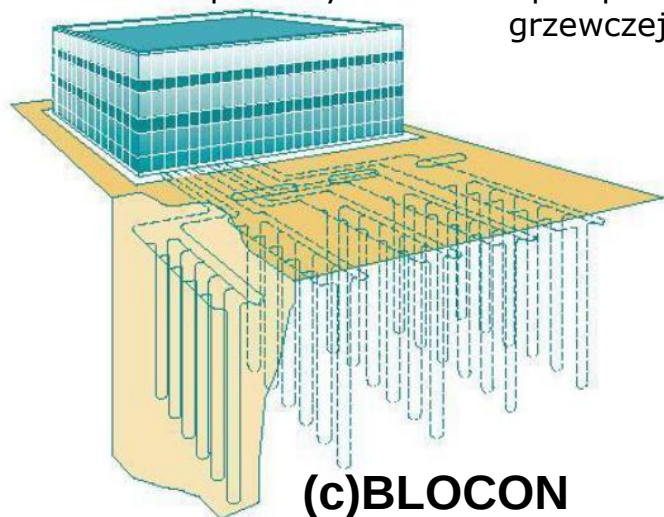
$$Gradient = \frac{T_b - T_0}{\ln t} = \frac{q}{4\pi\lambda}$$

$$\lambda_{eff} = \frac{q}{k \cdot 4 \cdot \pi \cdot H}$$

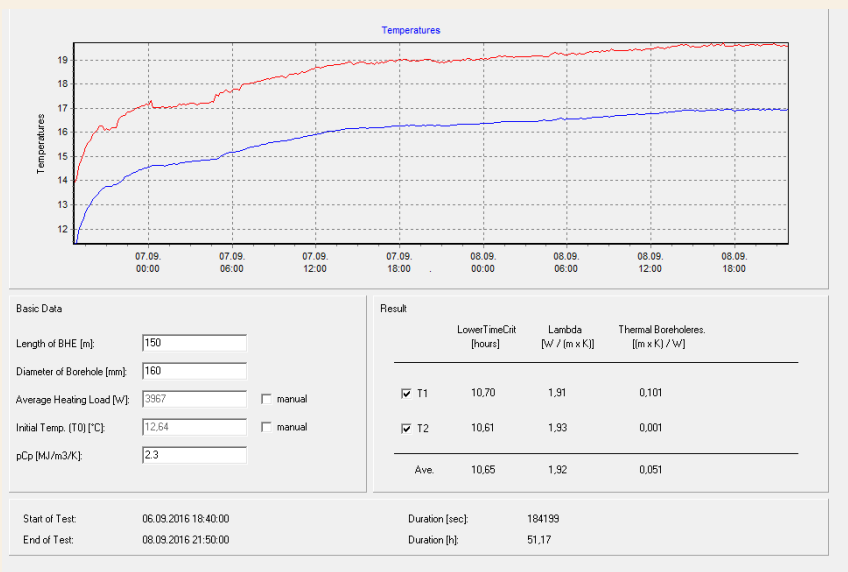
$$R_b = \frac{H}{Q} \cdot (T_f - T_0) - \frac{1}{4\pi\lambda} \cdot \left(\ln(t) + \ln \left(\frac{4\alpha}{r_0^2} \right) - 0.5772 \right)$$

Zalecenia PORT PC:

