



Česká geologická služba
Czech Geological Survey



Získání dat z hlubokých horizontů dolu Rožná



Zita Bukovská

Martin Vavro, Kamil Souček, Tomáš Chabr, Karel Sosna, Milan Zuna, Ondřej Švagera,
Petr Navrátil, Bohdan Kříbek, Petr Dobeš, Jaromír Leichmann a mnoho dalších

10/2017-2/2020

Cíle projektu

Pochopení vlivu významnější tektonické zóny na porušení horninového masivu pro účely lokalizace a hodnocení bezpečnosti lokality HÚ:

- zhodnocení prostorové distribuce geologických, geotechnických, geochemických a transportních vlastností horninového prostředí,
- v různých hloubkových úrovních dolu Rožná v rozsahu 12. až 24. patra (tj. cca 500-1200 m pod povrchem),
- charakterizace „první zóny“ a stanovení obálky porušení, popis zóny EDZ v prostředí blízkém nedaleké potenciální lokalitě HÚ Kraví hora,
- detailní studium bloku na 20.p.,
- ložisková revalidace ložiska Rožná.

Schéma rozfárání a propojení jam ložiska Rožná

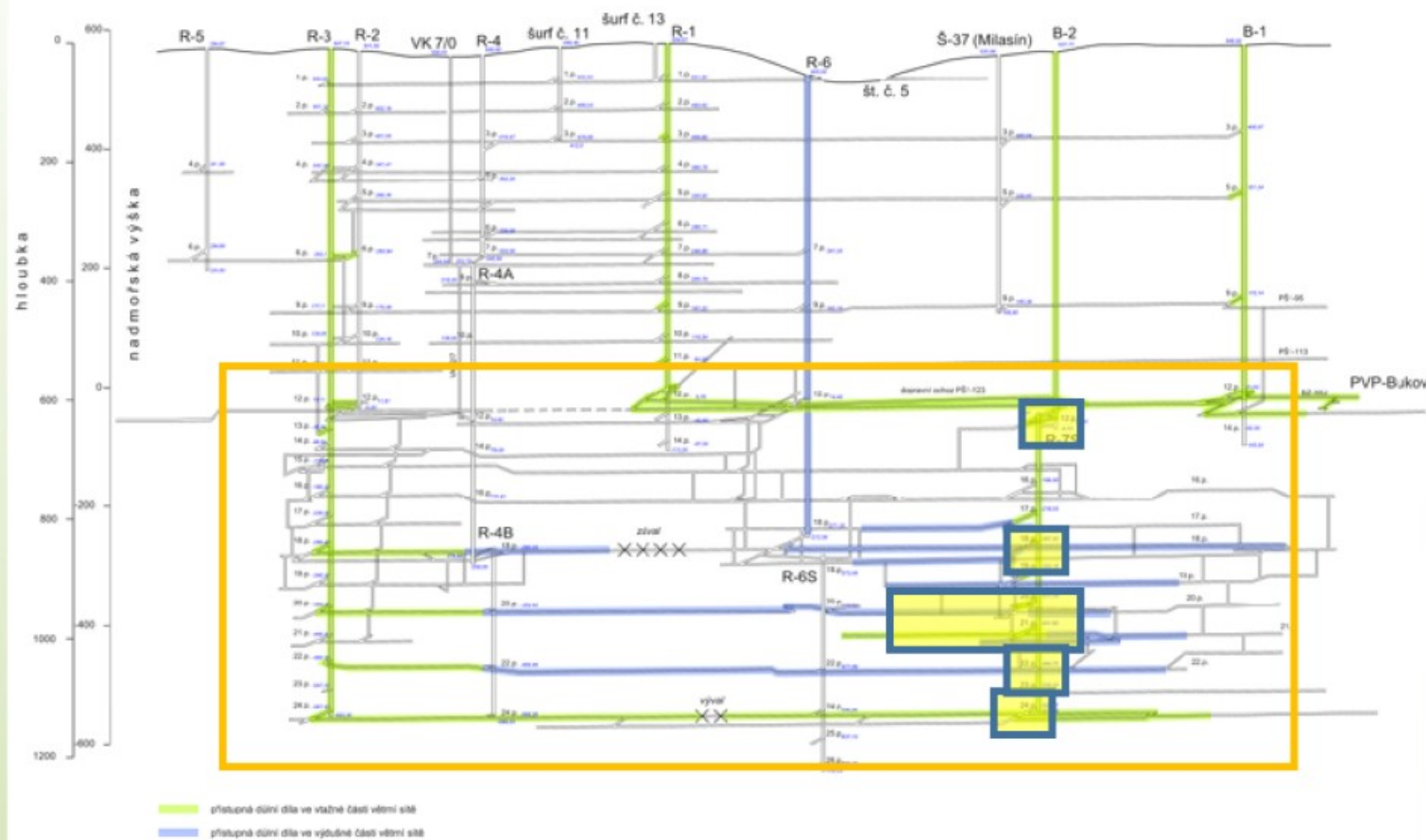
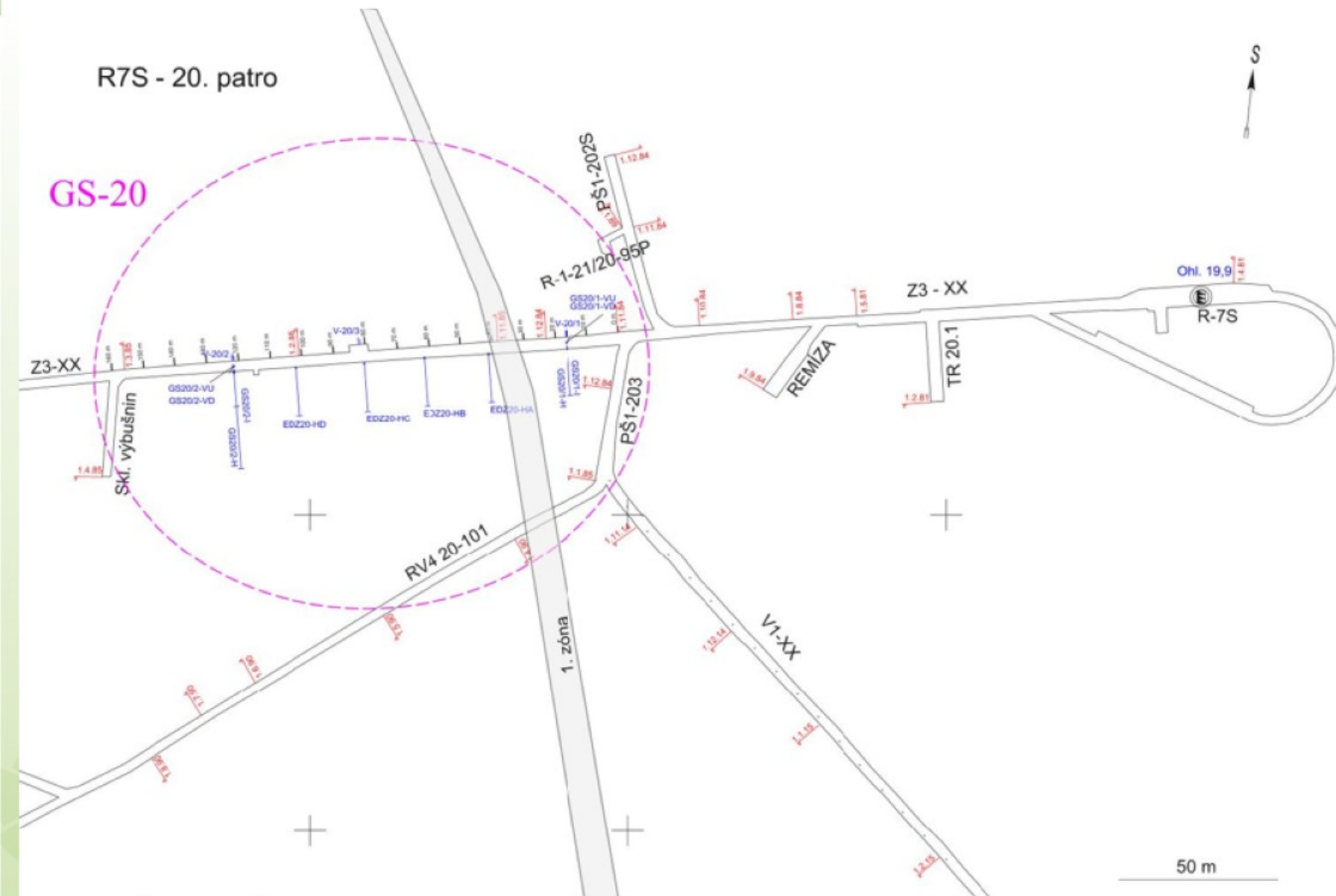
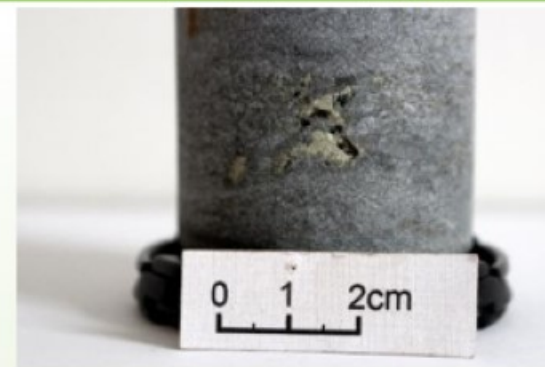
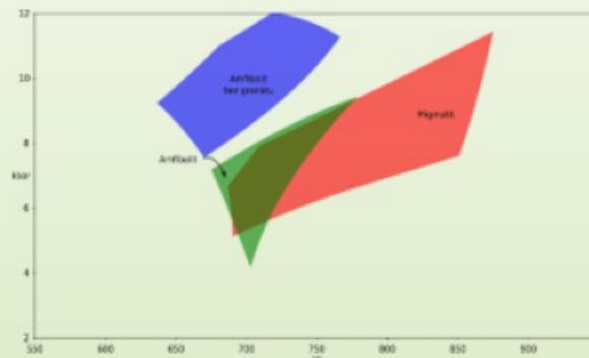
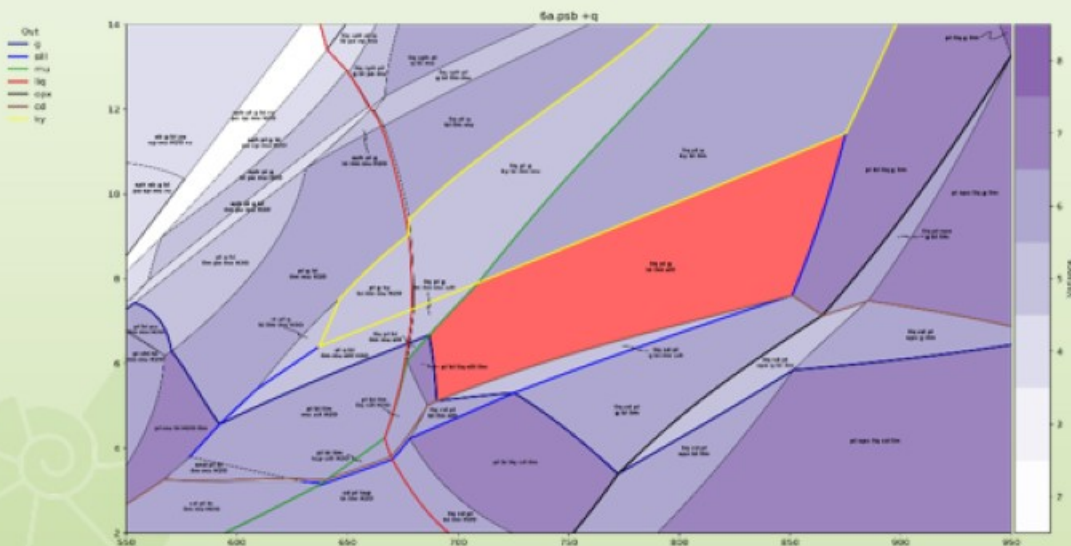


