

Energetyka Geotermalna

Dr inż. Tomasz Hałon

Ćwiczenia 2: Rozwiązania praktycznych zadań z zakresu eksploracji i pozyskiwania źródeł energii geotermalnej

Przykład

1. Oblicz głębokość odwiertu geotermalnego potrzebnego do osiągnięcia temperatury 150°C, zakładając, że nie mamy do czynienia z anomalią.

Przyjmujemy średnioroczną temperaturę powierzchni ziemi równą 15°C

Gradient geotermalny wynosi 3 K/100 m -> 30 K/1 km

Głębokość odwiertu (d) obliczamy jako:

$$d = \frac{\Delta T}{\text{Gradient geotermalny}}$$

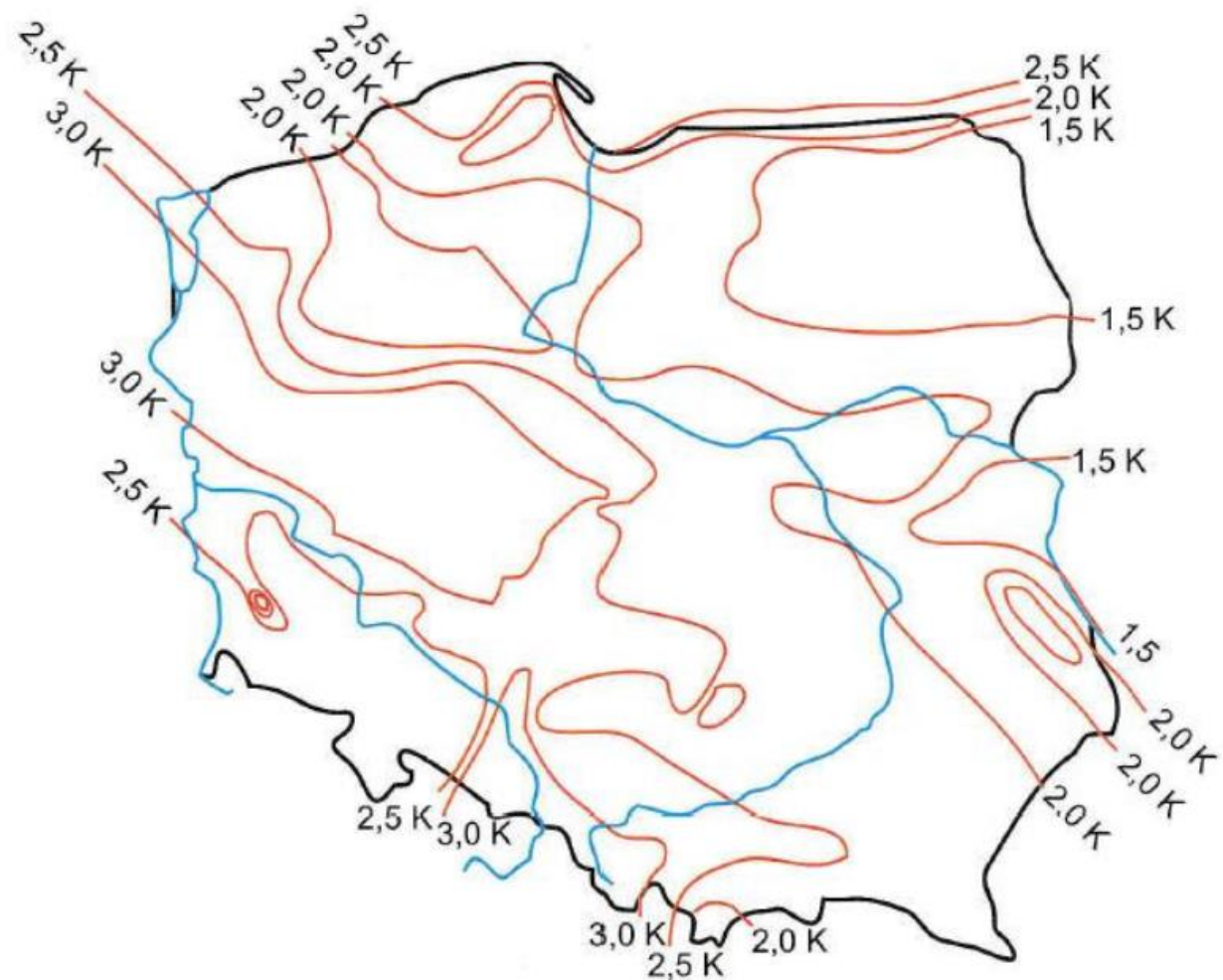
$$d = \frac{150^{\circ}\text{C} - 15^{\circ}\text{C}}{30 \frac{^{\circ}\text{C}}{\text{km}}}$$