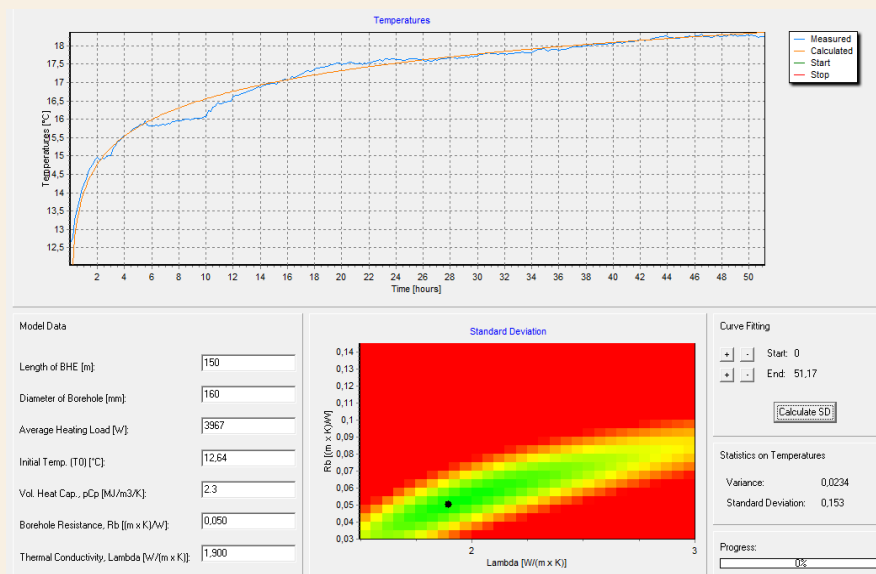
- Dobór pionowych GWC do pomp ciepła o mocy grzewczej ≤ 30 kW - obliczenia w oparciu o uśrednioną jednostkową wydajność cieplną dla przewidywanego profilu,
- Dobór pionowych GWC do pomp ciepła o mocy grzewczej > 30 kW - wykorzystanie metod numerycznych (np. Earth Energy Designer, FeFLOW, etc...)
- Dobór pionowych GWC do pomp ciepła o mocy grzewczej > 100 kW - j.w. oraz weryfikacja założeń projektowych testem TRT (badanie in-situ)



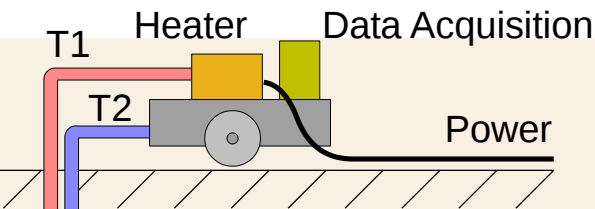
TRT – interpretacja wyników przy użyciu programu GERT-CAL



Interpretacja badania.
Metoda standardowa.

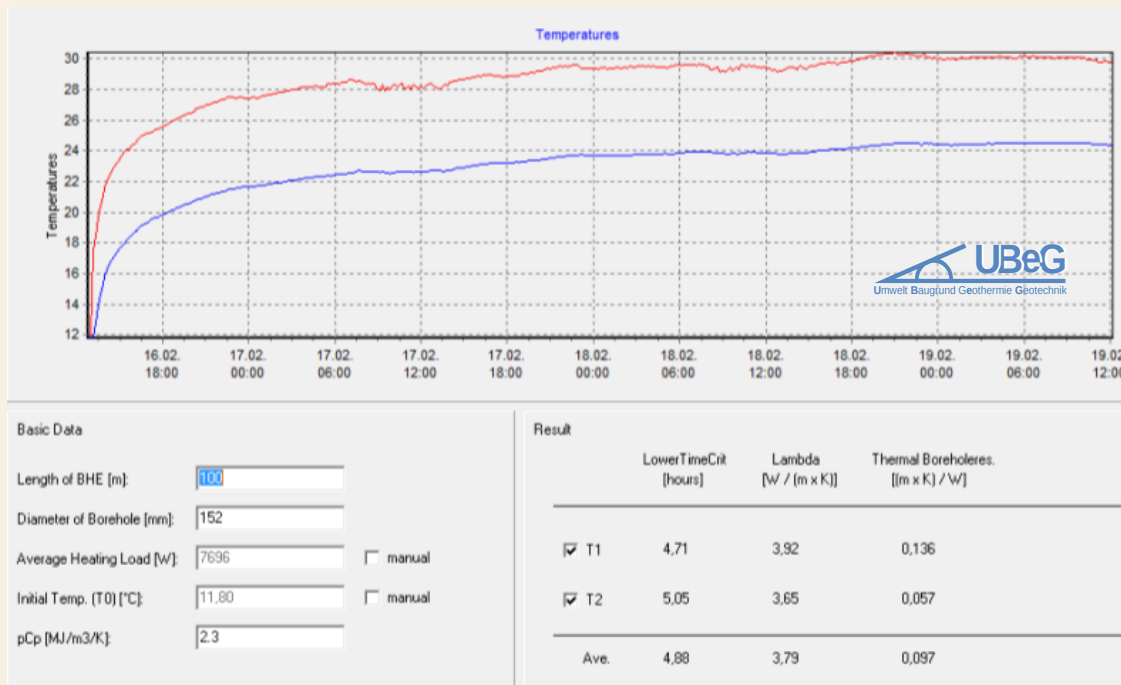


Interpretacja badania.
Metoda superpozycji.



