

Zpracoval: Mgr. Michal Havlík

Geologie a tepelné vlastnosti hornin

Projektování vrtů pro tepelná čerpadla na základě geologických předpokladů
– vliv na vodní režim, rizika

■ Kapitola 4 - GEOLOGIE A TEPELNÉ VLASTNOSTI HORNIN, VLIV NA RŮZNÉ SYSTÉMY VYUŽITÍ ZEMSKÉHO TEPLA

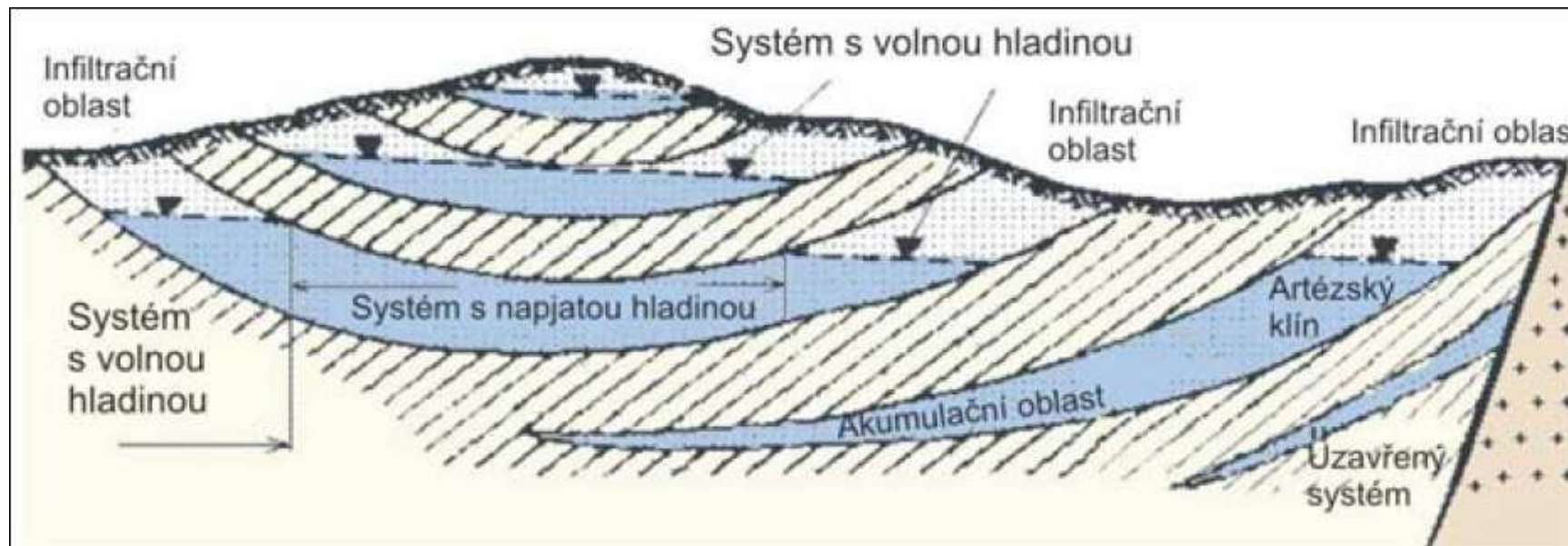
- **Obsah:**
- 4.1 Geologické a hydrogeologické podmínky v ČR
- 4.2 Tepelné vlastnosti hornin
a vliv na různé systémy vyžití zemského tepla
- 4.3 Geologické průzkumy a měření
- 4.4 Podklady pro projektanty, role geologa



Geologické podmínky v ČR



Režim podzemních vod - Hydrogeologie



TERMÍNY:

- tvorba podzemních vod
- oběh podzemní vody
- volná hladina
- napjatá hladina
- kolektor
- izolátor

Jakost podzemních vod

- význam u TČ voda x voda
- tvoření usazenin ve výměníku TČ
- ochrana před korozi
- různé požadavky výrobců TČ
- rozborů vod v akreditované laboratoři



