



## Zadání soutěže Bohatství Země 2015/2016: Zachytávání a ukládání CO<sub>2</sub> do horninového prostředí (téma Energie, ekologie a moderní společnost)

Váš soutěžní tým představuje firmu zabývající se odbornými konzultacemi a analýzami, na kterou se obrátilo vedení společnosti provozující menší uhelnou elektrárnu nedaleko obce Sokolnice jihovýchodně od Brna. Dle zakázky máte vypracovat odbornou analýzu řešení nakládání s emisemi CO<sub>2</sub> pro tuto společnost v následujících třiceti letech. Stěžejní částí dokumentu bude porovnání ekonomické, ekologické a environmentální výhodnosti tří možných variant ukládání CO<sub>2</sub> do horninového prostředí. Společnost ovšem také požaduje zpracování rešerše problematiky v širším kontextu pro potřeby vedení a PR oddělení. Především geologické aspekty (vývoj klimatu a chemického složení atmosféry v historii Země i lidstva, koloběh uhlíku v přírodě, přírodní a antropogenní zdroje CO<sub>2</sub>, jejich objem a možnosti jeho ukládání), záležitosti ekonomické (fungování trhu, odhad nákladů a výnosů jednotlivých variant, hodnocení podnikatelského záměru z finančního pohledu (NPV), analýza jednotlivých variant, zpracování SWOT analýzy); a náležitosti přijetí projektu v dotčených lokalitách (typologie lokálních opozic; zákonné a nátlakové prostředky, které mají opoziční hnutí k dispozici; role nevládních organizací a místních sdružení; způsoby dosahování konsensu mezi investory, místními obyvateli a státními orgány). Nižle naleznete parametry, které budete potřebovat pro vypracování projektu:

Instalovaný výkon elektrárny je **210 MW**. Elektrárna spaluje uhlí, při jehož hoření vzniká **99 kg CO<sub>2</sub> na 1GJ** vyrobeného tepla. Účinnost převodu tepla na elektřinu je **41,4 %** a předpokládáme (pro zjednodušení), že elektrárna bude fungovat na plný výkon po dobu 80 % roku a po zbytek období nebude elektřinu vyrábět. Předpokládáme, že vyrobenou elektrickou energii v celém rozsahu prodáme na trhu. Díky dlouhodobým kontraktům si zajistíme, že po celou dobu 30 let bude cena **1 kWh 2,9Kč**. Variabilní náklady na produkci 1 kWh jsou **40 %** z prodejní ceny a náklady na externality činí **1 % z 1 vyprodukované kWh**.

Dále předpokládáme, že budoucí legislativa nám umožní vypustit pouze **40 %** vyprodukovaného CO<sub>2</sub> do ovzduší díky nákupu emisních povolenek a zbývajících **60 %** budeme muset uložit. Povolenky nakupujeme na trhu za tržní cenu, kterou budeme po celou dobu podnikatelského plánu uvažovat za konstantní - **8 EUR/t**. Rovněž uvažujeme, že jsme schopni prostřednictvím termínovaných kontraktů zajistit fixní kurz **28 CZK/EUR a 24 CZK/USD**. Výstavba zachytávacího zařízení nás vyjde na **5 400 000 000Kč**, zároveň toto zařízení spotřebuje část vyrobené elektřiny (**15 %**) na svůj provoz, čímž adekvátně sníží množství prodané elektrické energie.