Weryfikacja założeń projektowych - Test reakcji termicznej (TRT)

Projekt robót geologicznych powinien w przypadku instalacji o dużej mocy (> 100 kW łącznej mocy grzewczej pomp ciepłą wg wytycznych PORT PC) zawierać informację o **możliwej zmianie liczby projektowanych otworów w zależności od wyników badania metodą testu reakcji termicznej (badanie TRT).**



TRT – GT4PL pomiar w Bergen

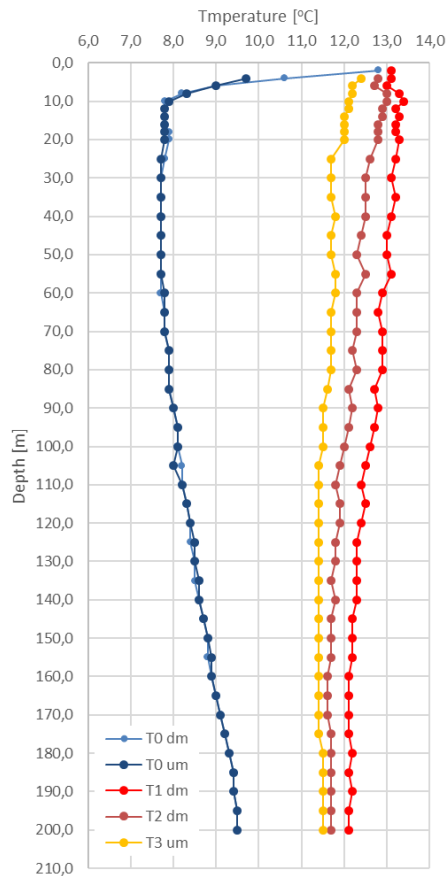


TRT – GT4PL pomiar w Bergen

Test:	Temperature profiling (WP2)			
Test supervision:	Grzegorz Ryżyński & Paweł Czarniak			
Location:	Bergen, Norway, Kokstadflaten 38			
BHE Type:	2 x U-pipe, 32 mm diameter pipes			
BHE depth:	220 m			
Testing device:	HT Hydrotechnik TYPE 110 water level meter + temperature sensor			
Coordinates:	UTM, zone 32N	x:02927 67	y:66899 95	h:63 m
Working fluid:	propylene glycol 25 %	Freezing point:		10,1
Comment:	All measurement in same 1IN tube			

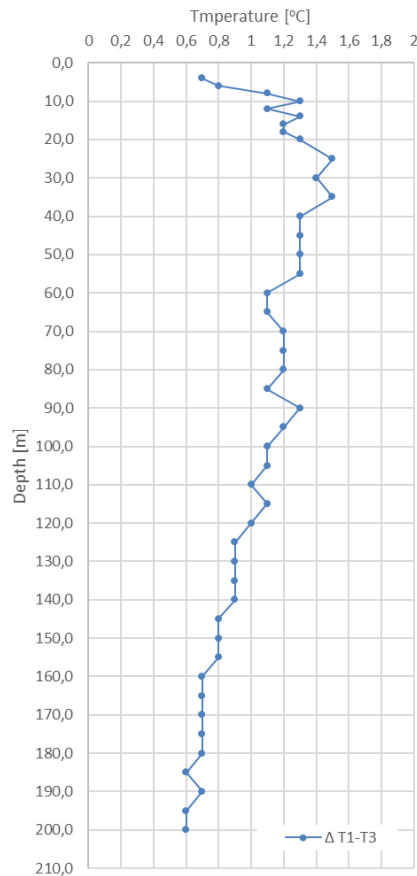
Kokstadflaten 38 Temperature profile

(2 x u-pipe, $\phi 32$ mm, 220 m depth)



Kokstadflaten 38 $\Delta T_1 - T_3$ profile

(2 x u-pipe, $\phi 32$ mm, 220 m depth)