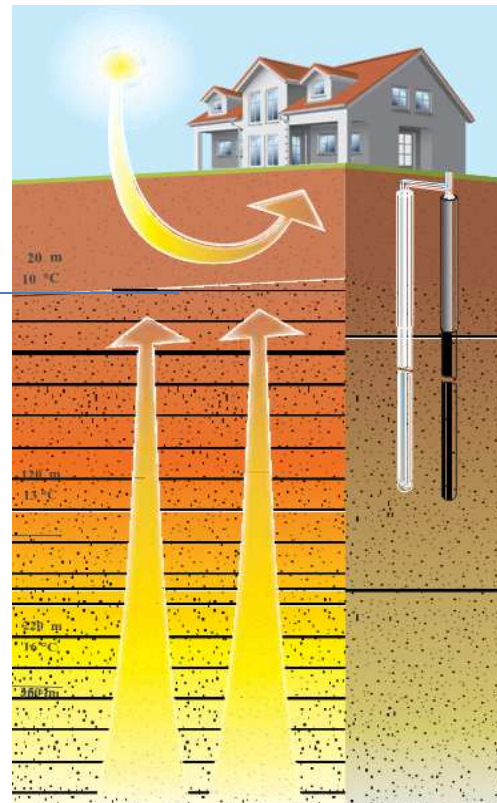
Hodnotící kritérium	Rozsah koncentrace mg/l	Hodnocení	Hodnotící kritérium	Rozsah koncentrace mg/l	Hodnocení
Amoniak NH3	< 2	+	pH-hodnota	< 7,5	0
Chloridy	2 až 20	0	O2-obsah	7,5 až 9	+
	> 20	-	Sírovodík H2S	> 9	0
	< 300	+		< 2	+
	< 300	0		> 2	0
	< 10 μS/cm	0		< 0,05	+
	10 - 500	+		> 0,05	-
Vodivost	μS/cm				
	> 500	-	HCO3-/SO4 ²⁻	< 1	0
	μS/cm			> 1	+
Rozpuštěné železo Fe	< 0,2	+	Hydrogenuhlíčitany (HCO3 ⁻)	< 70	0
Kyslíčnick uhlíčitý (agresivní)	> 0,2	0		70 až 300	+
	< 5	+		> 300	0
	5 až 20	0			
	> 20	-	Rozpuštěný hliník Al	< 0,2	+
Rozpuštěný mangan Mn	< 1	+		> 0,2	0
	> 1	0		< 70	+
Rozpuštěný nitrát NO3	< 100	+	Sírany (SO4)	70 až 300	0
	> 100	0		> 300	-
Chlór	< 1	+	Oxid síry SO3 volný	< 1	+
	1 až 5				
	> 5				

- + normální, dobrá odolnost vůči korozi
- 0 problémy s korozi mohou nastat,
- taková voda by neměla být použita