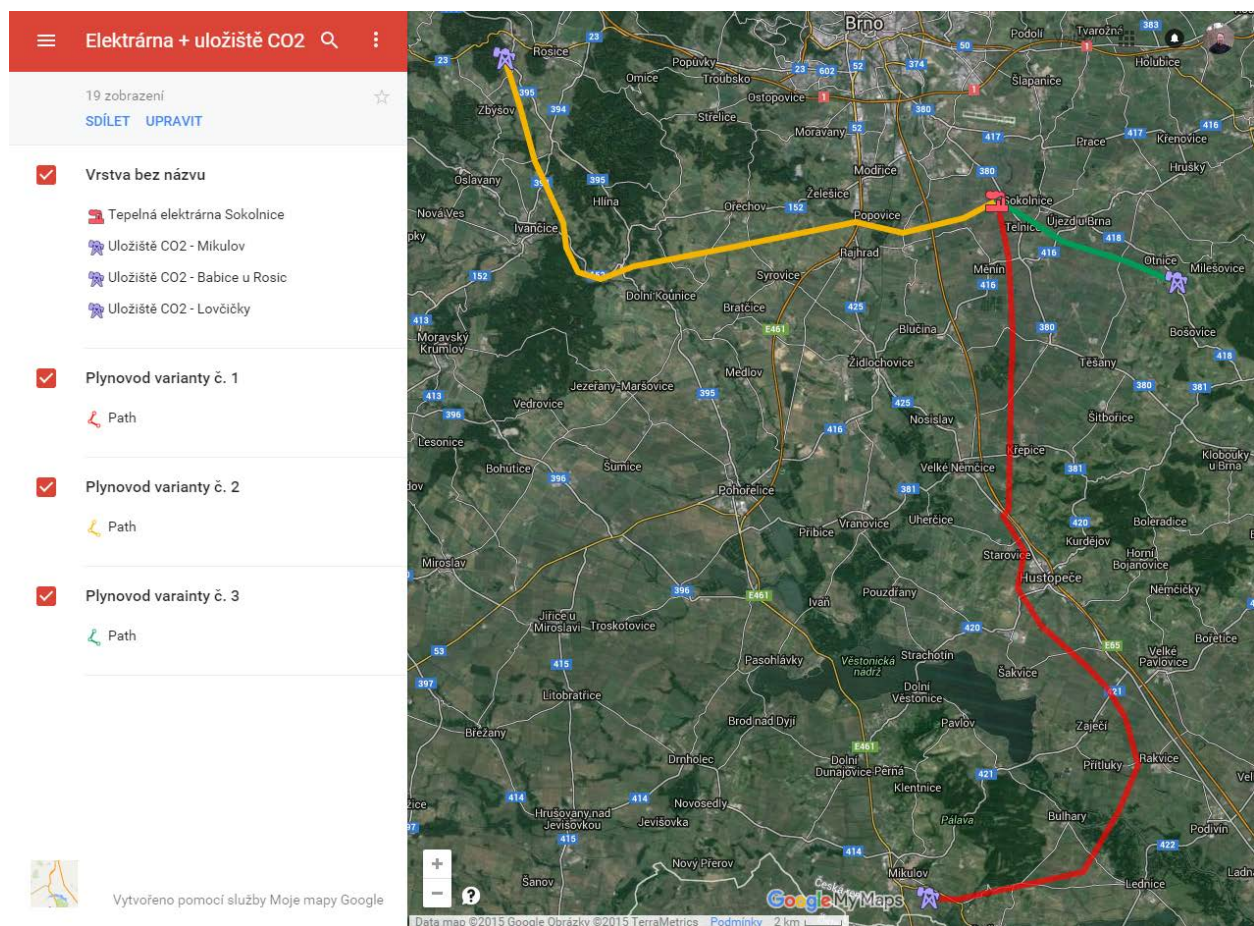
Pro ukládání CO<sub>2</sub> připadají v úvahu **3 varianty** (viz příloženou mapku): **1) Prodej CO<sub>2</sub> těžební společnosti (za 4 USD/t)**, která jej využije pro zvýšení efektivity těžby ropy; **2) Uložení do netěžitelné uhelné sloje**; **3) Uložení do vytěženého ložiska zemního plynu**. Ve všech variantách musíme CO<sub>2</sub> dovést na příslušné místo pomocí plynovodu, jehož cena je **10 000 000 Kč/km**. U varianty číslo 1 je komplikace na posledních deseti kilometrech, kde z důvodů technické náročnosti výstavby bude cena **za jeden km 30 000 000 Kč**. Optimální trasy

plynovodů z hlediska nákladů na výstavbu byly již poskytnuty subdodavatelskou firmou (viz příloženou mapu). Zároveň musíme zahrnout náklady na provoz a údržbu zachytávacího zařízení, plynovodu a další infrastruktury ve výši **5 USD/t** uloženého CO<sub>2</sub>. V případě využití uhelné sloje přibudou dodatečné jednorázové fixní náklady na vybudování úložiště ve výši **200 000 000 Kč.**, ale bude možné dodatečně získávat a dále prodávat metan obsažený v uhlí za cenu **3 USD/MMBtu**. Lze očekávat, že z dané uhelné sloje bude možné během 30 let vytěžit **122 511 134 MMBtu**. V souladu s českým právem musí být státu odváděna daň z vytěženého nerostu ve výši **5 %**. Poslední varianta, tj. využití bývalého ložiska plynu přinese náklady na vybudování úložiště ve výši **100 000 000 Kč** a navíc musíme zohlednit požadavky státu v případě uložení CO<sub>2</sub> podle **zákona č. 85/2012 Sb.**

Rentabilita projektů bude založena na využití ukazatele průměrných nákladů na kapitál u společnosti ČEZ, a. s. (**WACC**). Geologické parametry, které budete potřebovat pro výpočet velikosti a vhodnosti jednotlivých úložišť najdete v přílohách k tomuto zadání.

## Přílohy k zadání:

### 1) mapa umístění elektrárny a jednotlivých možností (variant) uložení CO<sub>2</sub>



Mapa je dostupná také na webu, pod níže uvedeným hypertextovým odkazem, kde můžete studovat detaily.

<https://www.google.com/maps/d/edit?mid=zBqnj4I8opXY.kvUvXha4-n1s&usp=sharing>

## 2) geologické parametry

Součástí rešeršní práce je nutné komplexní zhodnocení geologické situace v oblasti, kde je uvažováno o hlubinném ukládání CO<sub>2</sub>. Soutěžní týmy musí na základě veřejně publikovaných informací, poskytnutých softwarových simulací a konzultací vyhodnotit a diskutovat následující body (viz tabulka):

Kritérium		Rostoucí potenciál ukládání CO <sub>2</sub>				
		Třída				
		1	2	3	4	5
1	Seismická aktivita	velmi vysoká (subdukční zóny)	vysoká (syn-rift, strike slip)	Střední	nízká (pasivní okraj)	Velmi nízká (konsolidovaná území)
2	Velikost	Velmi malá (pod 1000 km <sup>2</sup> )	Malá (1000 - 5000 km <sup>2</sup> )	Střední (5000 - 25000 km <sup>2</sup> )	Velká (25000 - 50000 km <sup>2</sup> )	Velmi velká (nad 50000 km <sup>2</sup> )
3	Hloubka	Velmi mělké (do 300 m)	Mělké (300 - 800 m)		hluboké (nad 3500 m)	Střední (800 - 3500 m)
4	Geotermie	Teplé pánve (nad 40°C/km)		střední (30 - 40 °C/km)		Studené pánve (do 30°C/km)
5	Akumulační hornina vs. Izolační hornina	Nizká		Střední		Výborná
6	Porosita	Nizká		Střední		Výborná
7	Stupeň prozkoumání oblasti	Neprozkoumáno	Počátek průzkumu	Rozvíjející se	Prozkoumaná	Velmi prozkoumaná
8	Klima	Arktické	Sub-artické	Pouštní	Tropické	Mírné
9	Infrastruktura	Neexistující	Obtížná		Akceptovatelná	Výborná