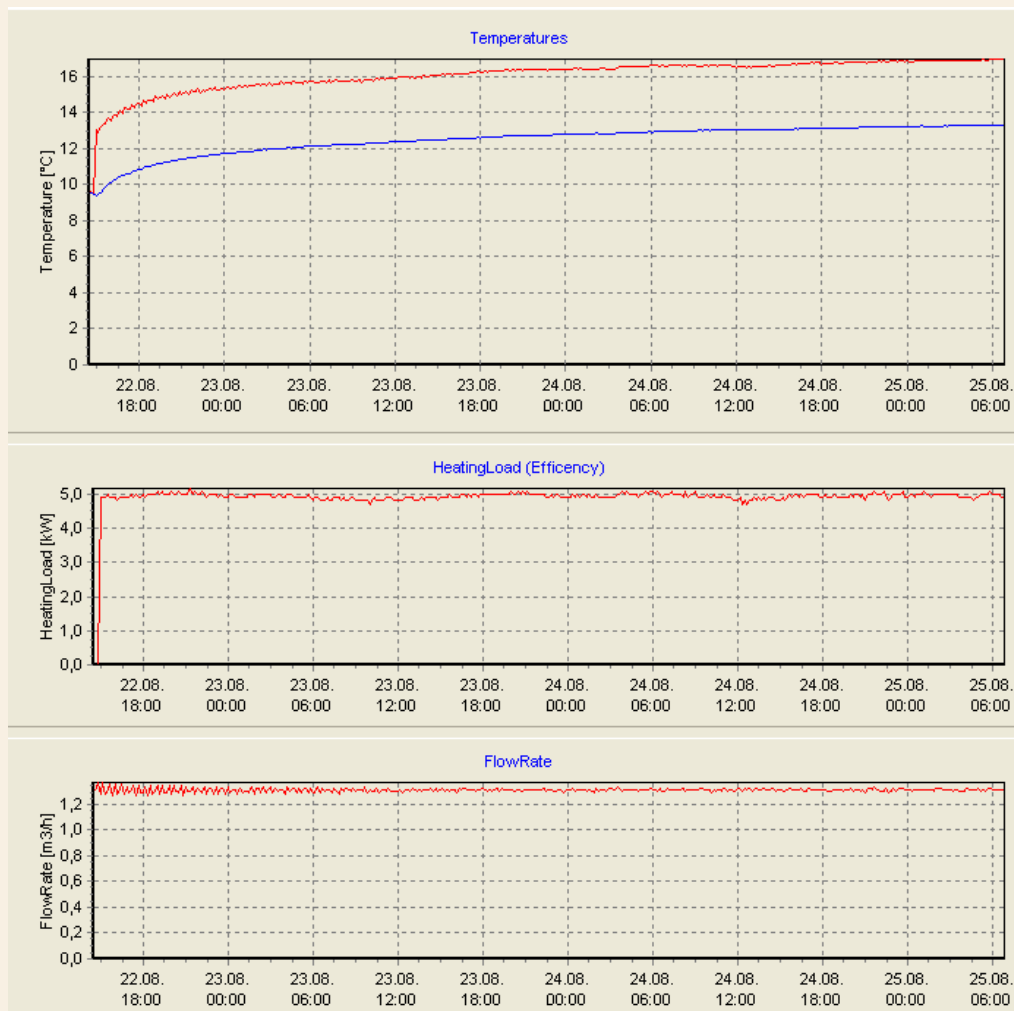
date:	21.08.2017	25.08.2017	25.08.2017	25.08.2017	25.08.2017	-
hour:	14:00	14:23	07:48:00	08:38:00	09:50:00	02:02:00
depth	T_0 dm	T_0 um	T_1 dm	T_2 dm	T_3 um	$\Delta T_1 - T_3$
0,0						
2,0	12,8		13,1			
4,0	10,6	9,7	13,1	12,8	12,4	0,7
6,0	9,0	9,0	13,0	12,7	12,2	0,8
8,0	8,2	8,3	13,3	13,0	12,2	1,1
10,0	7,8	7,9	13,4	13,0	12,1	1,3
12,0	7,8	7,8	13,2	12,9	12,1	1,1
14,0	7,8	7,8	13,3	12,9	12,0	1,3
16,0	7,8	7,8	13,2	12,8	12,0	1,2
18,0	7,9	7,8	13,2	12,8	12,0	1,2
20,0	7,9	7,8	13,3	12,8	12,0	1,3
25,0	7,8	7,7	13,2	12,6	11,7	1,5
30,0	7,7	7,7	13,1	12,5	11,7	1,4
35,0	7,7	7,7	13,2	12,5	11,7	1,5
40,0	7,7	7,7	13,1	12,5	11,8	1,3
45,0	7,7	7,7	13,0	12,4	11,7	1,3
50,0	7,7	7,7	13,0	12,3	11,7	1,3
55,0	7,7	7,7	13,1	12,5	11,8	1,3
60,0	7,7	7,8	12,9	12,3	11,8	1,1
65,0	7,8	7,8	12,8	12,3	11,7	1,1
70,0	7,8	7,8	12,9	12,3	11,7	1,2
75,0	7,9	7,9	12,9	12,2	11,7	1,2