schéma prostor ložiska Rožná



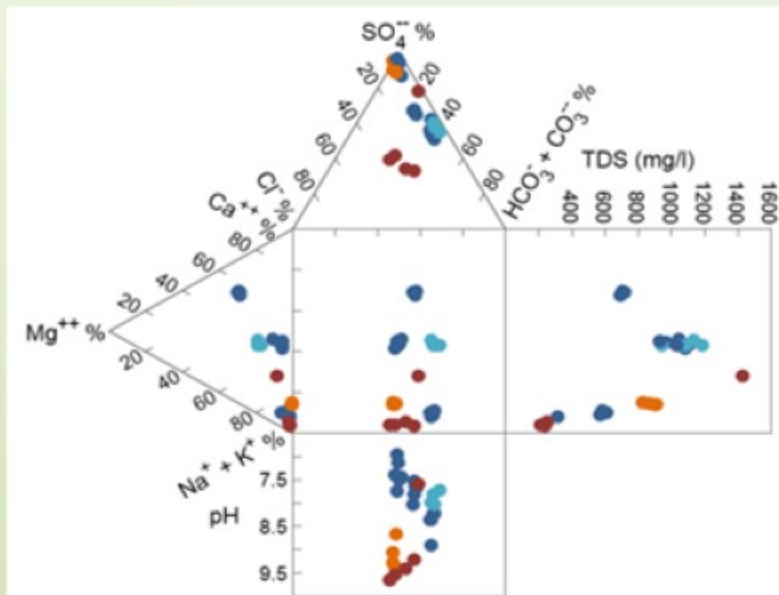
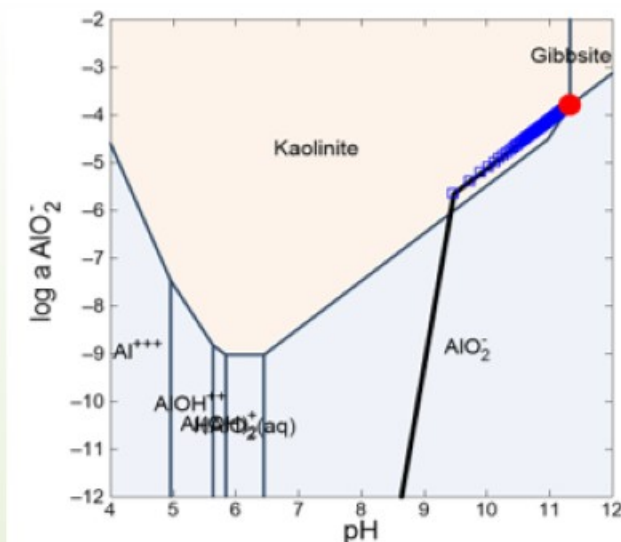
Petrografie a PT podmínky

- Metapelite a metabazity v různém stupni migmatitizace – biotitické pararuly až migmatity, erlany, grafitizované ruly, žilné karbonáty, brekcie, amfibolity, migmatity
- Alterace – kaolinizace živeců, sericitizace, silně kataklazované horniny, chloritizace
- P-T podmínky metamorfózy: 650-850 °C, 6-12 kbar