Tepelné vlastnosti hornin – zdroje tepla

Sluneční záření

cca 15m

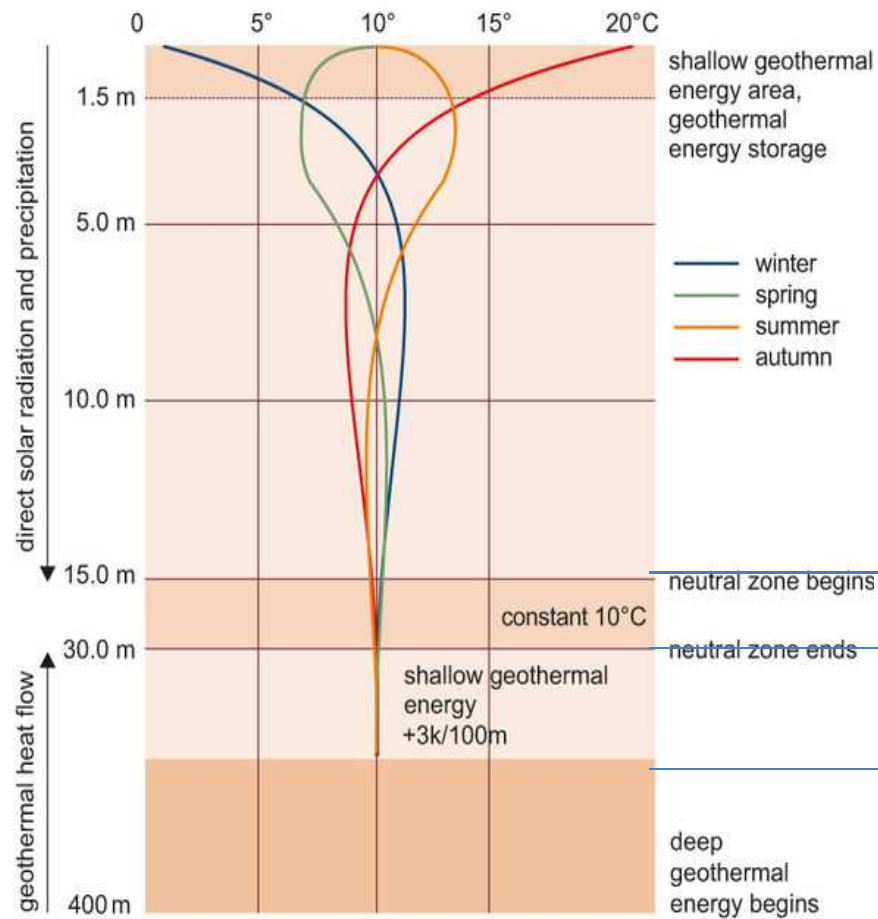


Přirozený rozpad radioaktivních prvků v zemské kůře (U, Th, K)

- Pro využití TČ v našich podmínkách rozhodující význam akumulované teplo v horninovém masívu

Zemský tepelný tok (malé hodnoty, v ČR kolem 60mW/m²)

Tepelné vlastnosti hornin – sezónní a hloubkové změny



(zdroj: solarpraxis.de)

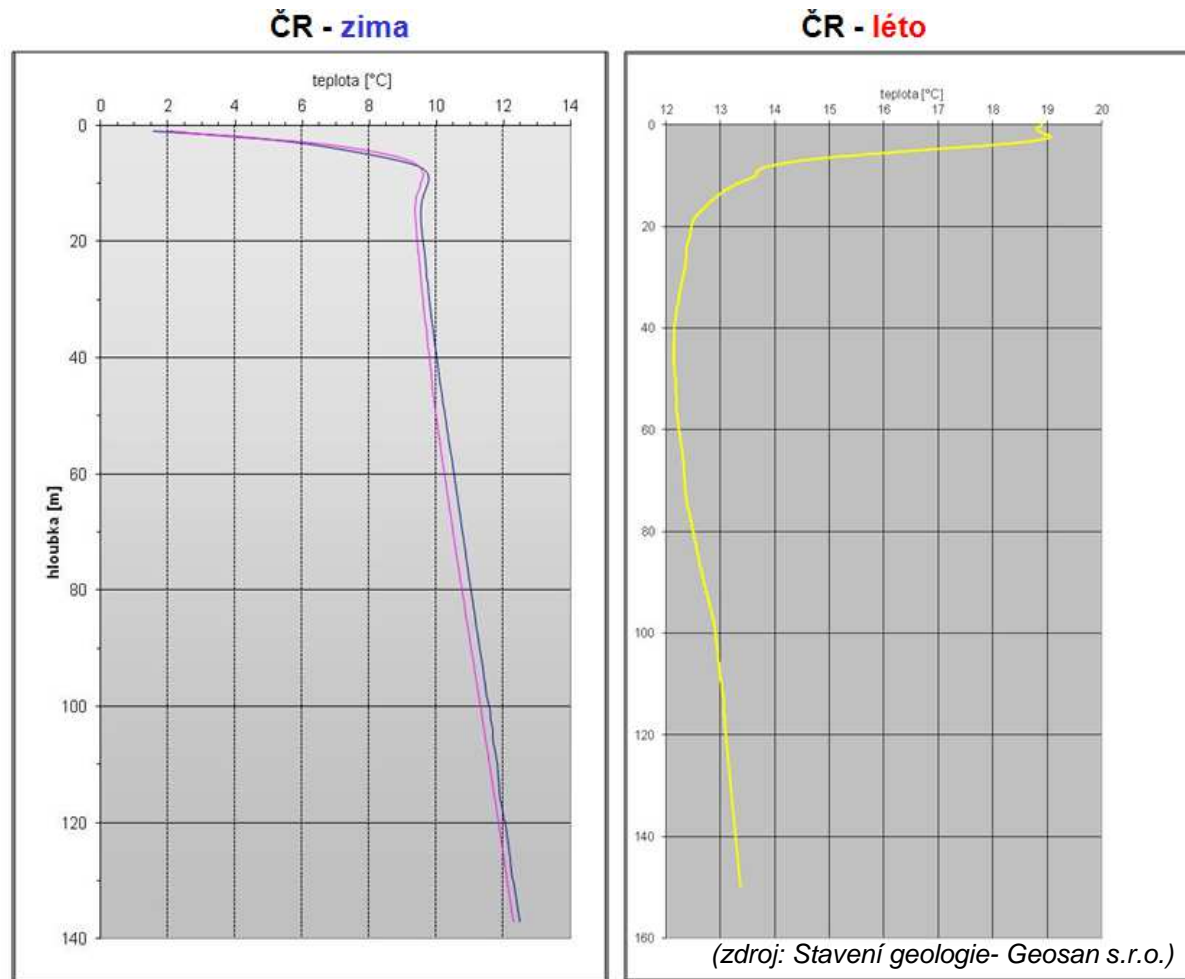
oblast akumulace tepla
ze slunečního záření