80,0	7,9	7,9	12,9	12,3	11,7	1,2
85,0	7,9	7,9	12,7	12,1	11,6	1,1
90,0	8,0	8,0	12,8	12,2	11,5	1,3
95,0	8,1	8,1	12,7	12,1	11,5	1,2
100,0	8,1	8,1	12,6	12,0	11,5	1,1
105,0	8,2	8,0	12,5	11,9	11,4	1,1
110,0	8,2	8,2	12,4	11,8	11,4	1,0
115,0	8,3	8,3	12,5	11,9	11,4	1,1
120,0	8,4	8,4	12,4	11,9	11,4	1,0
125,0	8,4	8,5	12,3	11,8	11,4	0,9
130,0	8,5	8,5	12,3	11,8	11,4	0,9
135,0	8,5	8,6	12,3	11,7	11,4	0,9
140,0	8,6	8,6	12,3	11,8	11,4	0,9
145,0	8,7	8,7	12,2	11,7	11,4	0,8
150,0	8,8	8,8	12,2	11,7	11,4	0,8
155,0	8,8	8,9	12,2	11,7	11,4	0,8
160,0	8,9	8,9	12,1	11,6	11,4	0,7
165,0	9,0	9,0	12,1	11,6	11,4	0,7
170,0	9,1	9,1	12,1	11,6	11,4	0,7
175,0	9,2	9,2	12,1	11,7	11,4	0,7
180,0	9,3	9,3	12,2	11,7	11,5	0,7
185,0	9,4	9,4	12,1	11,7	11,5	0,6
190,0	9,4	9,4	12,2	11,7	11,5	0,7
195,0	9,5	9,5	12,1	11,7	11,5	0,6
200,0	9,5	9,5	12,1	11,7	11,5	0,6
average:	8,5	8,4	12,7	12,2	11,7	1,0

