

INŽENÝRSKOGEOLOGICKÉ PODMÍNKY VÝSTAVBY ČTYŘ AKTUÁLNĚ NAVRŽENÝCH VARIANT NOVÉHO PROPOJENÍ ŽELEZNIČNÍCH STANIC PRAHA-DEJVICE A PRAHA-VELESLAVÍN

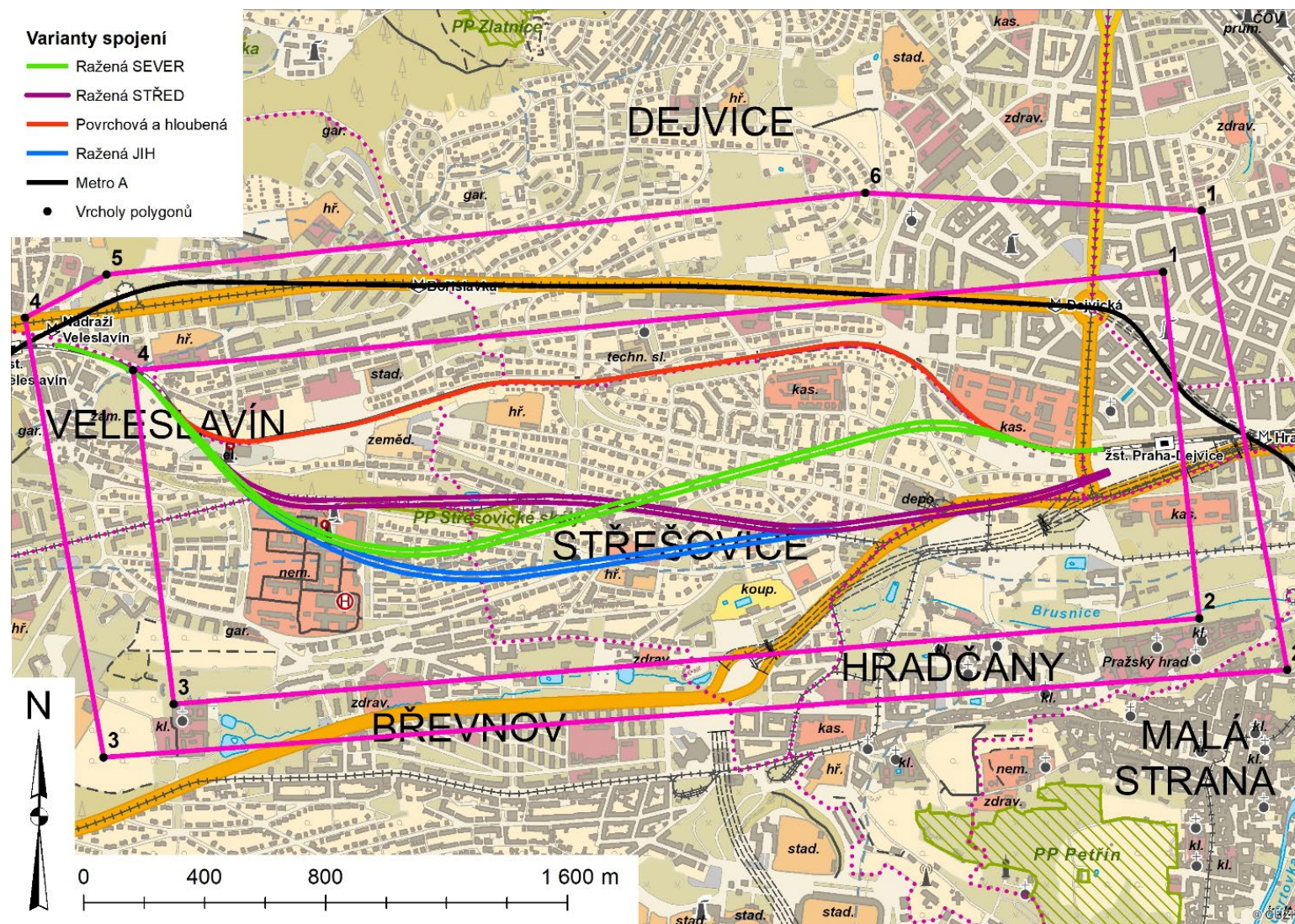
Milan Aue, Petr Kycl, Jan Franěk

e-mail: milan.aue@geology.cz, petr.kycl@geology.cz, jan.franek@geology.cz

Hydrogeologický a inženýrskogeologický kongres 2022

Vymezení území

- **Vnější polygon (4,0 × 1,7 km; 6,3 km²)** vymezen za účelem sběru geologických dat pro tvorbu 3D modelu
- **vnitřní polygon (3,4 × 1,1 km; 3,9 km²)** představuje oblast tvorby 3D modelu samotného.



Cíle výzkumu

- **Definovat** IG a HG aspekty plynoucí z ražby/hloubení tunelů, doprovodných staveb (větrací šachty) a z umístění portálů tunelů ve vztahu k danému geologickému prostředí (3D model)
- **Posoudit** specifické parametry v oblasti HG (možnost propojení křídových a paleozoických horizontů podzemních vod vlivem ražby tunelů (zejména při průchodu tektonickou poruchou) a vlivem ražby větrací šachty
- **Identifikovat** místa s nižší vypovídací schopností stávajících geologických dat s doporučením, jak snížit nejistoty v těchto oblastech dalšími průzkumnými pracemi.