přechodná zóna

oblast mělké geotermální energie

oblast hluboké geotermální energie

Tepelné vlastnosti hornin – typické teplotní profily hornin z měření v ČR



Tepelné vlastnosti hornin – hlavní fyzikální parametry

Jaké hlavní parametry hornin jsou důležité pro získávání zemního tepla?

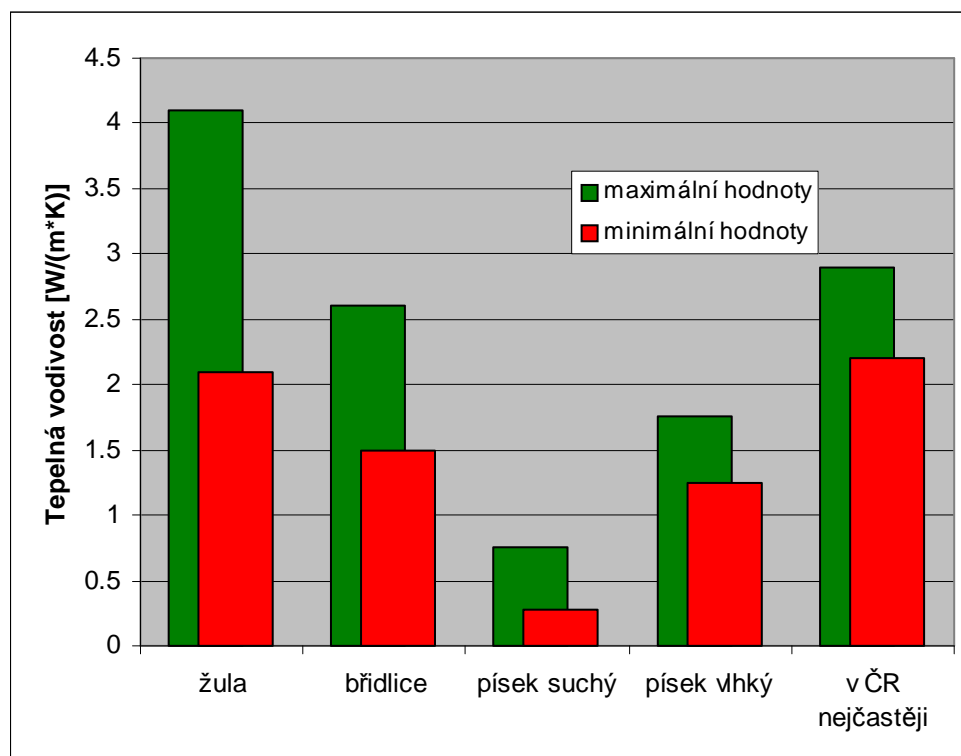
tepelná vodivost hornin λ	$[W * m^{-1} * K^{-1}]$
průměrná teplota horninového masivu	$[^{\circ}C]$
teplotní profil na lokalitě/gradient	$[^{\circ}C / 100 m]$
tepelný odpor vrtů R_b	$[K * (W / m)^{-1}]$

Na čem hlavně záleží?

- typ horniny
- porozita, stupeň zvětrání
- vlhkost
- hladina podzemní vody
- směr a rychlost proudění
- morfologická pozice



Tepelné vlastnosti hornin – rozsah tepelné vodivosti různých hornin v ČR



Velký rozptyl hodnot
i u stejných typů hornin



Nutnost průzkumů a měření

Různé systémy k využívání tepla z hornin a podzemní vody

systémy země x voda

- zemní plošné kolektory
- zemní vrty
- aktivace stavebních konstrukcí (piloty, potrubí, stěny...)