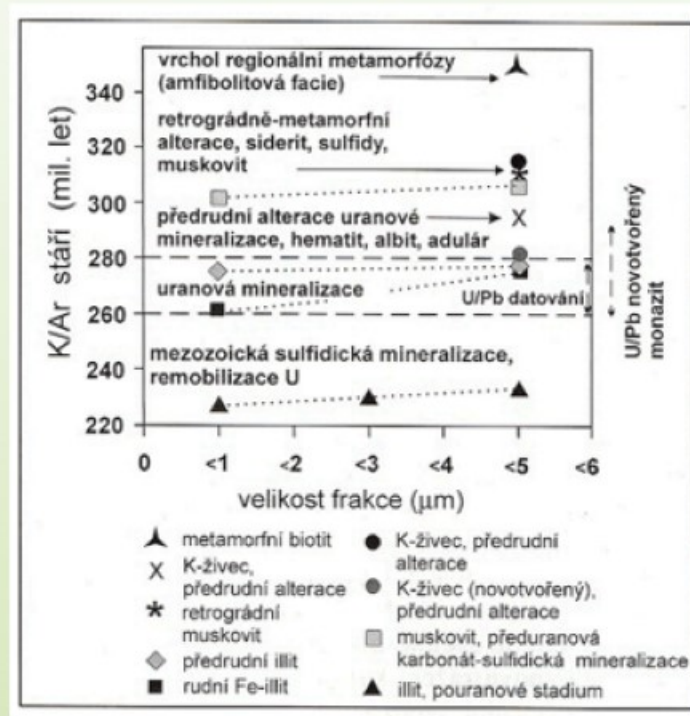
Geochemická charakteristika a stabilita hornin

- Geochemické analýzy;
- geochemické modelování pro ruly a amfibolity – interakce hornin s čistou vodou, vodou v interakci rozpuštěných karbonátů, podzemní vodou;
- v 1 kg vody se rozpustí 8,5 g ruly, 5,5 g amfibolitu;
- velký vliv přítomnosti rozpuštěných karbonátových látek – tlumení změn pH v důsledku rozpouštění silikátových minerálů, až kompletní alterace primárních minerálů (nestabilní horninové prostředí);
- ale velmi pomalé přeměna v anoxických podmínkách – experimenty a terénní měření ukazují na procesy v řádu statisíců až milionů let;
- extrémně koncentrované roztoky v pórech snižují afinitu hornin k rozpouštění a přeměně.



Mineralogie puklinových a zlomových výplní

- Nejstarší mineralizace křemen-živcové a křemenné žíly, T_{homog} 260-360 °C – vznik v závěru metamorfních procesů – vznik 280-260 Ma;
- nejběžnější karbonátové žíly s křemenem, příp. barytem – dolomit až dolomit-ankerit, hydrotermální původ, T_{homog} 40-180 °C – míšené hydrotermální roztoky – vznik 260-200 Ma;
- původ vod: solanky sedimentárních pánví, vody metamorfního původu, vody meteorického původu



Kříbek a Hájek 2005



žíla hrubě krystalického kalcitu z rudního stádia, R-7S, 21. patro, 1. zóna



žíla s více generacemi kalcitu a alterovanou horninou z rudního stádia, R-7S, 21. patro, 1. zóna



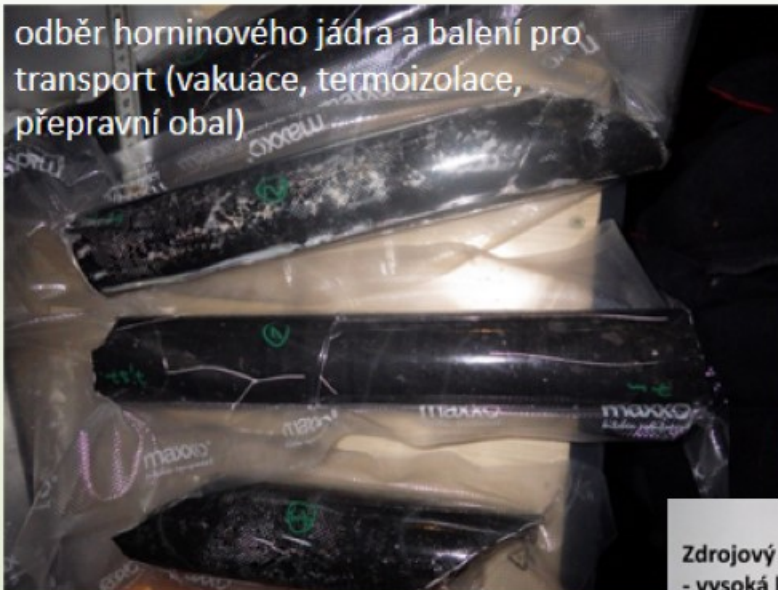


Transportní charakteristiky hornin

Stanovení:

- difuzního koeficientu pomocí difuzních experimentů (^3H , ^{36}Cl , ^{125}I), De (HTO) $\sim 8 \times 10^{-13}$, (^{36}Cl) $\sim 5 \times 10^{-13}$
- sorpční experimenty (statická dávková metoda, ^{137}Cs , ^{85}Sr , Se, UO_2^{2-}),
- studium vlivu EDZ na transportní parametry,
- studium složení pórové vody pomocí elektromigrace v difúzních celách (chlazení podzemní vodou, odběr na místě, vakuace, zachlazení na 4 °C)
- další informace v následující přednášce Milana Zuny

odběr horninového jádra a balení pro transport (vakuace, termoizolace, přepravní obal)