Metodika výzkumu

Analýza dosavadní geologické prozkoumanosti

- Archivní průzkumy využité pro sestavení modelu
- Revize archivních průzkumů
- Reinterpretace archivních dat
- Posouzení střetů zájmů

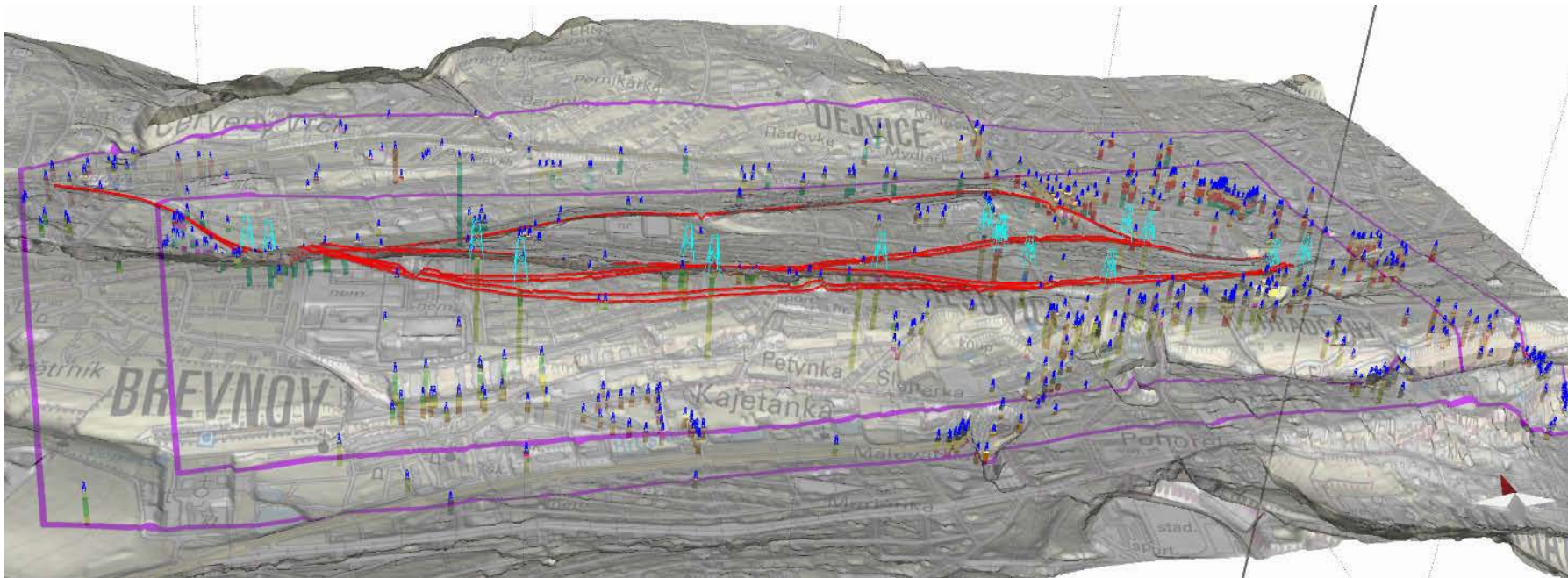
Tvorba koncepčního 3D geologického modelu

- Vstupní data a jejich příprava
- Stanovení pravidel modelování
- Konstrukce 3D strukturně-geologického modelu
- Posouzení nejistot modelu

Metodika výzkumu

Analýza dosavadní geologické prozkoumanosti

- Archiv ČGS (Geofond) eviduje 125 závěrečných zpráv geologických prací, postupně prostudováno přibližně 90 zpráv.
- Celkem 1 459 geologicky dokumentovaných objektů (GDO), drtivá většina jsou vrty a kopané sondy.
- Dalších několik stovek objektů, avšak mnohdy bez odkazu na závěrečné zprávy, je k dispozici v archivu organizace PÚDIS, a.s.
- Zásadní poznatky o geologických poměrech zájmové oblasti přinesly zejména průvodní zprávy k „pražským pětkám“
- Provedena selekce 554 GDO. Podmínky pro výběr: zejména hloubka (pro zdokumentování co největšího počtu geologických rozhraní) a dokumentace různých strukturních prvků (tektonika, vrstevnatost atp.).



Metodika výzkumu

Tvorba koncepčního 3D geologického modelu

- Před zahájením reinterpretace archivních geologických dat bylo nejdříve nutné vytvořit zjednodušenou legendu geologických poměrů
- Reinterpretované GDO se zapisovaly do zdrojové tabulky pro interpolaci 3D modelu, která čítá téměř 2 600 řádků.
- Zaznamenávají všechny podstatné informace o zastiženém geologickém prostředí (mocnost vrstev, hloubka odběru a typ vzorku (zemina/voda), index kvality hornin (RQD), úklon vrstev v jádře, tektonické poruchy a naražená/ustálená hladina podzemní vody či zvětrání břidlic atd).