systémy voda x voda

- jímání podzemní vody
studny, vrty



ground source horizontal



earth taps



ground water



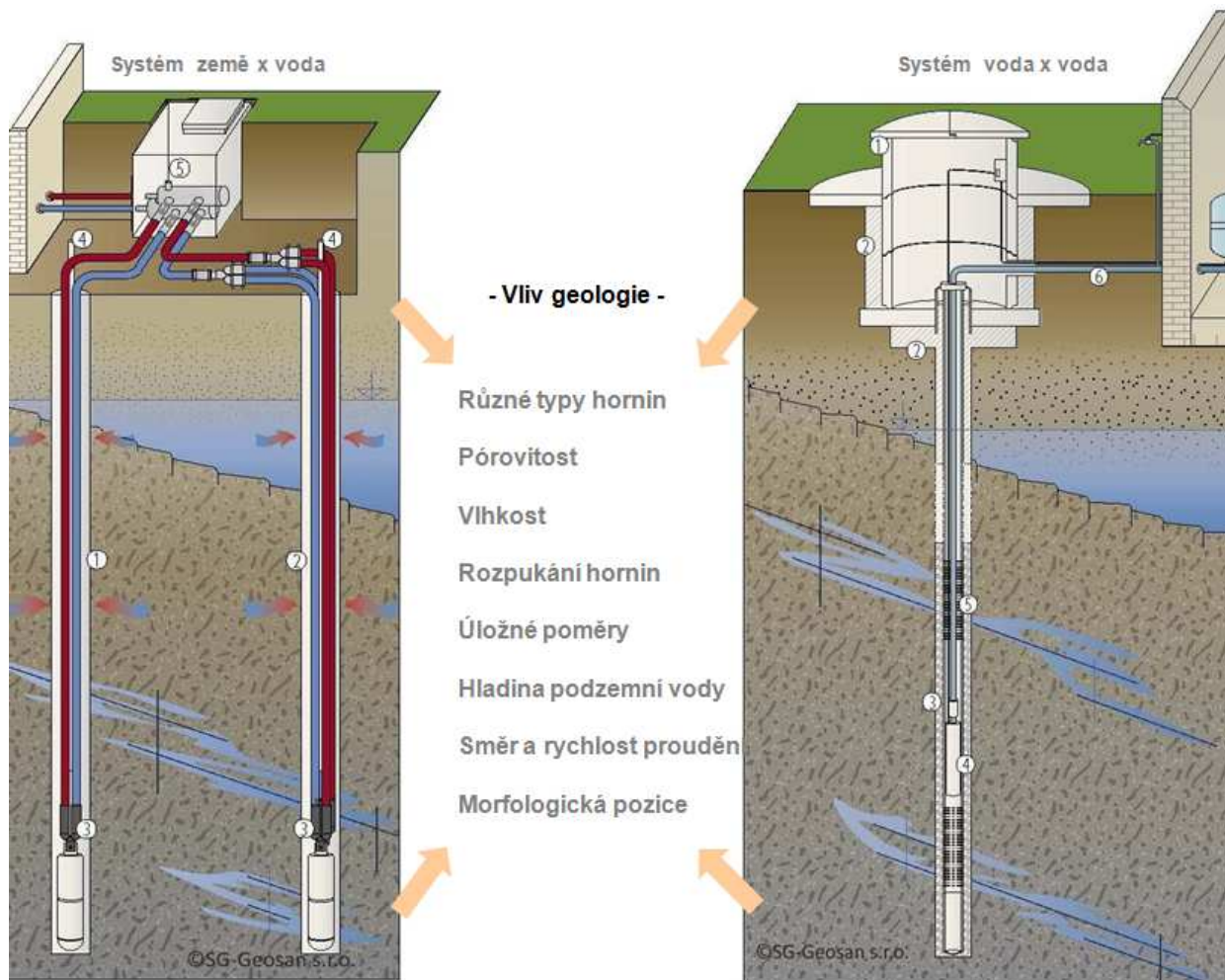
waste water



spiral collector



Vliv geologických podmínek na různé systémy využití zemního tepla



Geologické průzkumy a měření

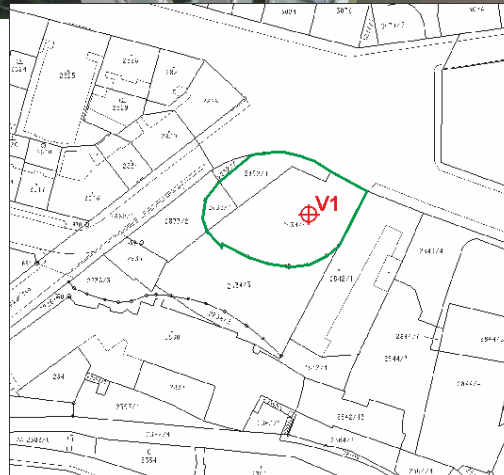
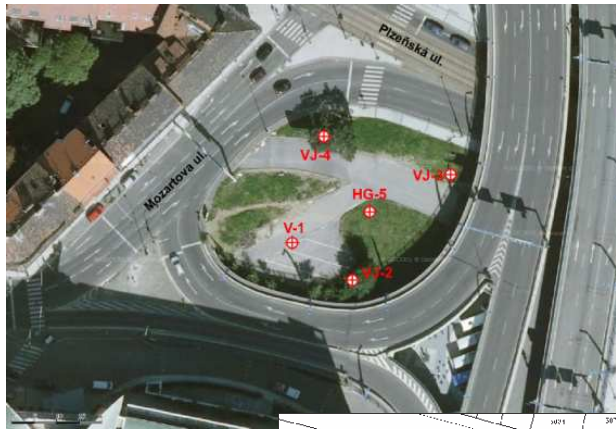
Geologické podmínky na lokalitě pro projektování tepelných čerpadel

- průzkumné vrty, kopané sondy
- teplotní měření (TRTtesty)
- čerpací zkoušky