Zadania

1. Oblicz głębokość odwiertu geotermalnego potrzebnego do osiągnięcia temperatury 300°C , zakładając, że nie mamy do czynienia z anomalią.
2. Oblicz głębokość odwiertu geotermalnego potrzebnego do osiągnięcia temperatury 150°C , zakładając, że nie mamy do czynienia z anomalią. Przyjmij temperaturę powierzchni ziemi dla terenów Polski ($8-10^{\circ}\text{C}$),
3. Oblicz głębokość odwiertu geotermalnego potrzebnego do osiągnięcia temperatury 300°C , zakładając, że nie mamy do czynienia z anomalią. Przyjmij temperaturę powierzchni ziemi dla terenów Polski ($8-10^{\circ}\text{C}$),
4. Oblicz głębokość odwiertu geotermalnego potrzebnego do osiągnięcia temperatury 300°C , zakładając, że gradient geotermalny wynosi 90 K/km . Przyjmij temperaturę powierzchni ziemi dla terenów Neuffen w Niemczech ($8-10^{\circ}\text{C}$).

Zadania

- Oblicz głębokość odwiertu geotermalnego potrzebnego do osiągnięcia temperatury 150°C . Przyjmij temperaturę powierzchni ziemi dla terenów Polski ($8\text{-}10^{\circ}\text{C}$). Załóż gradient geotermalny dla Wałbrzycha. Jaka będzie głębokość dla Białegostoku?

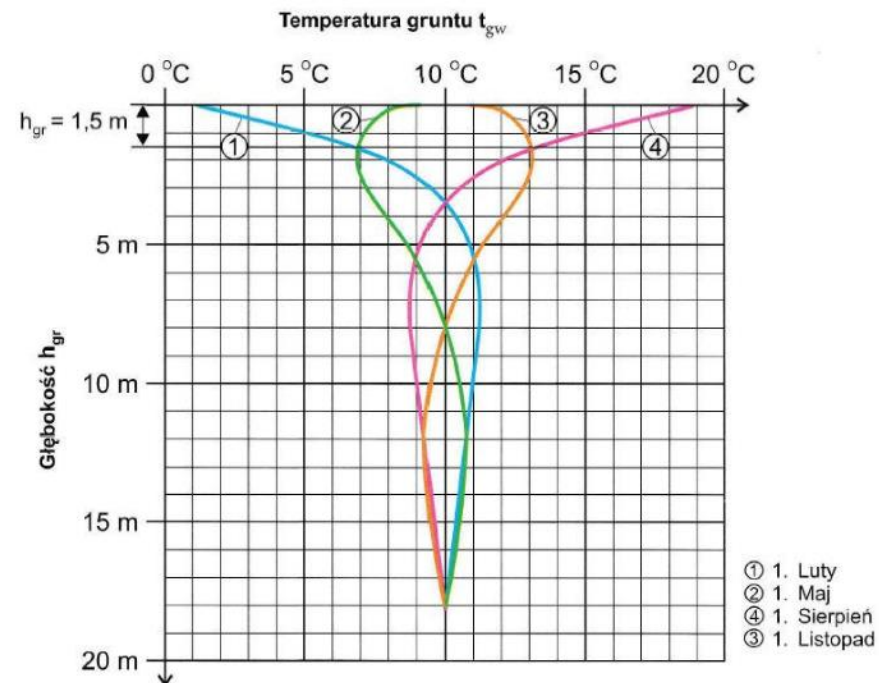


Zadania

1. Jaką temperaturę można uzyskać na terenach Polski na głębokości 70 m, 100 m oraz 150 m?

Przykład

1. Jaką temperaturę można uzyskać na terenach Polski na głębokości 2 m?
 - Dla głębokości mniejszych niż 15 - 20 m nie można użyć gradientu geotermalnego ze względu na wpływ zmian temperatury otoczenia i promieniowania słonecznego.



Przykład

- ▶ Należy obliczyć głębokość penetracji sezonowych zmian temperatury:

$$d = \sqrt{\frac{2\alpha}{\omega}}$$

- ▶ α - dyfuzyjność cieplna gruntu
- ▶ ω - częstotliwość zmian sezonowych (dla rocznych zmian $\frac{2\pi}{365 \text{ dni}} = 0,0172 \frac{\text{rad}}{\text{dzień}}$)
- ▶ Przyjmujemy dla jakiego dnia w roku (t) chcemy wyliczyć wartość. Jeśli jest to wymiennik na cele grzewcze, to wybieramy najchłodniejszy dzień. Dla Polski przyjmuje się przełom stycznia i lutego. Przyjmijmy że liczymy dla 1 lutego. Jest to 32 dzień roku.
- ▶ Sprawdzamy typ gruntu. Przyjmijmy torf.