Zkr.	Horizont	Barva	Zkr.	Horizont	Barva
Qa	Antropogenní uloženy		Kp	Jílovce peruckých vrstev	
Qs	Svahové deformace		Ov	Jílovce vinického souvrství	
Qfh	Holocenní sedimenty		OltJ	Jílovce letenského souvrství	
Qe	Eolické sedimenty		OltW	Písčité břidlice letenského souvrství	
Qt	Terasové sedimenty		Olt	Břidlice letenského souvrství nerozl.	
Qd	Deluviální sedimenty		Oln	Břidlice libeňského souvrství	
Qn	Přírodní nerozlišený		OlnR	Křemence libeňského souvrství	
Wc,b,a	Horizonty zvětrání břidlic		Od	Břidlice dobrotivského souvrství	
Kb	Opuky bělohorského souvrství		OdS	Křemence dobrotivského souvrství	
Kk	Pískovce korycanských vrstev		Os	Jílovce šareckého souvrství	

PROJEKTOVÝ ÚSTAV DOPRAVNÍCH A INŽENÝRSKÝCH STAVEB PRAHA 2, ŠKOLSKÁ 88, 618 01 PRAHA 2, PRŮZKUM

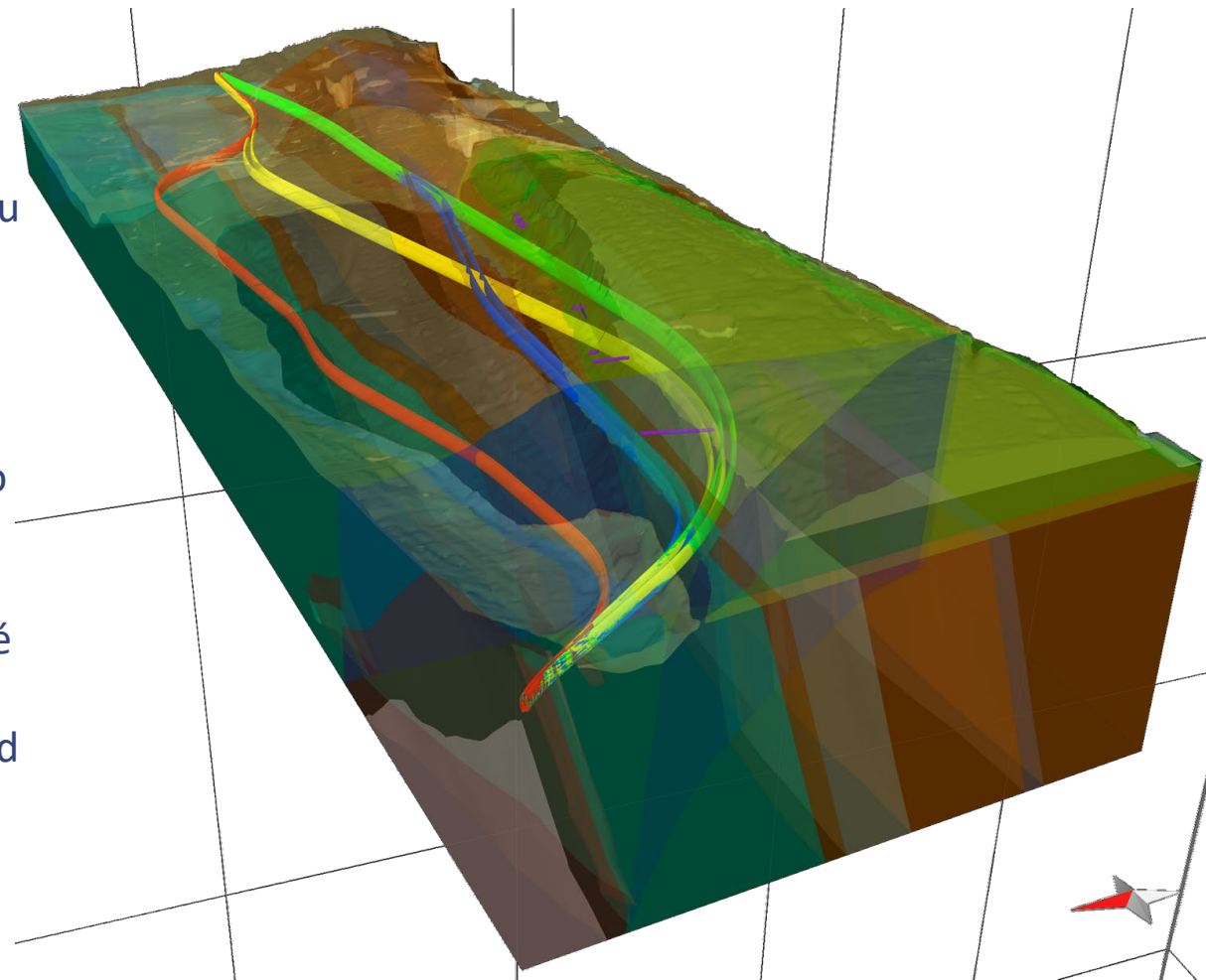
Číslo 3-0156-8200-8	Alce Dejvice-Nám. Křínové revoluce	Seřad. č. V 3	Průzk. č. 498
Popis Jančařiková	Podnik PUBIS	Roč. 1967	Mapa P 7-0/50
Souřadnice y = 744.377 m	x = 1041.216 m	z = 217,21 m	