- měření hladiny podzemních vod
- směr a rychlost proudění
- morfologická pozice

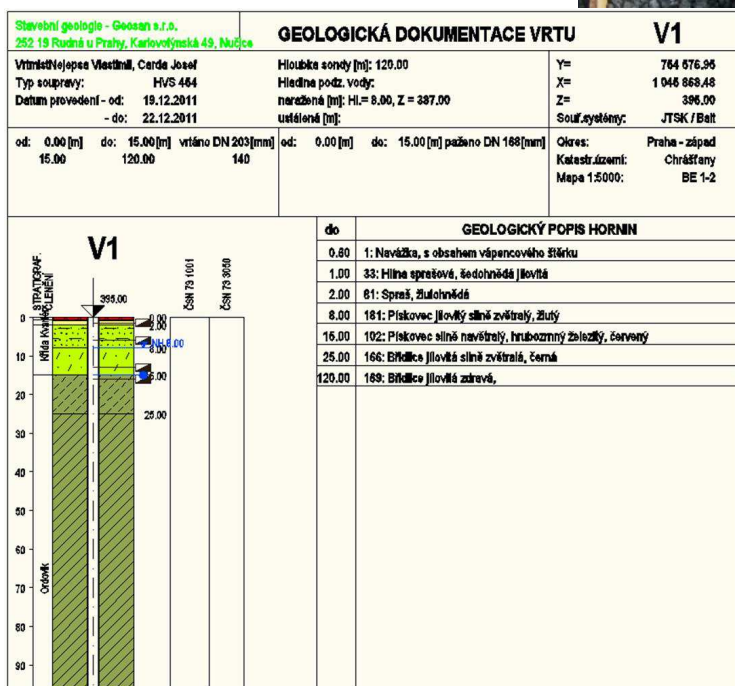
Činnosti prováděné dle zákona č. 62/1988 Sb. (Geologický zákon)



Realizace průzkumných vrtů



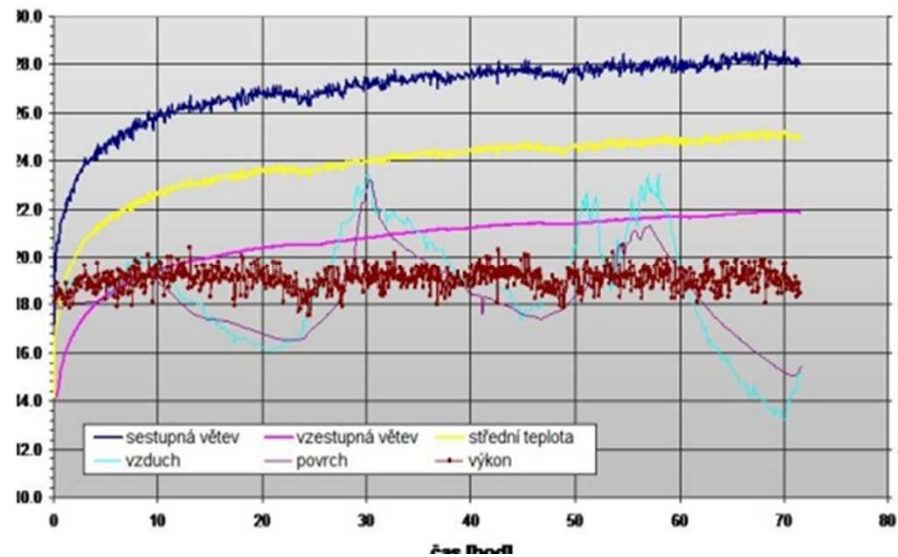
Geologická dokumentace



Měření tepelných parametrů hornin v terénu



Výsledky TRTtestů



teplotní profil na lokalitě/gradient [°C / 100 m]	1,3
průměrná teplota horninového masivu [°C]	14,15 °C
tepelná vodivost hornin λ [W * m ⁻¹ * K ⁻¹]	2,6
tepelný odpor vrtu R _b [K * (W / m) ⁻¹]	0,075