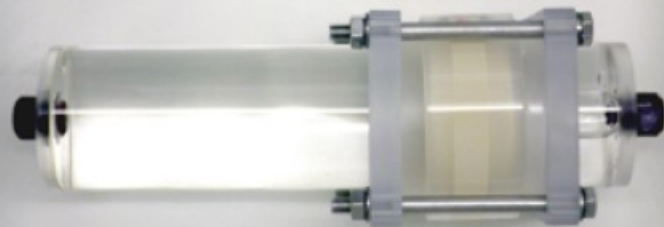


difuzní cely pro studium pórové vody



Zdrojový rezervoár
- vysoká koncentrace stopovače
- větší objem

Vzorek
v těsnění



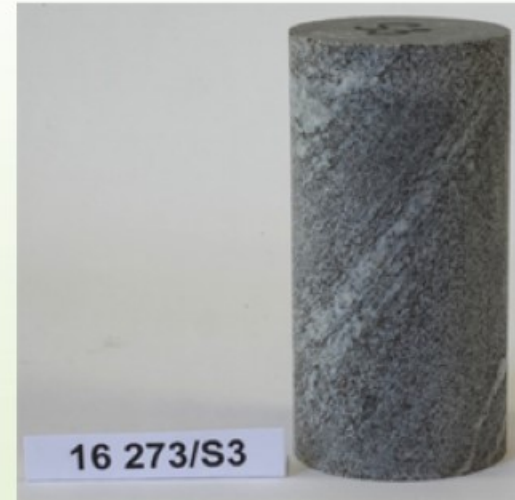
Cílový rezervoár
- nulová konc. stopovače
- menší objem



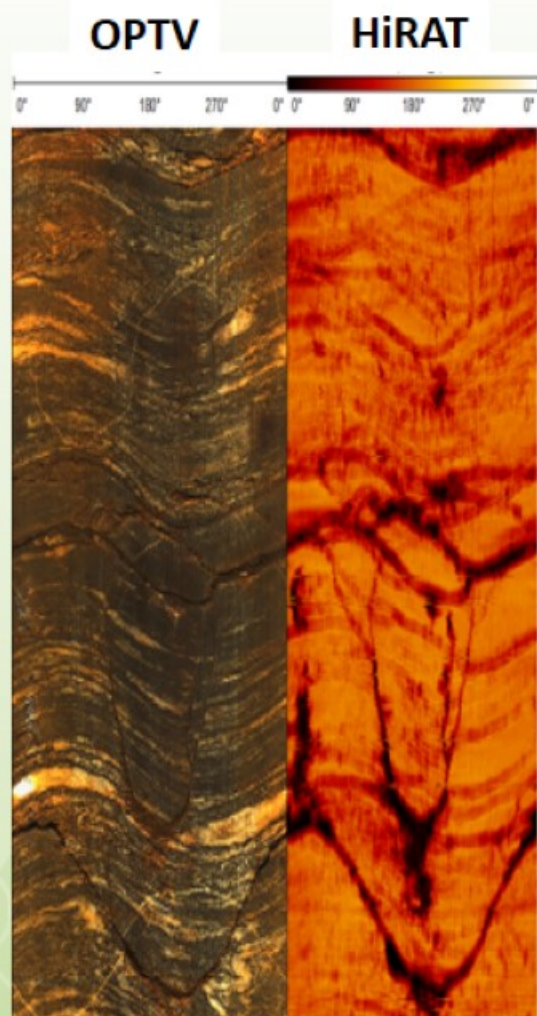
Fyzikálně-mechanické a geotechnické vlastnosti hornin

Geomechanické a geotechnické parametry hornin a horninového masivu:

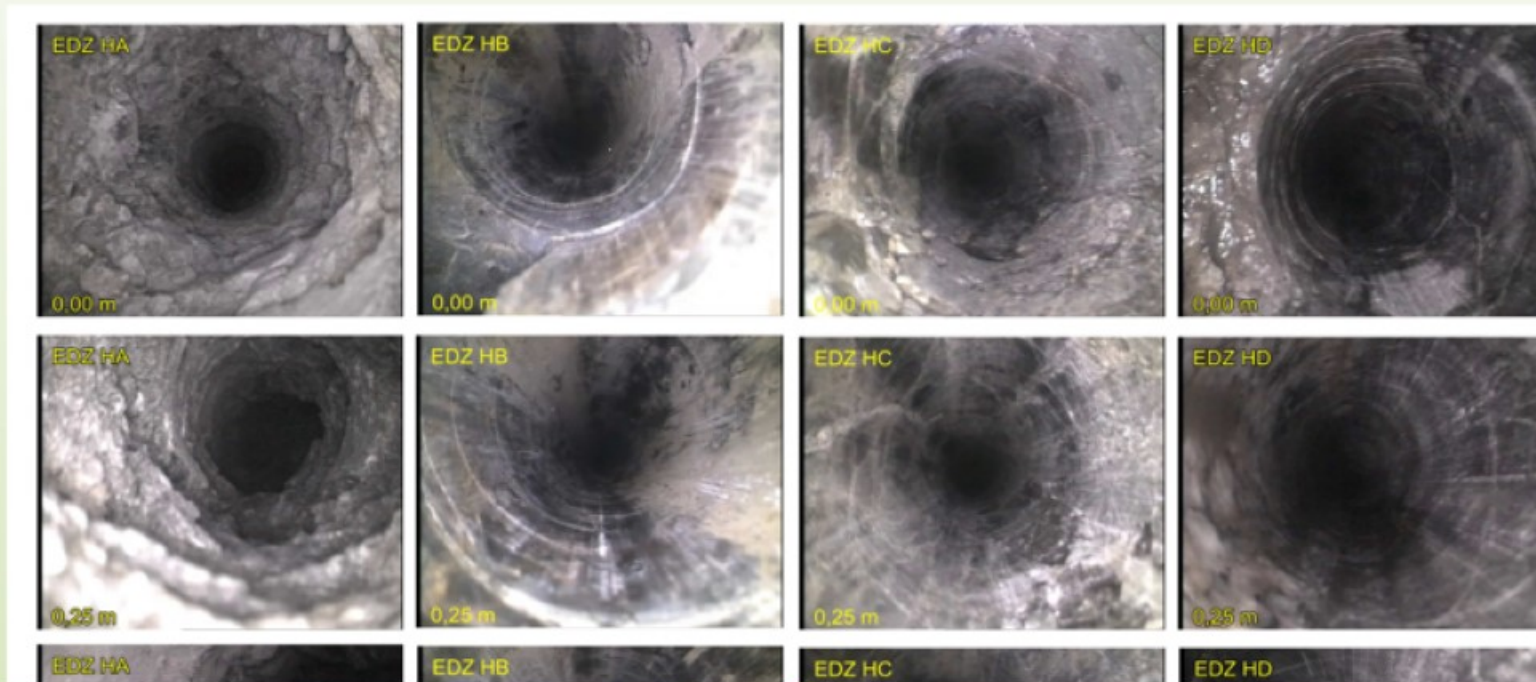
- stanovení kvality vrtného jádra pomocí RQD, strukturní mapování stěn chodeb,
- stanovení porušení horninového masivu pomocí akustické a optické karotážní sondy, videoinspekce vrtů,
- měření napětí horninového masivu,
- laboratorní testy: tepelná vodivost, otevřená pórovitost, hydraulická vodivost, konfokální mikroskopie, měrná a objemová hmotnost, rychlost průchodu podélných ultrazvukových vln, nasákavost, pevnost v prostém tlaku, v příčném tahu, v tlaku za trojosého napětí, plynopropustnost, abrazivnost, přirozená radioaktivita, elektrická vodivost, magnetická susceptibilita