Qa	50	tmavě hnědá hlína se šterky křemene a úlomky cihel-navážka
	300	světle hnědá, jemně písčité sprašová hlína s vápnitými žilkami, tuhá až pevná
	480	ditto s úlomky opuky o ϕ 1 - 3 cm
Qe	540	světle hnědá odvápněná sprašová hlína, pevná až tuhá
	580	žlutohnědá narezavělá jemně písčité, slabě jílovitá hlína, pevná až tuhá
Qd	620	šedo hnědá písčité hlína s hojnými šterky křemene a buližníku o ϕ 5-7 cm
	680	světle hnědý, ulehly šterkopísek o ϕ valounů 2-5-9, 60 % šterku, hrubě zrnitý písek
	790	světle hnědý, silně ulehly šterkopísek s ϕ valounů 2-5-8-12, 60 % šterků, křemen, křemenec, buližník
	850	světle hnědý, silně ulehly šterkopísek o ϕ val. 2-4-7-11 cm, 60 % šterků, středně zrnitý písek
	1000	šterkopísek - velké množství šterků - převážně křemenec, s výplní hrubě zrnitého písku
	1200	hnědé ulehle šterkopísky o ϕ valounů 2-4-8-10, 70 % šterků, hrubozrnitý písek
	1260	poloha světle hnědých křemencových a buližníkových kamenů přes celý vrt
	1300	světle hnědý, silně ulehly šterkopísek s ϕ val. 2-4-6-8 cm, 60 % šterků, hrubozrnitý písek
	1470	hnědé, ulehle šterkopísky s ϕ val. 2-5-9-17 cm hrubozrnitý písek, 70 % šterků
	1600	světle hnědé silně ulehle šterkopísky o ϕ valounů 2-6-8-10 cm, 60 % šterků, hrubozrnitý písek
	1750	hnědé, ulehle šterkopísky o ϕ valounů 2-5-10 cm, 70 % šterků, hrubý písek
	1860	světle hnědé, silně ulehle šterkopísky o ϕ val. 2-4-7-10 cm, 70 % šterků, hrubý písek
Qt	1900	tmavě hnědé, silně ulehle šterkopísky o ϕ val. 2-6-8 cm, 50 % šterků, hrubý písek
Od	1930	šedočerná, jemně slávnatá hlinitostřípkovitá až úlomkovitě zvětrlá břidlice
	1960	šedočerná, jemně slávnatá, úlomk. zvětr. břidlice
	2060	šedočerná, jemně slávnatá, úlomk. zvětr. břidlice s většími pevnými úlomky

Metodika výzkumu

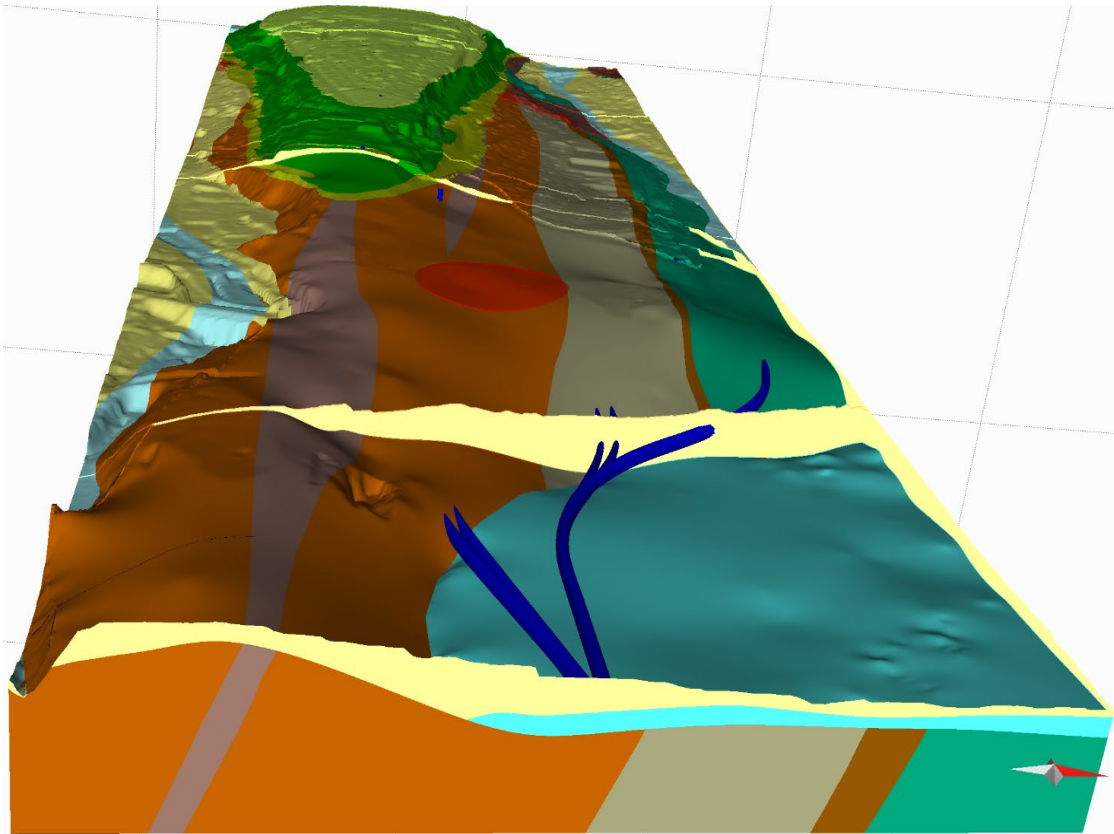
Tvorba koncepčního 3D geologického modelu - nejistoty