Výpočet množství CO<sub>2</sub>, které může být uloženo do horninového prostředí v případě strukturně – sedimentární pasti se provádí následovně:

$$M_{CO_2ef} = V_b \times n/g \times \Phi \times traps \% \times \rho_{CO_2} \times E$$

$V_b$  = objem rezervoáru (km<sup>3</sup>)

$n/g$  = poměr porosita/permeabilita (% , 100% = 1)

$\Phi$  = porosita (abs.)

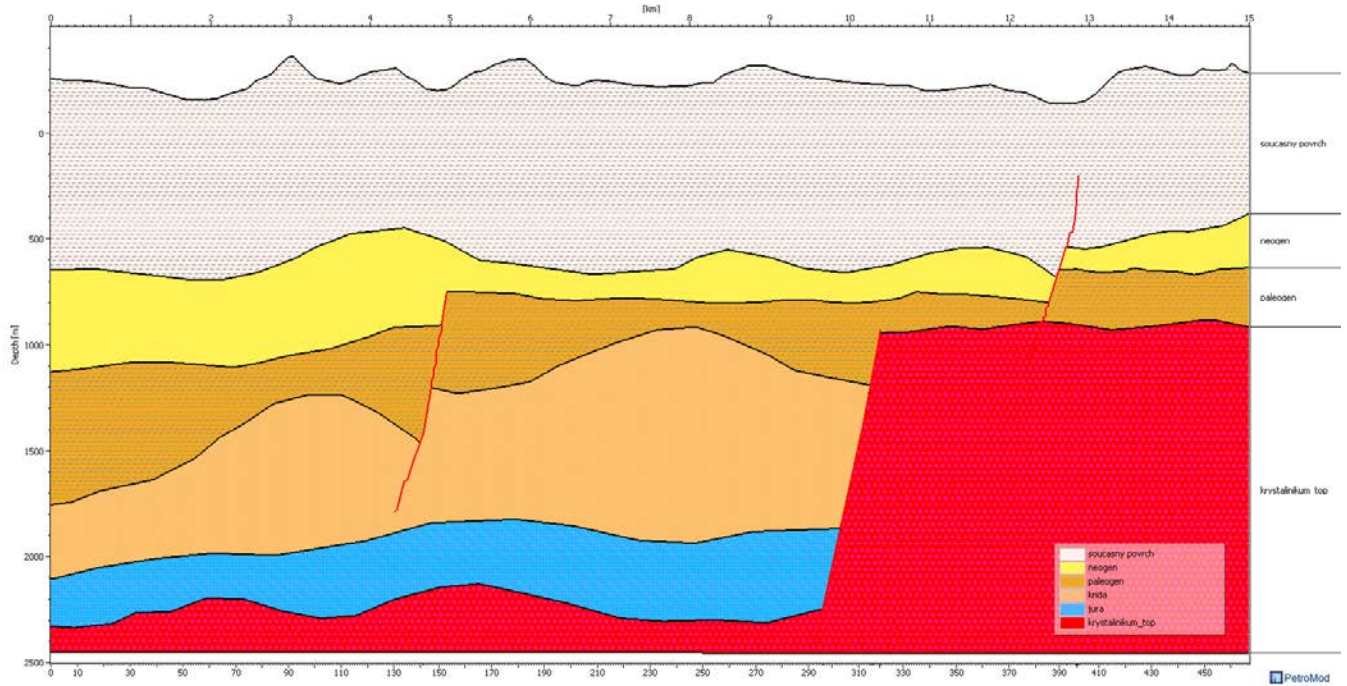
$Traps\%$  = poměr pastí v kolektoru (% , 100% = 1)

$\rho_{CO_2}$  = hustota CO<sub>2</sub> (600 kg/m<sup>3</sup>)