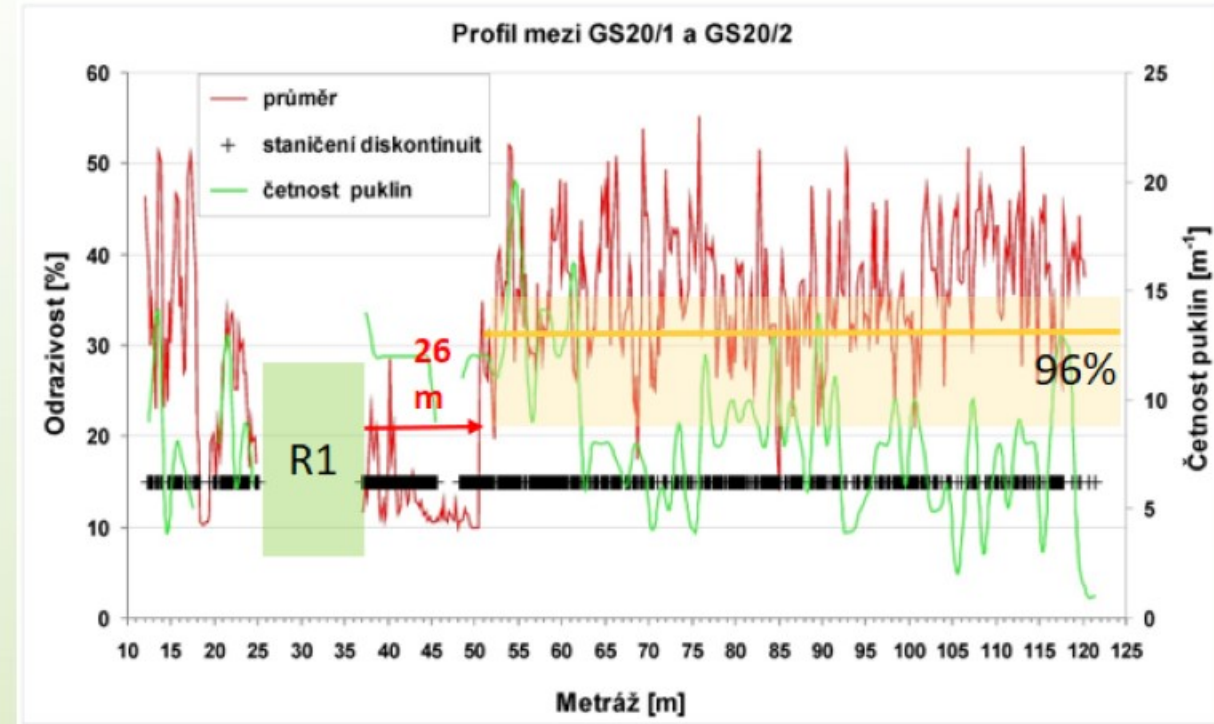
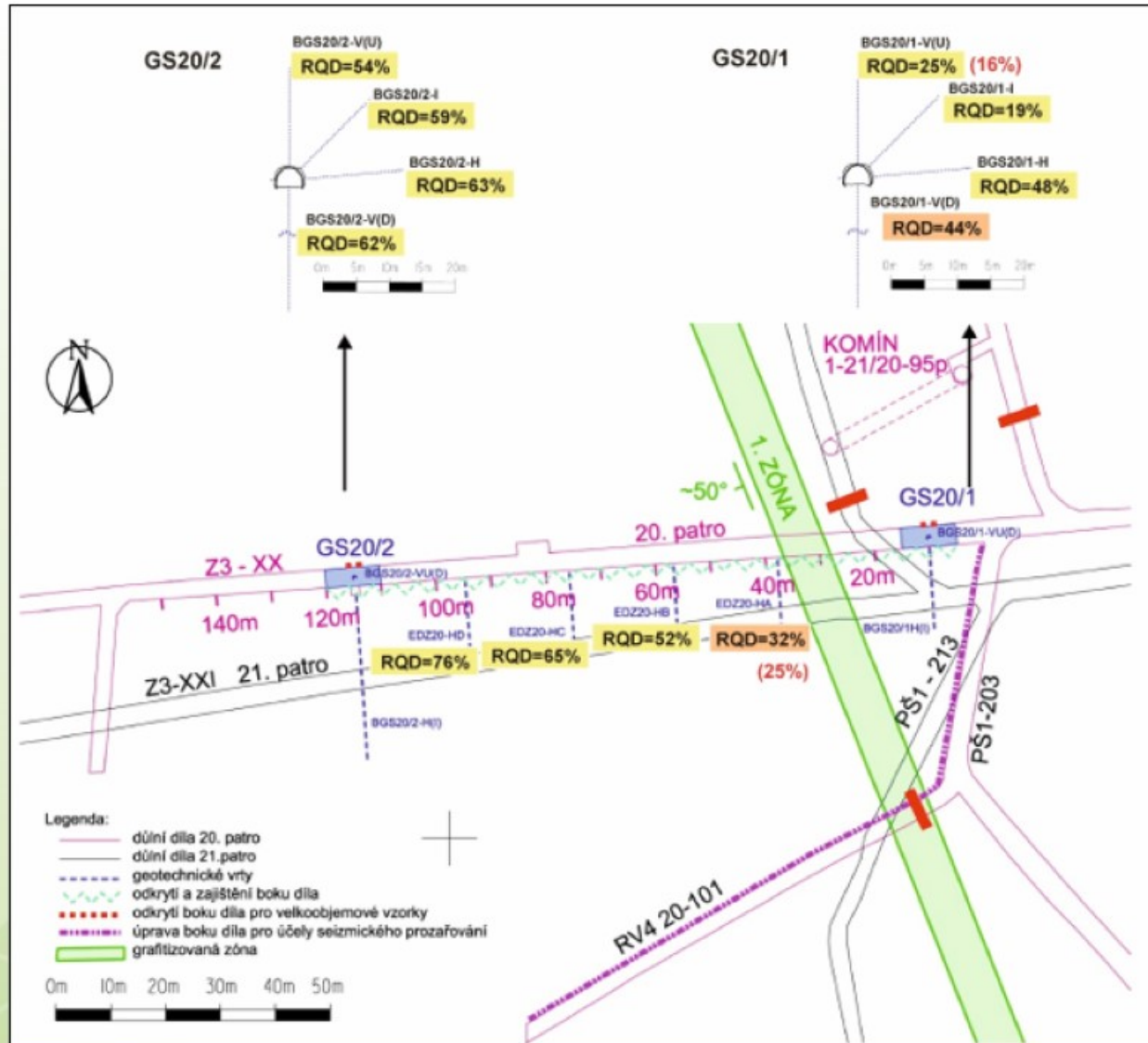
Kvalita horninového masivu v okolí tektonické zóny