- Způsobeny nepřesnostmi v datech, nedostatkem údajů a použitou metodikou modelování.
- Nepřesnosti v datech se vztahují k různým měřítkům zpracování, chybám projekce a digitalizačním chybám geologických map.
- Nepřesnosti hranic modelových jednotek se také vztahují k nepřesnosti zlomové sítě. Použitá zlomová síť byla vytvořena jako kompilace všech dostupných tektonických interpretací a map různých měřítek.
- Zdrojové mapy a řezy vytvořeny různými geology, kteří měli různé odborné názory na geologickou genezi daného území.
- Nelze např. vyloučit, že hranice paleozoických hornin skrytých pod křídovými sedimenty mají průběh částečně odlišný od modelu nebo že tyto horniny vykazují vyšší litologickou variabilitu.
- Rovněž nelze vyloučit, že se v blízkém okolí nenacházejí další menší čočkovitá synsedimentární tělesa, která mohla při svých malých rozměrech zcela uniknout geologickému mapování i vrtnému průzkumu

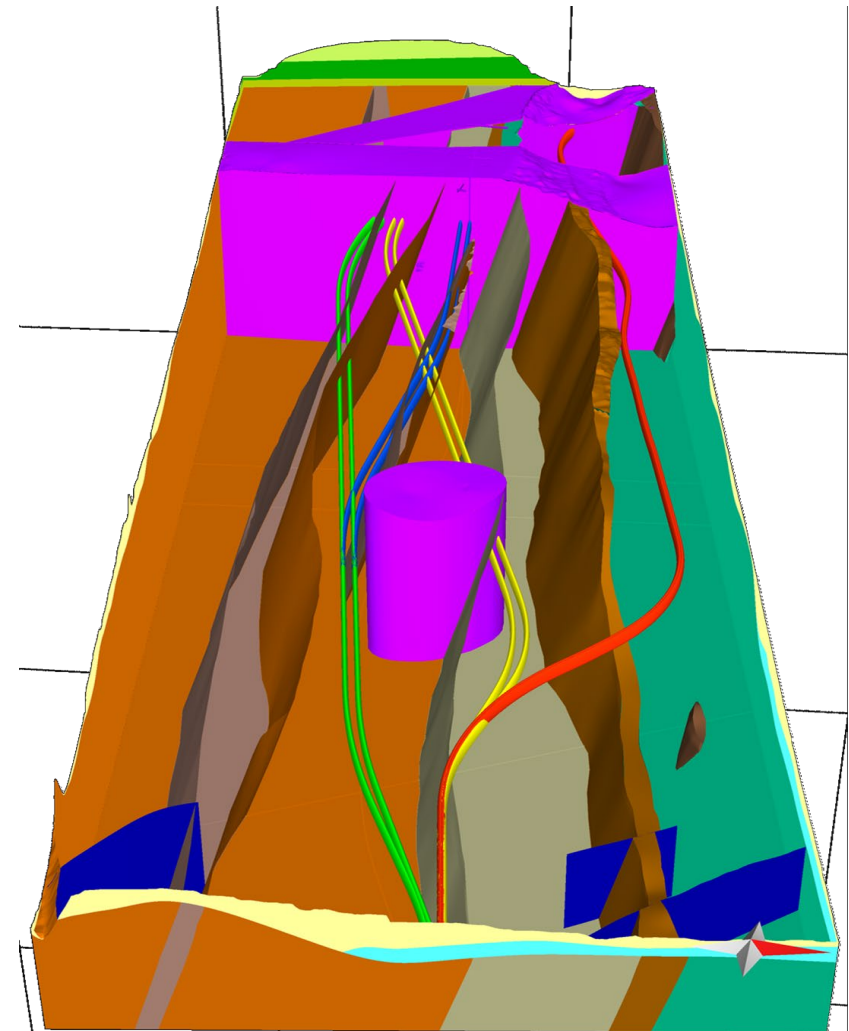


Celkový pohled na zprůhledněný geologický model se zakreslením průběhu jednotlivých variant nového železničního propojení mezi stanicemi Praha-Dejvice a Praha-Veleslavín. Pohled směrem od severozápadu.

Výsledný 3D model



Východní část tunelů před vstupem do ordovických hornin prochází kvartérními sedimenty, které jsou pro lepší přehlednost odstraněny (2,5× převýšeno).



Model bez kvartérních sedimentů a křídového platformního pokryvu ukazuje průběh jednotlivých variant tras tunelů vůči ordovickým horninám. Zcela vpravo (na severu) je varianta HLOUBENÁ, uprostřed probíhá varianta SEVER a zcela vlevo (na jihu) varianta JIH. Varianta STŘED kopíruje variantu jižní a na západě se od ní odděluje k severu. Názorně zde lze vidět variabilitu geologického prostředí ve vztahu k jednotlivým trasám. Fialově jsou znázorněny zóny, kde lze předpokládat složité geologické poměry. Pohled od východu.