$E$  = eficientní factor

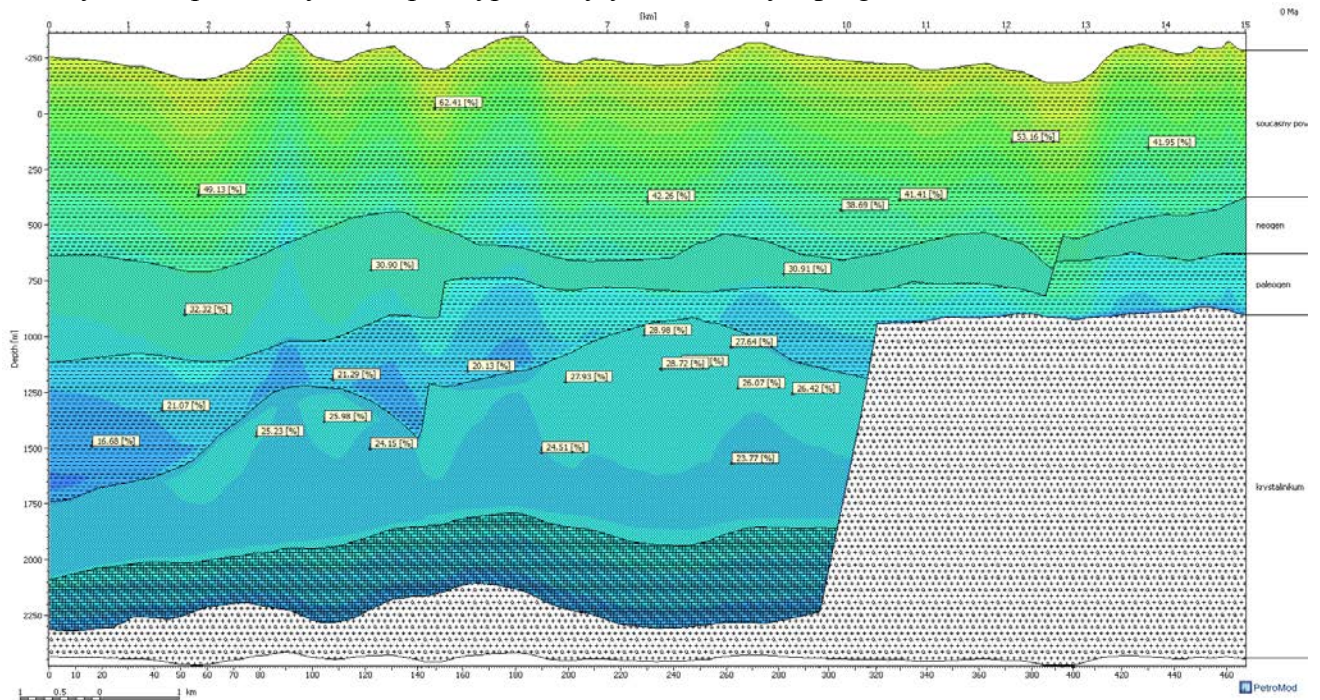
### Varianta č. 3 – Uložiště ve vytěženém ložisku zemního plynu:

Na základě dostupných teoretických informací o ukládání CO<sub>2</sub> vyberte na přiloženém geologickém řezu (obr 1) nejvhodnější geologickou strukturu, do které bude možné po dobu 30 let ukládat takové množství CO<sub>2</sub>, které vyprodukuje elektrárna. Řez prochází středem struktur, jejichž třetí rozměr je 3000 metrů. Eficienci factor pro tuto strukturu byl vypočten na 0,2. Uvažujeme, že poměr porosity / permeability se rovná 1 a hodnota Traps% je také rovna 1.



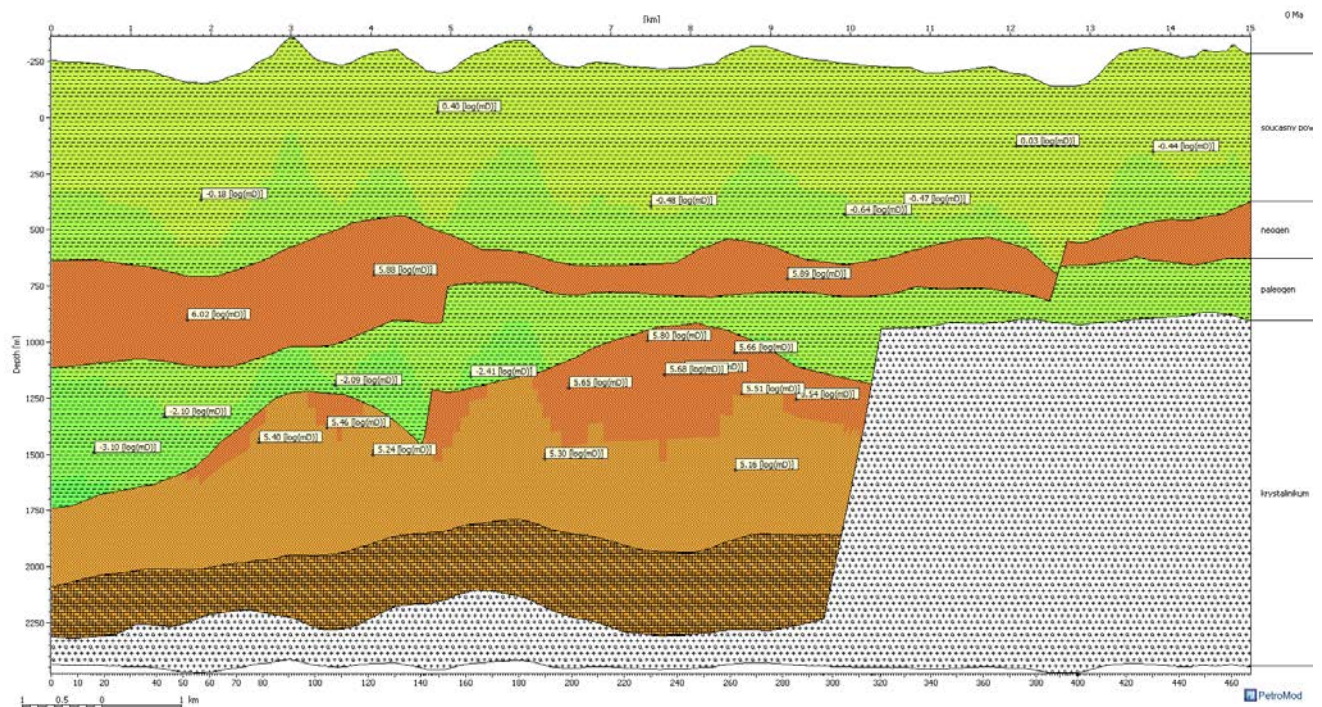
Obr 1: Interpretovaný řez

Petrofyzikální parametry nutné pro výpočet byly simulovány v programu PetroMod:

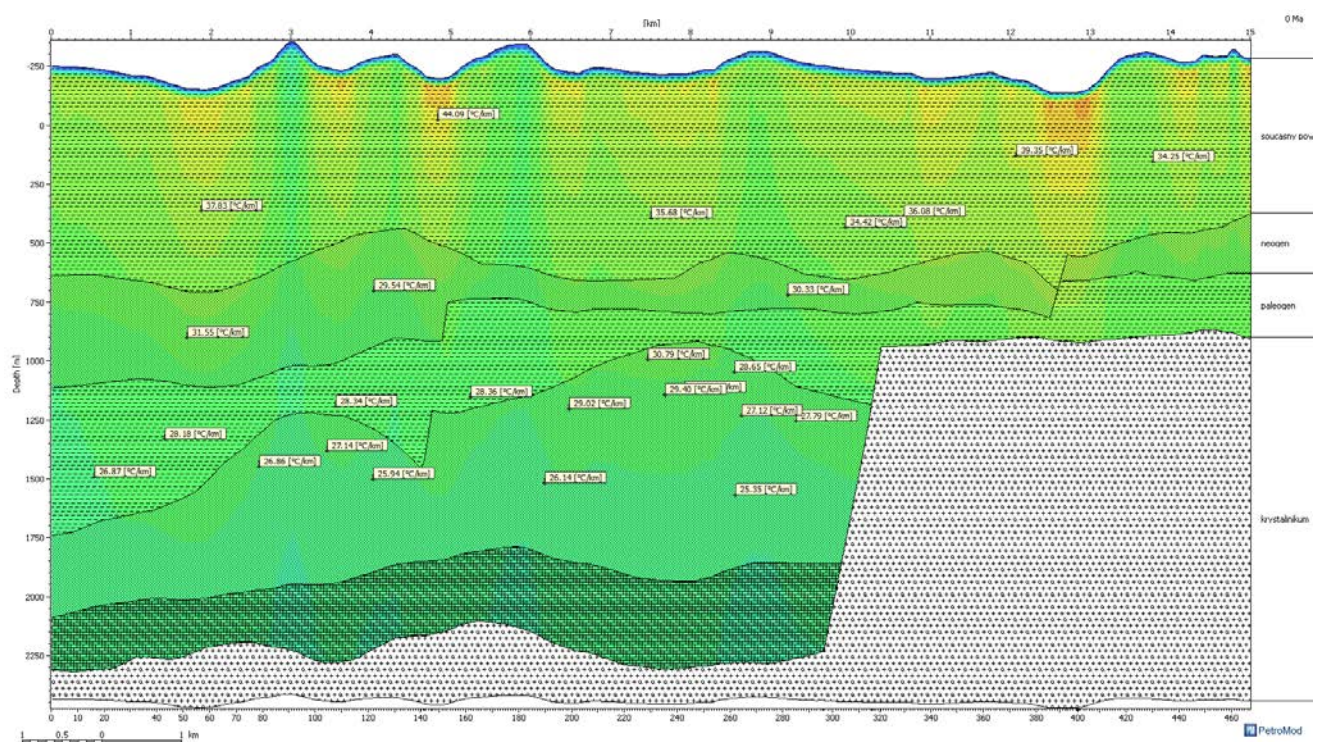


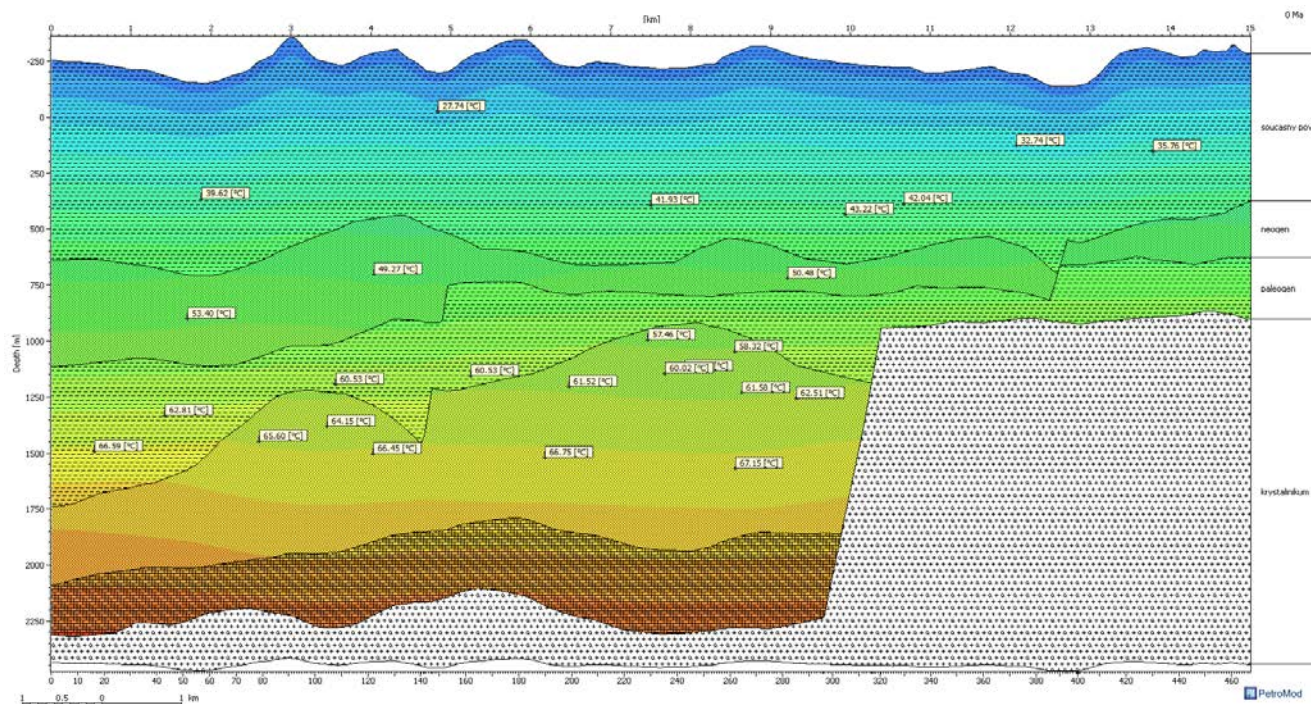
Obr 2: Porosita





Obr 5: Permeabilita hornin

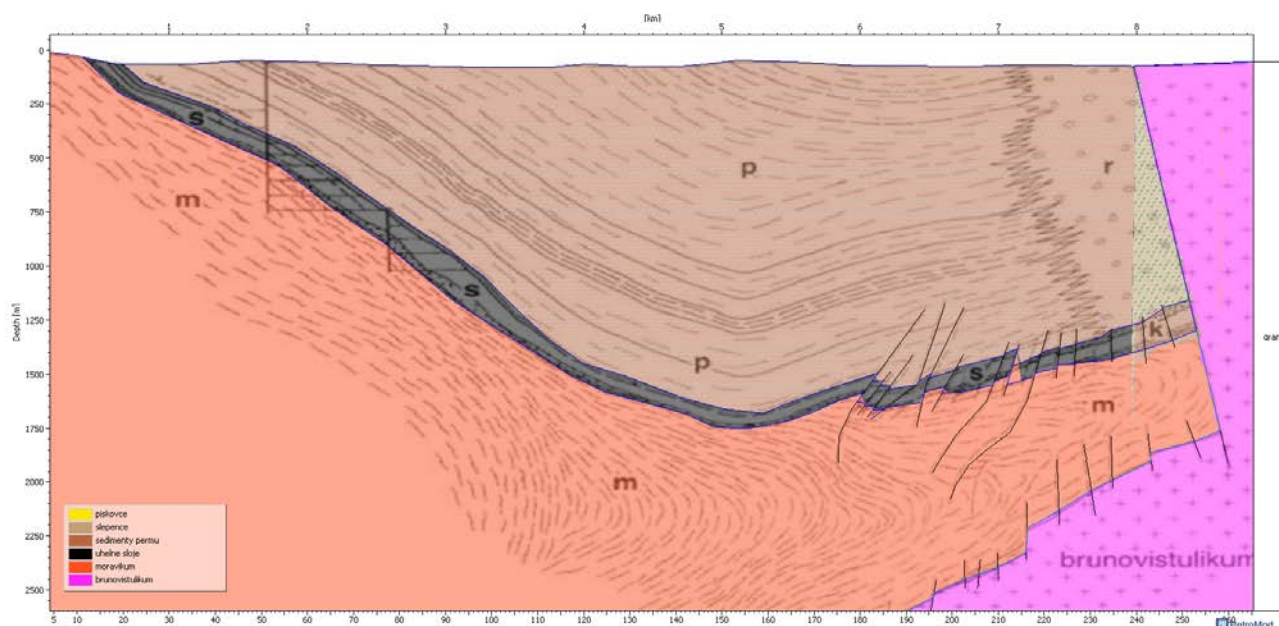




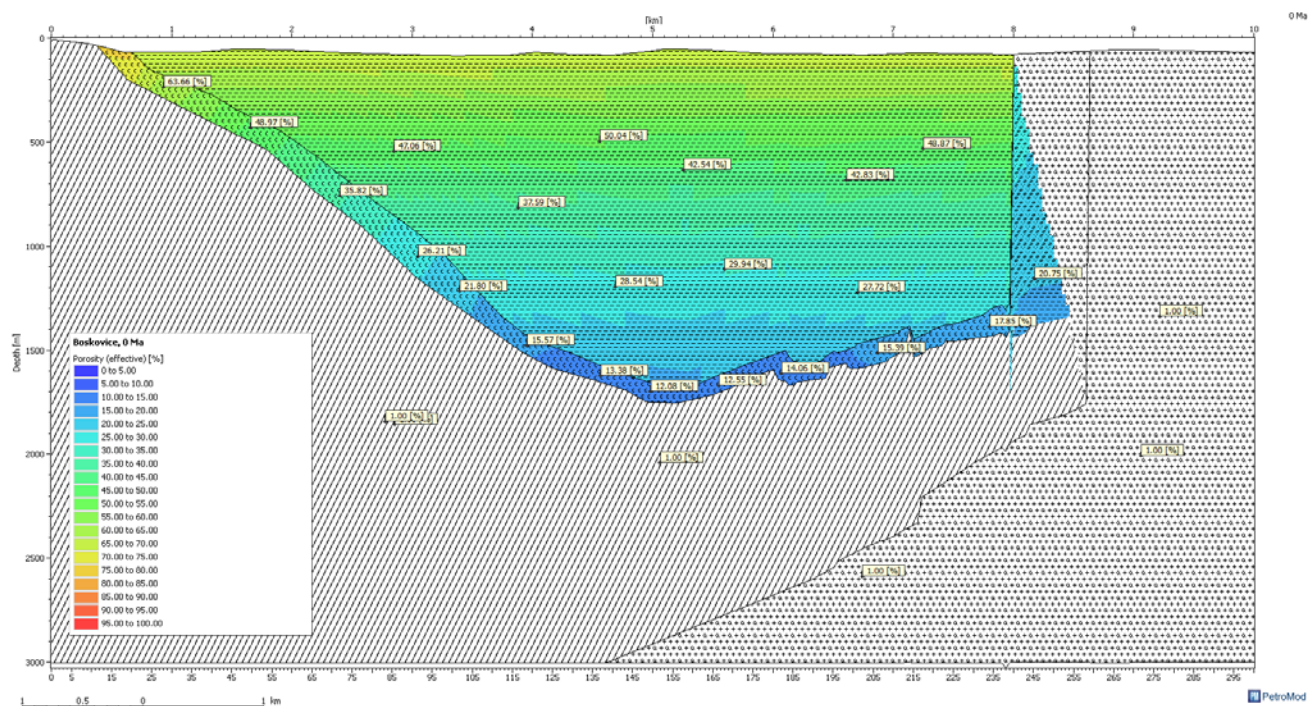
Obr 7: Současná teplota

## Varianta č. 2 – Uložení CO<sub>2</sub> v netěžitelných uhelných slojích

Cílem je vyhledat uhelné sloje v odpovídajících hloubkách, které prozatím nebyly těženy (viz plánek uhelného dolu na Obr 8). V rámci objemu prouhelněných horizontů představují uhelné sloje pouze 30 % (hodnota Traps% je rovna 0,3). Řez prochází středem struktur, jejichž třetí rozměr je 1000 metrů. Eficienci factor pro tuto strukturu byl vypočten na 2,5. Uvažujeme, že poměr porosity / permeability se rovná 1.