Měření ke kontrole provedení vrtů pro TČ – injektáž , tepelné odpory



Podklady pro projektanty TČ – role geologa

Podle výsledků průzkumu stanovit:

- nejvhodnější rozmístění tepelných sond
- maximální hloubka a technické parametry tepelných sond s ohledem na místní geologii
- zajištění ochrany okolních vodních zdrojů
- tepelné parametry hornin pro návrh a dimenzování potřebného počtu tepelných sond
- posouzení dosahu tepelného ovlivnění okolních pozemků
- střety zájmů

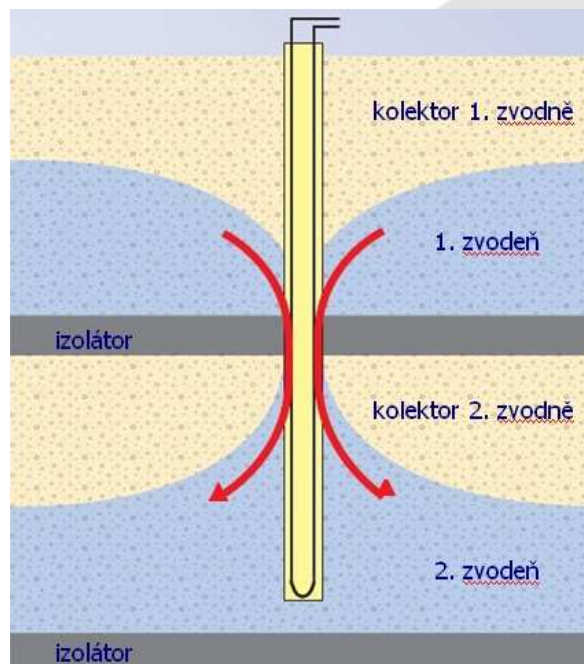


Vliv zemních sond na vodní režim



JEDNODUCHÁ PRAVIDLA:

- nepropojovat různé zvodnělé zóny
- vzájemně odtěsňit



Vliv na stavby a zařízení



Ovlivnění staveb zemními sondami řídké:

- propadání terénu
- zanesení kanalizace
- podmáčení sklepů

Řeší kvalitní projekt a odborná realizace

Namrzání zemních sond



Kdy hrozí?

- realizace v silně namrzavých zeminách (vlhké jíly)
- poddimenzování délky sond

Jak řešit?

- kvalitní dimenzování sond;
- v některých případech nutno potrubí sond izolovat

Stanovení měrného výkonu jímání podle geologie

- hodnoty volit podle výsledků geologického průzkumu
- používat pouze pro menší **typové aplikace** (RD do 30kW, bez chlazení...)

Plošný kolektor

Podloží	možný odběr	
	pro 1.800 hodin provozu	pro 2.400 hodin provozu
suchá nesoudržná zemina	10 W/m ²	8 W/m ²
soudržné zeminy vlhké (stěrky a písky)	20 – 30 W/m ²	16 – 24 W/m ²
protékající spodní voda stěrky a písky	40 W/m ²	32 W/m ²

Směrné hodnoty pro návrh zemního plošného kolektoru dle německé směrnice VDI 4650