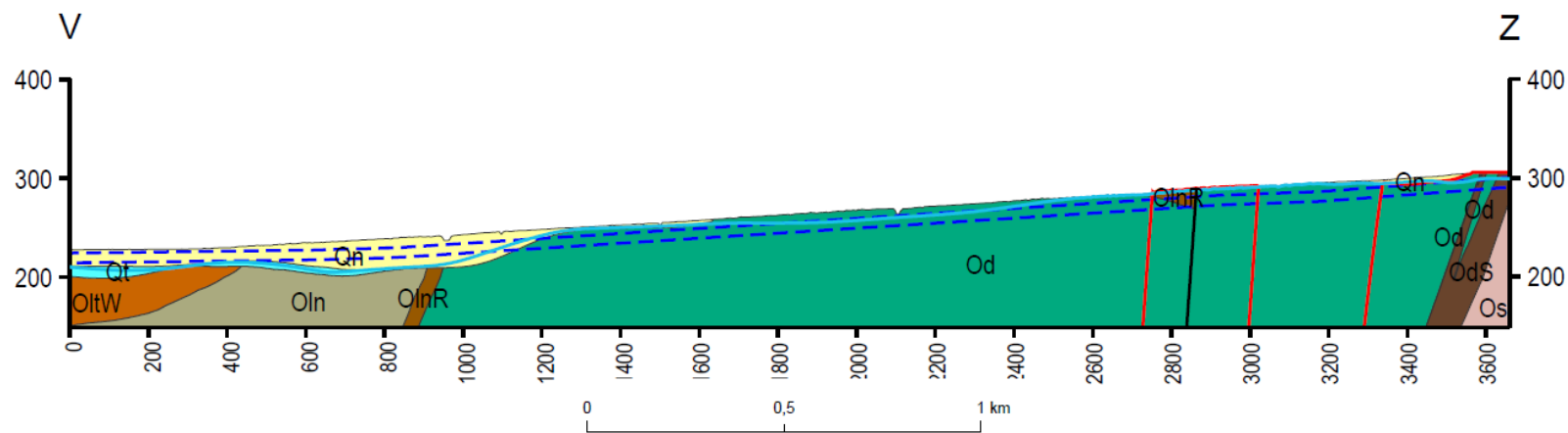
IG podmínky výstavby

- Různá geologická rizika jsou způsobena nežádoucími jevy, jejichž příčina tkví ve spolupůsobení horninového prostředí se stavební konstrukcí během její výstavby a provozu.
- Informace týkající se inženýrskogeologických rizik výstavby se odvíjejí od vlastností a charakteristik základních složek geologického prostředí.
- V případě zájmového území jsou těmito složkami myšleny zejména **horniny a horninové prostředí**, reprezentované jednotlivými geotypy a **hydrogeologické, resp. hydrologické poměry**.

Porovnání jednotlivých variant tras

Varianta HLOUBENÁ

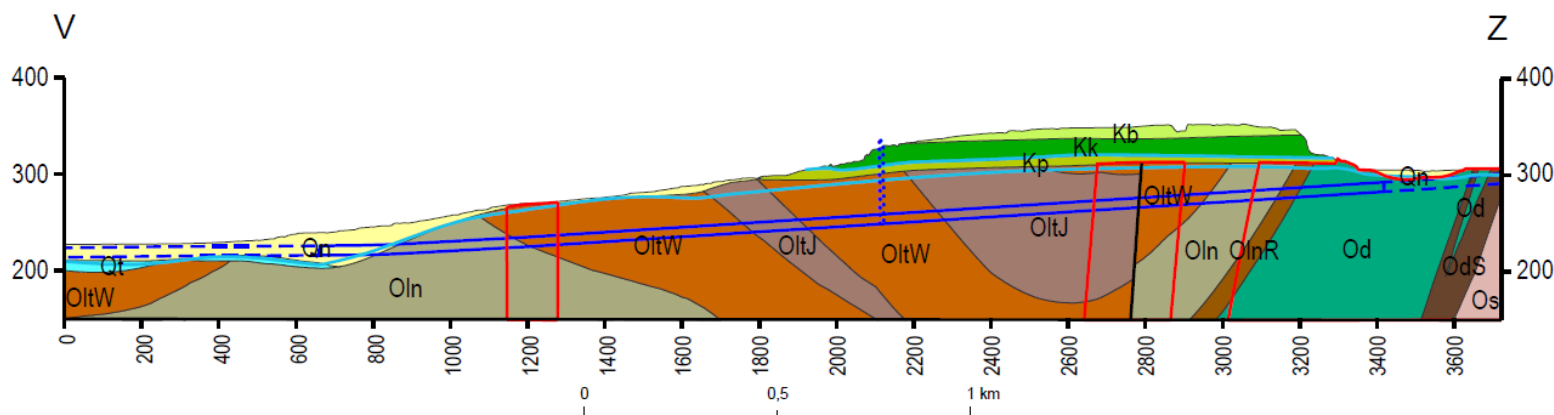
- Průběh převážně v kvartérních nezpevněných sedimentech (obtížnější zabezpečení stěn výkopů a okolních staveb a naopak snadná těžitelnost a rozpojitelnost).
- Převážná část trasy probíhá souběžně s rozhraním břidlic dobrotivského souvrství a řevnických křemenců libeňského souvrství (obtížná těžitelnost křemenců a tedy zvýšení nákladů)
- Dále lze očekávat větší přítoky vody do stavebních jam z mělkých zvodní.
- Stavba může vytvořit trvalou bariéru v horninovém prostředí a zabránit tak přirozenému proudění podzemní vody.
- Při trvalém snížení hladiny podzemní vody čerpáním může dojít např. k vyschnutí studní.
- Naopak trvalé zvýšení hladiny podzemní vody v důsledku zamezení proudění může mít nepříznivý vliv na místní základové poměry.