um -
dm -

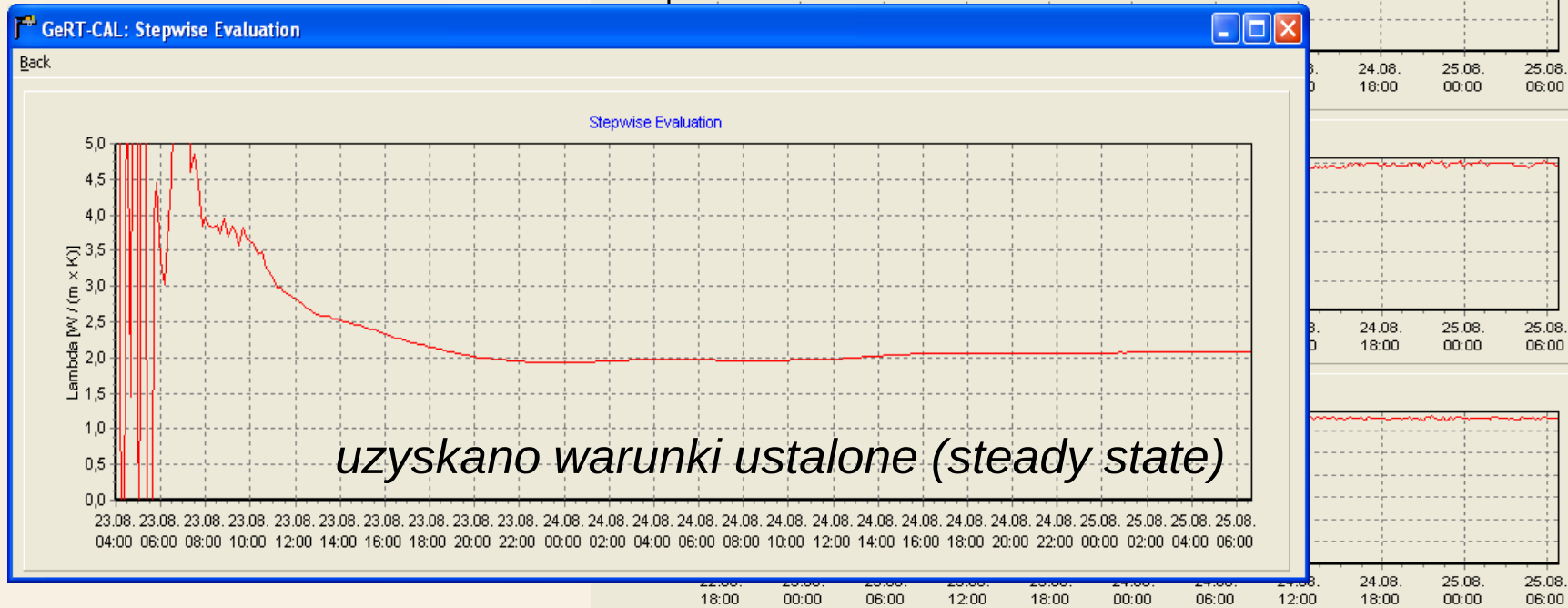
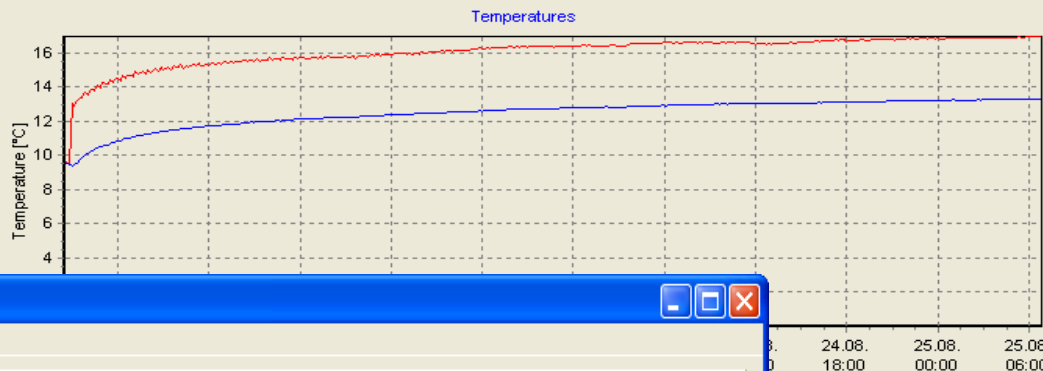
upward measurement
downward measurement