Vrt s geotermální vertikální sondou

podloží	možný odběr	
	pro 1.800 hodin provozu	pro 2.400 hodin provozu
<i>obecné směrné hodnoty:</i>		
horší podloží (suché sedimenty) ($\lambda < 1.5 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$)	25 W/m	20 W/m
normální pevná hornina nebo vodou nasycená	60 W/m	50 W/m
sediment ($\lambda = 1.5 - 3.0 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$)		
pevná hornina s vysokou tepelnou vodivostí ($\lambda > 1.5 - 3.0 \text{ W/(m} \cdot \text{L)}$)	84 W/m	70 W/m
<i>horniny:</i>		
suché stěrky a písky	< 25 W/m	< 20 W/m
zvodnělé stěrky a písky	65 – 80 W/m	55 – 65 W/m
protékající spodní voda stěrky a písky	80 – 100 W/m	80 – 100 W/m
vlhký jíl	35 – 50 W/m	30 – 40 W/m
masivní vápenec	55 – 70 W/m	45 – 60 W/m
pískovec	65 – 80 W/m	55 – 65 W/m
kyselé vyvřeliny (Žula)	65 – 85 W/m	55 – 70 W/m
zásadité vyvřeliny (Čedič)	40 – 65 W/m	35 – 55 W/m
Rula	70 – 85 W/m	60 – 70 W/m

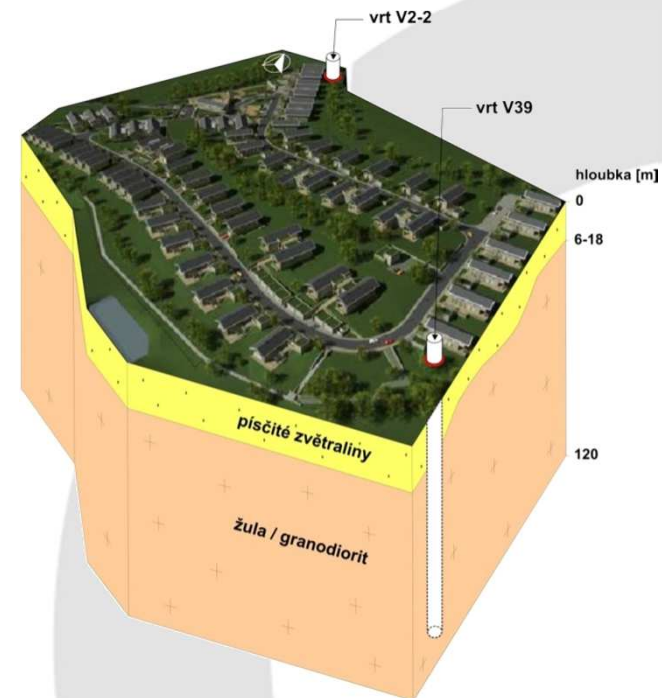
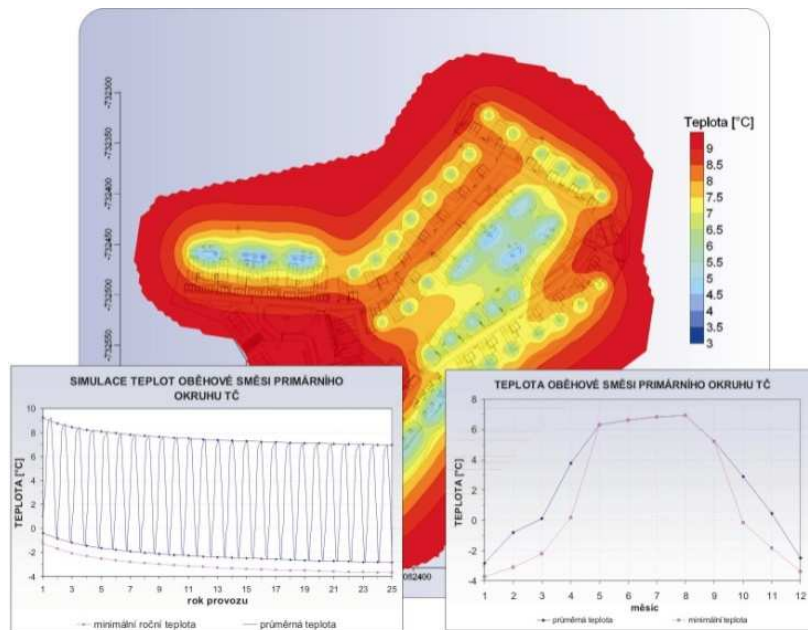
Směrné hodnoty pro návrh hlubinného dle německé směrnice VDI 4650

Hodnoty se mohou výrazně lišit na základě lokálního ztvárnění horniny jako pukliny a zvětrání.

Geologické modely

Komplexní 3D numerické modely proudění podzemních vod a přenosu tepla

- Simulace plánovaného provozu TČ
- Optimální hloubka a rozmístění vrtů
- Šíření teplotních změn do okolí vrtů





[Děkuji za pozornost, přeji mnoho úspěšných realizací](#)

Michal Havlík

havlik@sggeosan.cz