Porovnání jednotlivých variant tras

Varianta SEVER

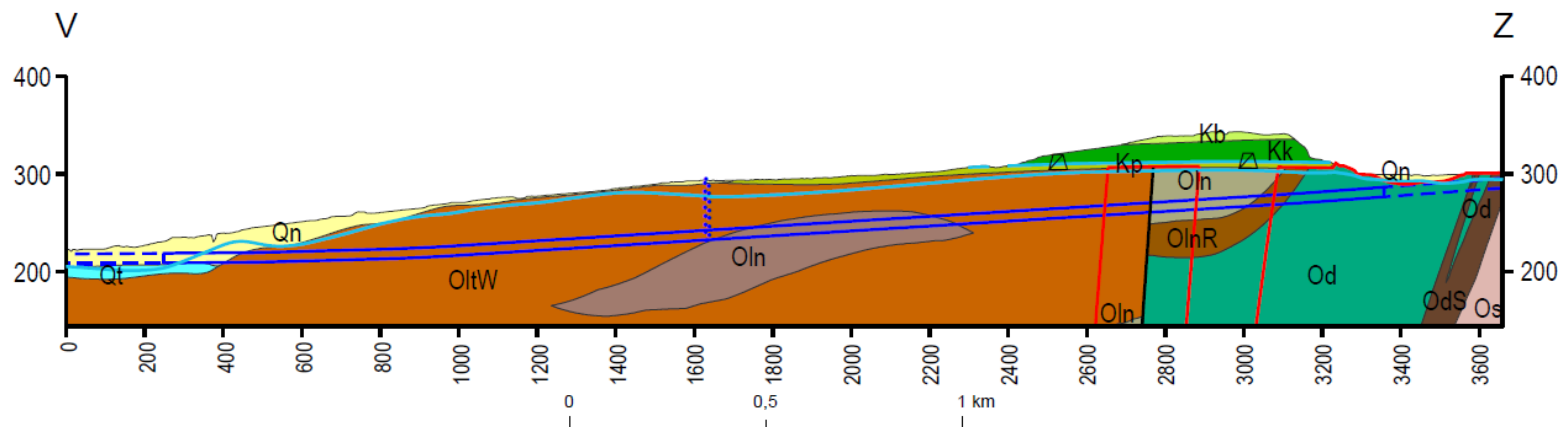
- Z tunelových variant probíhá tato trasa nejdelší částí v kvartérních nezpevněných sedimentech, což přináší zvýšené nároky na výstavbu a častější změny v technologickém postupu.
- Vzhledem k trasování k severu, poté k jihu a opět k severu několikrát přechází přes rozhraní litostratigrafických jednotek (geotypů) libeňského, letenského, dobrotivského a šáreckého souvrství, na kterých lze očekávat drcené zóny, prokluzy a zvodnění – jedná se o celkem 9 rozhraní, která mohou ovlivňovat technologii ražby pomocí TBM. To vše umocňuje fakt, že přes většinu těchto rozhraní prochází trasa ve velmi ostrých úhlech až skoro paralelně s nimi.
- Tato varianta, podobně jako všechny ostatní varianty, přes významnou tektonickou poruchu severojižního směru s dextrálním posunem, která má odhadovaný dosah ovlivnění horninového masivu až 200 m.