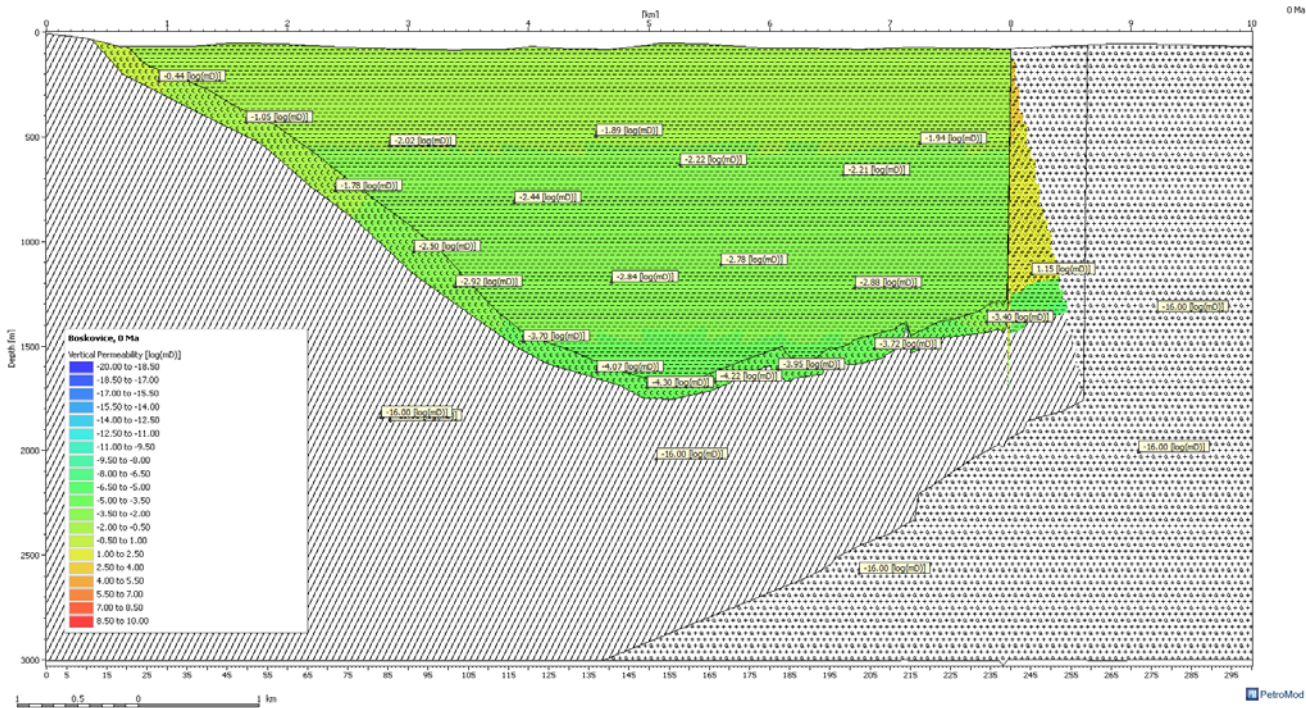
Obr 8: Geologický řez oblasti



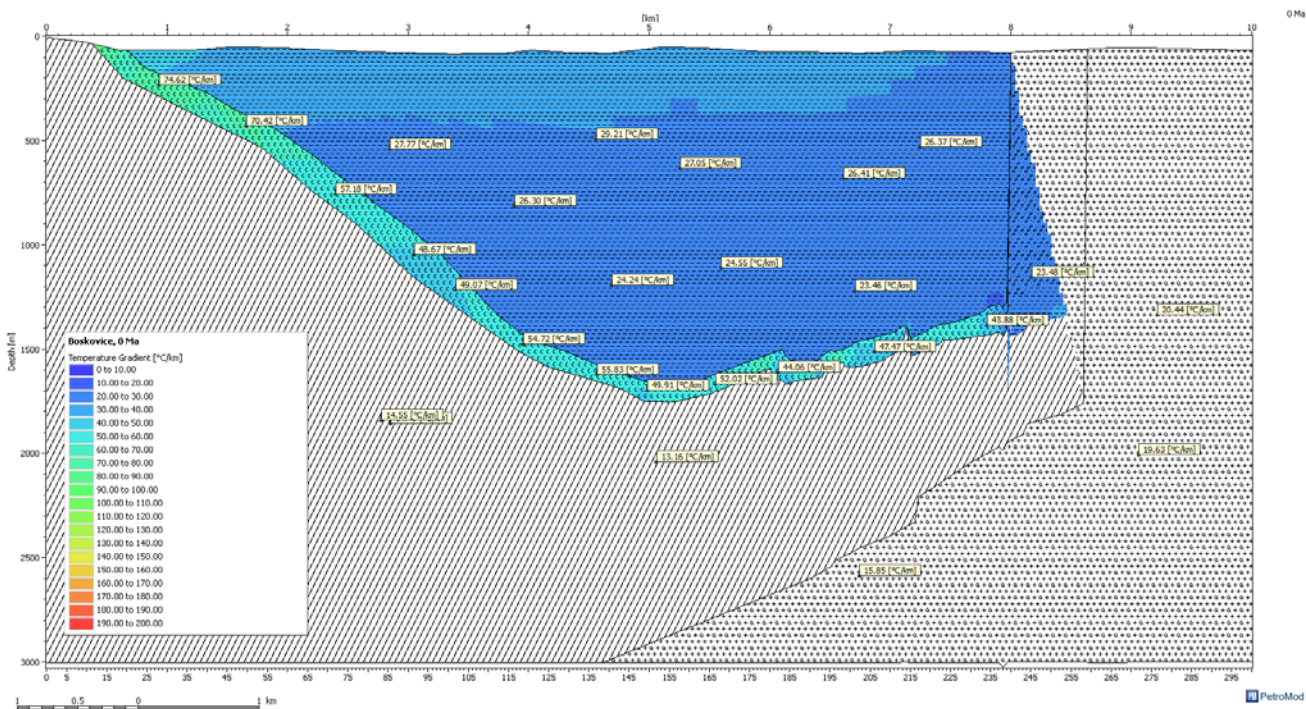
Obr 9: Porosita