TRT – GT4PL pomiar w Bergen

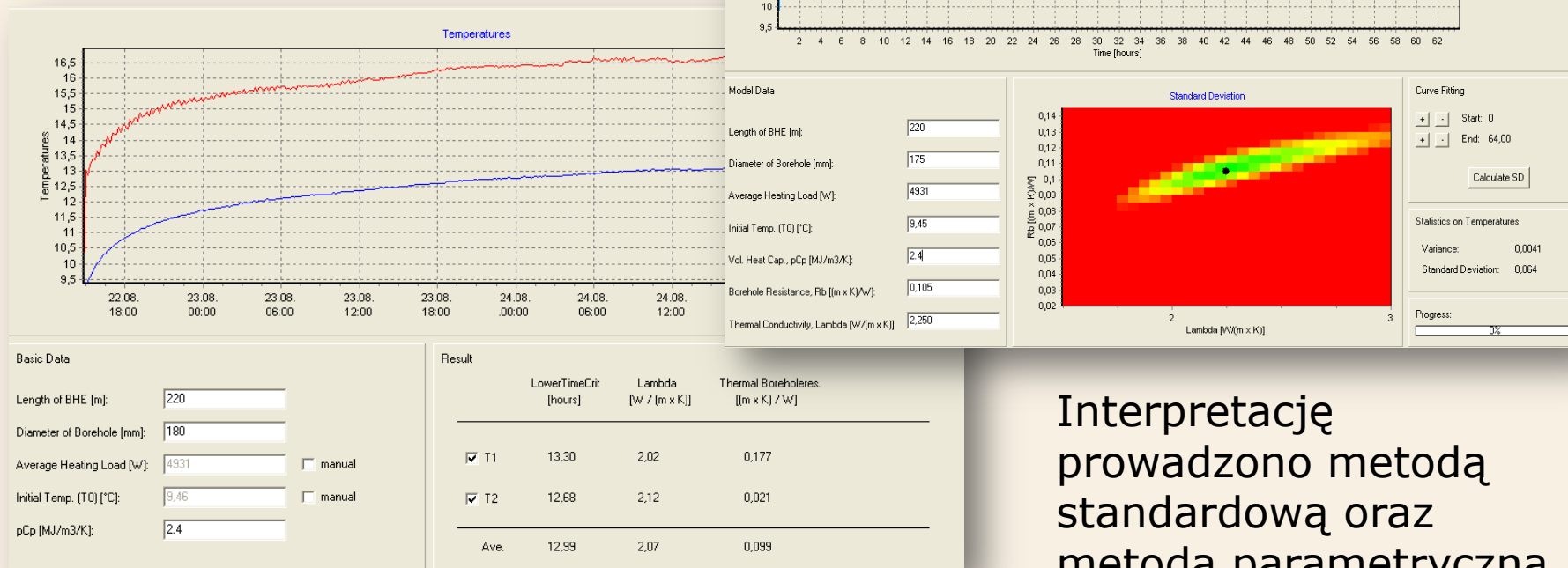
- Start: 22 sierpnia 2017 r. 14:30
- Koniec: 25 sierpnia 2017 r. 06:50
- Czas testu: 64 godziny i 30 minut
- Średnia moc w czasie pomiaru wynosiła ok. **4,93 kW**.
- **387** punktów pomiarowych.
- Średnia wartość ustalonego przepływu wynosiła **1311 l/h**.



TRT – GT4PL pomiar w Bergen



TRT – GT4PL pomiar w Bergen



Interpretację
prowadzono metodą
standardową oraz
metodą parametryczną

Badanie TRT, zinterpretowane metodą standardową, wykazało następujące wyniki:

- Wartość efektywnego współczynnika przewodności cieplnej $\lambda = \mathbf{2,07 \text{ W/m}\cdot\text{K}}$.
- Wartość współczynnika oporu cieplnego otworu $\mathbf{R_b = 0,099 \text{ m}\cdot\text{K/W}}$.
- Temperatura na początku badania $\mathbf{T_0 = 9,46^\circ\text{C}}$.

Badanie TRT, zinterpretowane metodą parametryczną, wykazało następujące wyniki:

- Wartość efektywnego współczynnika przewodności cieplnej $\lambda = \mathbf{2,25 \text{ W/m}\cdot\text{K}}$.
- Wartość współczynnika oporu cieplnego otworu $\mathbf{R_b = 0,105 \text{ m}\cdot\text{K/W}}$.



Inne metody badań λ

- Przewodność cieplną można także badać metodami laboratoryjnymi
- Przykład – Igła termiczna Kd2Pro

Przykładowe wyniki badań przewodności cieplnej λ

Date	Sensor type	Thermal conductivity (λ)	Temp(0)	Test duration	Test mode
		[W/(m·K)]	[°C]	[min]	
2016-05-19 08:04	TR-1	3,068	20,84	5	HPM
2016-05-19 08:19	TR-1	2,832	20,82	5	HPM
2016-05-19 08:34	TR-1	3,214	20,68	5	HPM
2016-05-19 08:49	TR-1	3,045	20,54	5	HPM
...	...	...	...	...	...
2016-05-20 10:17	TR-1	1,884	20,38	5	HPM





**Dziękuję za uwagę
Zapraszam do udziału
w konsultacjach**