Porovnání jednotlivých variant tras

Varianta STŘED

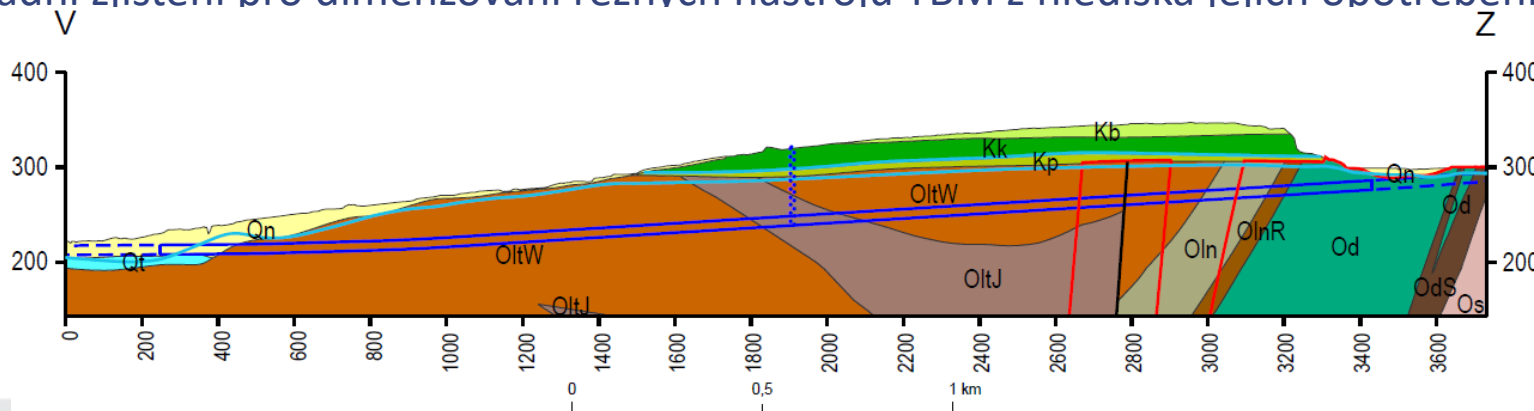
- Spolu s variantou JIH nejmenší podíl v kvartérních, většinou nesoudržných sedimentech.
- Z velké části, až po tektonickou linii, probíhá v relativně homogenním celku letenského souvrství, jež je historicky z IG pohledu poměrně dobře charakterizované souvrství. Až po tektonickou poruchu má tak podobné inženýrskogeologické poměry jako varianta JIH.
- Za tektonickou poruchou severojižního směru pak trasa zřejmě probíhá paralelně s rozhraním křemenců a břidlic libeňského souvrství, kdy je vysoce pravděpodobné, že jedna tunelová roura bude procházet právě křemenci a druhá břidlicemi nebo část profilu jedné roury bude dokonce probíhat v rozhraní křemence/břidlice, což by ovlivňovalo ražbu.
- Toto zjištění tak znevýhodňuje variantu STŘED oproti variantě JIH, která se do takových problematických zón s největší pravděpodobností nedostane. V těchto místech za tektonickou poruchou má 3D model nejvyšší míru nejistot.



Porovnání jednotlivých variant tras

Varianta JIH

- Z velké části, a to i za tektonickou linií severojižního směru, probíhá v relativně homogenním celku letenského souvrství.
- Ve vztahu ke křemencovým polohám a mezivrstevním prokluzům probíhá trasa téměř kolmo, resp. pod největším úhlem ze všech variant, což je příznivější, než postup rovnoběžně s mezivrstevními plochami či ve velmi ostrém úhlu
- Ze všech variant má tak varianta JIH nejprůzračnější geologické poměry a v rizikové analýze pozitivně ovlivňuje především parametry.
- Odlišná od varianty STŘED je tato varianta především v průchodu horninovým prostředím za tektonickou poruchou severojižního směru. Po této až 200 m mocné poruchové zóně totiž pokračuje trasa i nadále v břidlicích letenského souvrství, na rozdíl od složitého přechodu na rozhraní břidlic a křemenců ve variantě STŘED.
- Celkem tak prochází v letenském souvrství ca 2 560 m, což představuje téměř 69 % celé trasy v jednom geotypu. To je zcela zásadní zjištění pro dimenzování řezných nástrojů TBM z hlediska jejich opotřebení.



Závěr

- Masiv ordovických hornin je protkán polohami křemenců, které mohou v případě jejich zastižení násobně prodražovat realizaci stavby.
- V případě platformních křídových sedimentů se na základě výsledků geologického mapování ani interpolace reinterpretovaných vrtných dat nepodařilo identifikovat žádný zlom, který by se systematicky projevoval výraznějším horizontálním nebo vertikálním posunem hranic křídových souvrství.
- V případě křídové zvodně, je vhodnější sledovat vlivy výstavby a provozu tunelového díla na vodní bilanci – vydatnosti pramenů odvodňujících křídová souvrství v širším území a výtoky z historických jímacích štol.
- Je teoretický předpoklad, že díky bazálnímu izolátoru peruckých vrstev, by křídová jednotka neměla být výstavbou a provozem tunelového díla ovlivněna. Riziko může hrozit jednak v místech, kde by bazální izolátor byl málo mocný a potenciálně v kontaktu s poruchovou zónou podložní jednotky ordovických břidlic, či v místech hloubení vertikálních děl (větrací šachta).
- Hydrochemický monitoring vod v okolí tunelového komplexu Blanka prokazuje v letenských břidlicích zvýšené hodnoty obsahu síranů ve vodách okolí tunelu až na řády prvních g/l. Vysoký obsah síranů v podzemních vodách v kontaktu s ostěním tunelu generuje degradaci betonového ostění

Děkujeme za pozornost

Posudek dostupný zde:

<https://www.spravazeleznic.cz/documents/50004227/120464501/z%C3%A1v%C4%9Bre%C4%8Dn%C3%A1+zpr%C3%A1va+%C4%8Cesk%C3%A9+geologick%C3%A9+slu%C5%BEby/83efa4a5-31bd-431e-bfdd-58d646fc3b78>



Konceptní 3D geologický model dostupný zde:

<https://geology.maps.arcgis.com/home/webscene/viewer.html?webscene=99cc8742052947c6bef0c087cbe11e65>