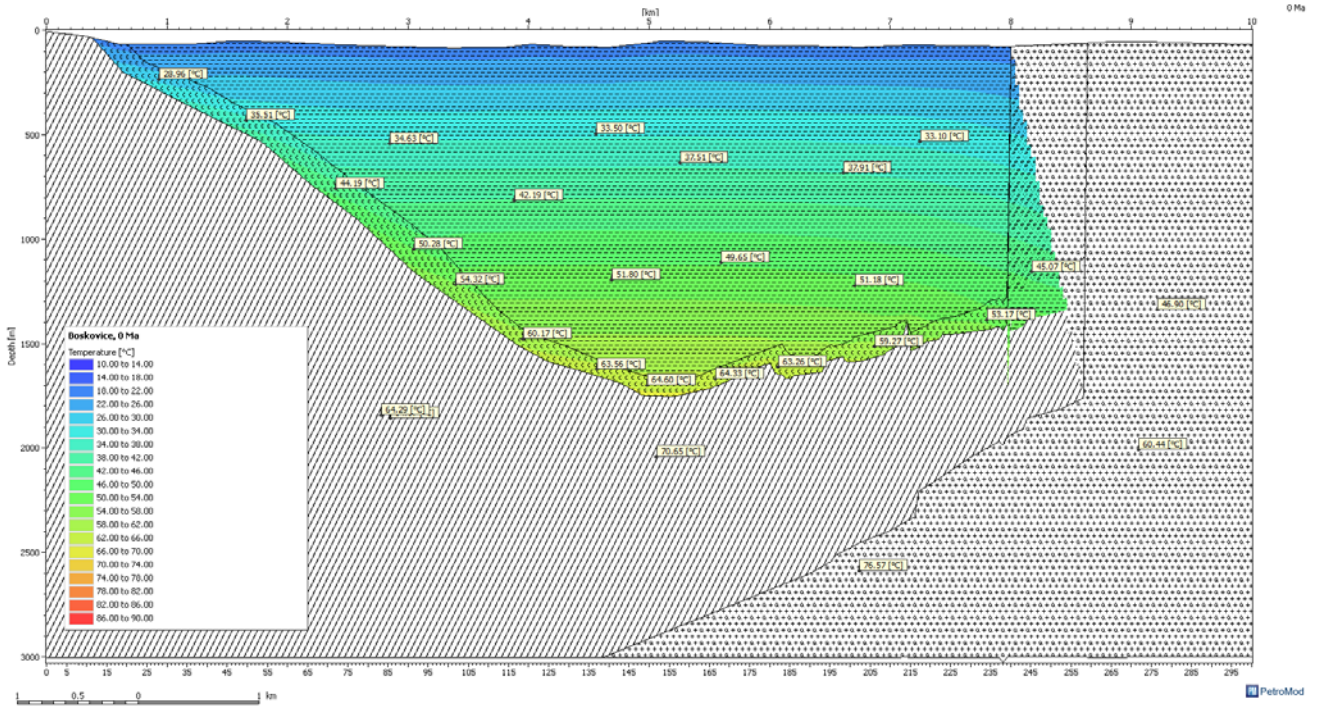




Obr 12: Permeabilita



Obr 13: Teplotní gradient



Obr 14: Současná teplota