Przykład

$$d = \sqrt{\frac{2\alpha}{\omega}} = \sqrt{\frac{2 * 0,1 * 10^{-6} \frac{m^2}{s} * 24 * 3600s}{0,0172 \frac{rad}{dzień}}} = 1 m$$

Rock Type	Thermal Conductivity (W/mK)			Volumetric Heat Capacity (MJ/m ³ K)	Thermal Diffusivity (10 ⁶ m ² /s)		
	Min	Typ	Max		Min	Typ	Max
Basalt	1.3	1.7	2.3	2.6	0.5	0.65	0.88
Greenstone	2	2.6	2.9	2.9	0.69	0.90	1
Gabbro	1.7	1.9	2.5	2.6	0.65	0.73	0.96
Granite	2.1	3.4	4.1	3	0.7	1.13	1.37
Peridotite	3.8	4	5.3	2.7	1.41	1.48	1.96
Gneiss	1.9	2.9	4	2.4	0.79	1.21	1.67
Marble	1.3	2.1	3.1	2	0.65	1.05	1.55
Mica schist	1.5	2	3.1	2.2	0.68	0.91	1.41
Shale sedimentary	1.5	2.1	2.1	2.5	0.6	0.84	0.84
Limestone	2.5	2.8	4	2.4	1.04	1.17	1.67
Loam	1.5	2.1	3.5	2.3	0.65	0.91	1.52
Quartzite	3.6	6	6.6	2.2	1.64	2.73	3
Salt	5.3	5.4	6.4	1.2	4.42	4.5	5.33
Sandstone	1.3	2.3	5.1	2.8	0.46	0.82	1.82
Siltstones and argillites	1.1	2.2	3.5	2.4	0.46	0.92	1.46
Dry gravel	0.4	0.4	0.5	1.6	0.25	0.25	0.31
Water saturated gravel	1.8	1.8	1.8	2.4	0.75	0.75	0.75
Dry sand	0.3	0.4	0.55	1.6	0.19	0.25	0.34
Water saturated sand	1.7	2.4	5	2.9	0.59	0.83	1.72
Dry clay/silt	0.4	0.5	1	1.6	0.25	0.31	0.62
Water saturated clay/silt	0.9	1.7	2.3	3.4	0.26	0.5	0.68
Peat	0.2	0.4	0.7	3.8	0.05	0.10	0.18

Przykład

► Wzór na temperaturę w danym dniu na danej głębokości:

$$► T(z, t) = T_{\dot{s}} + A e^{-z/d} \sin(\omega t - \frac{z}{d})$$

T - temperatura, °C

z - głębokość, m

t - dzień w roku, -

d - głębokość penetracji, m

A - amplituda sezonowych zmian temperatury, °C

ω - częstotliwość zmian sezonowych, rad/dzień

$T_{\dot{s}}$ - temperatura średnioroczna, °C

Przykład

- ▶ Wzór na temperaturę w danym dniu na danej głębokości:

- ▶ $T(z, t) = T_{\dot{s}} + A e^{-z/d} \sin(\omega t - \frac{z}{d})$

- ▶ A dla Polski przyjmuje się z danych meteo 15-20°C

- ▶ **Amplituda roczna na danej głębokości** = $A e^{-\frac{z}{d}} = 20^{\circ}C e^{-\frac{2m}{1m}} = 2,72^{\circ}C$

- ▶ **Opóźnienie temperatury** $\phi = \frac{z}{d} = 2 \text{ rad}$

Przykład

- ▶ Wzór na temperaturę w danym dniu na danej głębokości:

- ▶ $T(z, t) = T_{\dot{s}} + A e^{-z/d} \sin(\omega t - \frac{z}{d})$

- ▶ $T(2,32) = 9 + 2,72 \sin(0,0172 * 32 - 2) = 6,3^{\circ}C$

- ▶ A dla Polski przyjmuje się z danych meteo 15-20°C

- ▶ **Amplituda roczna na danej głębokości** $= A e^{-\frac{z}{d}} = 2,72$

- ▶ **Opóźnienie temperatury** $\varnothing = \frac{z}{d} = 2 \text{ rad}$

Zadania

1. Dla dnia 24 grudnia oblicz temperaturę na głębokości 1,8 m, zakładając że grunt składa się tylko z mokrej gliny o $\alpha = 0,5 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}$. Średnioroczna temperatura wynosi 8°C, a amplituda temperatury 15°C.
2. Dla dnia 15 sierpnia oblicz temperaturę na głębokości 2,5 m, zakładając że grunt składa się tylko z suchego piasku o $\alpha = 0,25 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}$. Średnioroczna temperatura wynosi 9°C, a amplituda temperatury 20°C
3. Dla dnia 24 grudnia oblicz temperaturę na głębokości 2 m, zakładając że grunt składa się z 1 m torfu o $\alpha = 0,1 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}$ z 1 m mokrej gliny o $\alpha = 0,5 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}$. Średnioroczna temperatura wynosi 9°C, a amplituda temperatury 20°C.