- vrty, stěny chodeb



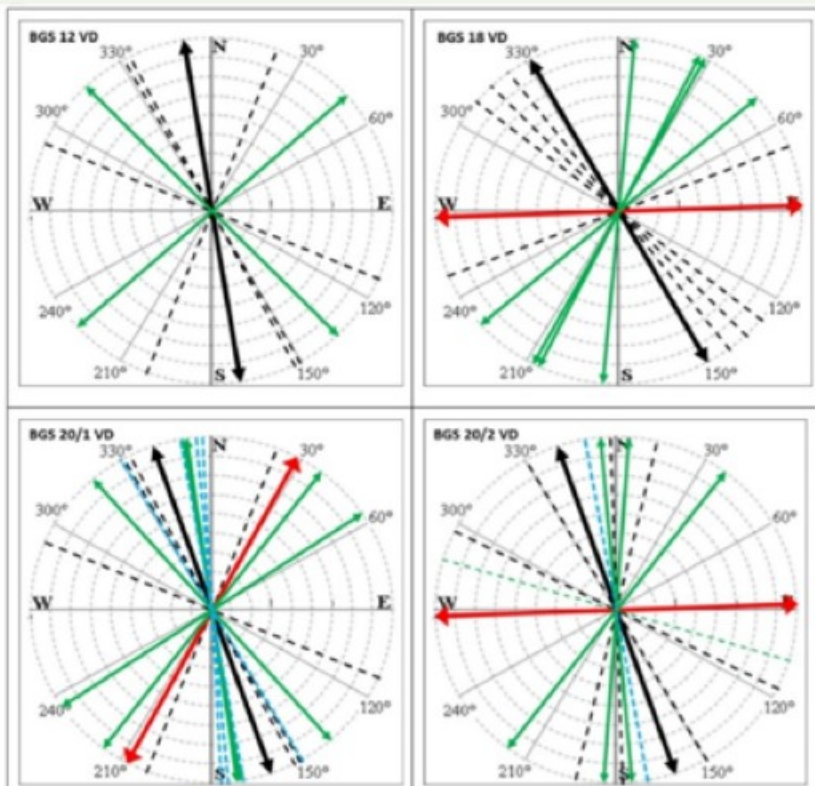
- videoinspekce geotechnických vrtů



- porušení horninového masivu v okolí tektonické zóny a vztah parametru RQD

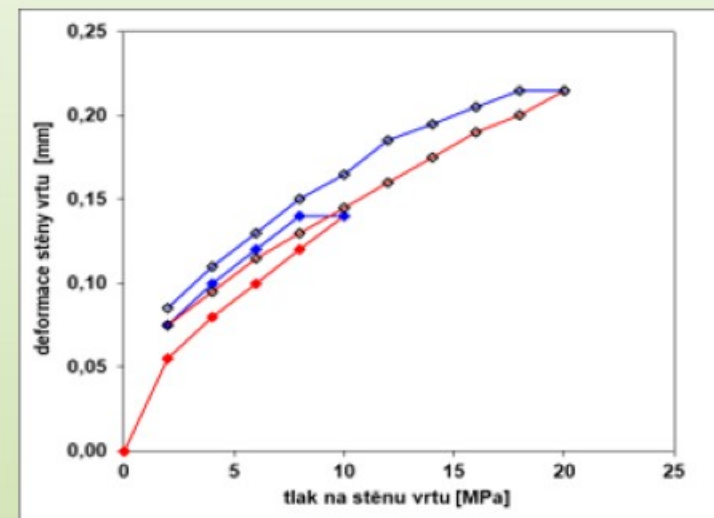
Měření napětí horninového masivu

- na úrovních 20. a 24. patra vychází horizontální napětí s minimální anizotropií
- výsledek s hodnotami $S_H = 24 \text{ MPa}$, $S_h = 19 \text{ MPa}$, orientace větší komponenty hlavního horizontálního napětí S_H 175°



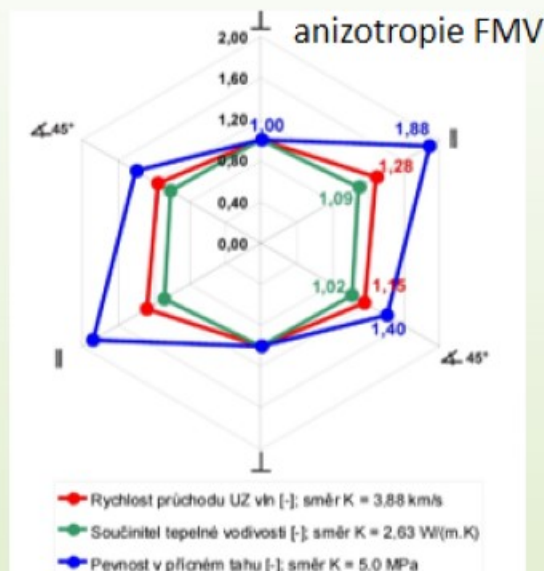
Přetvárné vlastnosti horninového masivu

- nebyla zjištěna korelace měřených hodnot s hloubkou nebo se směrem zatěžování,
- rozdíl hodnot může indikovat poškození stěn vrtu nebo neelastické chování hornin
- zkouška Goodman Jack



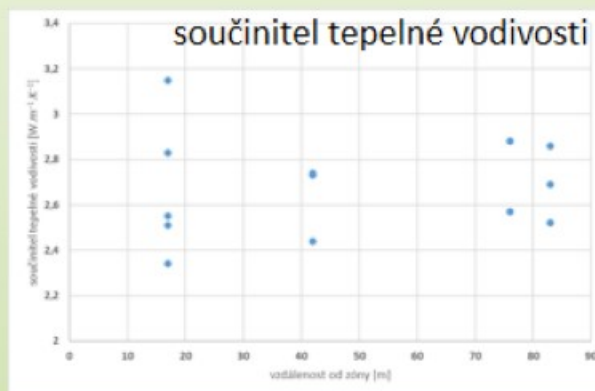
Fyzikálně-mechanické vlastnosti hornin z laboratorních testů

- Charakteristická anizotropie fyz.-mech. vlastností – vzrůstá s rostoucím stupněm migmatitizace;
- vysoká až velmi vysoká pevnost hornin, velmi málo propustné horniny, efektivní pórovitost pod 0,1-0,5 obj. %;
- není patrná závislost studovaných vlastností na hloubce uložení pod zemským povrchem ani na vzdálenosti od tektonické zóny;
- heterogenita vlastností studovaných hornin je výraznější než vliv studované tektonické zóny.



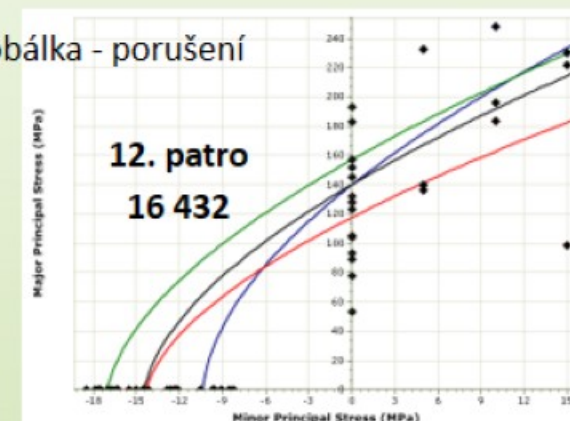
18. patro
16 273

migmatitizovaná
jemnozrná
biotitická pararula



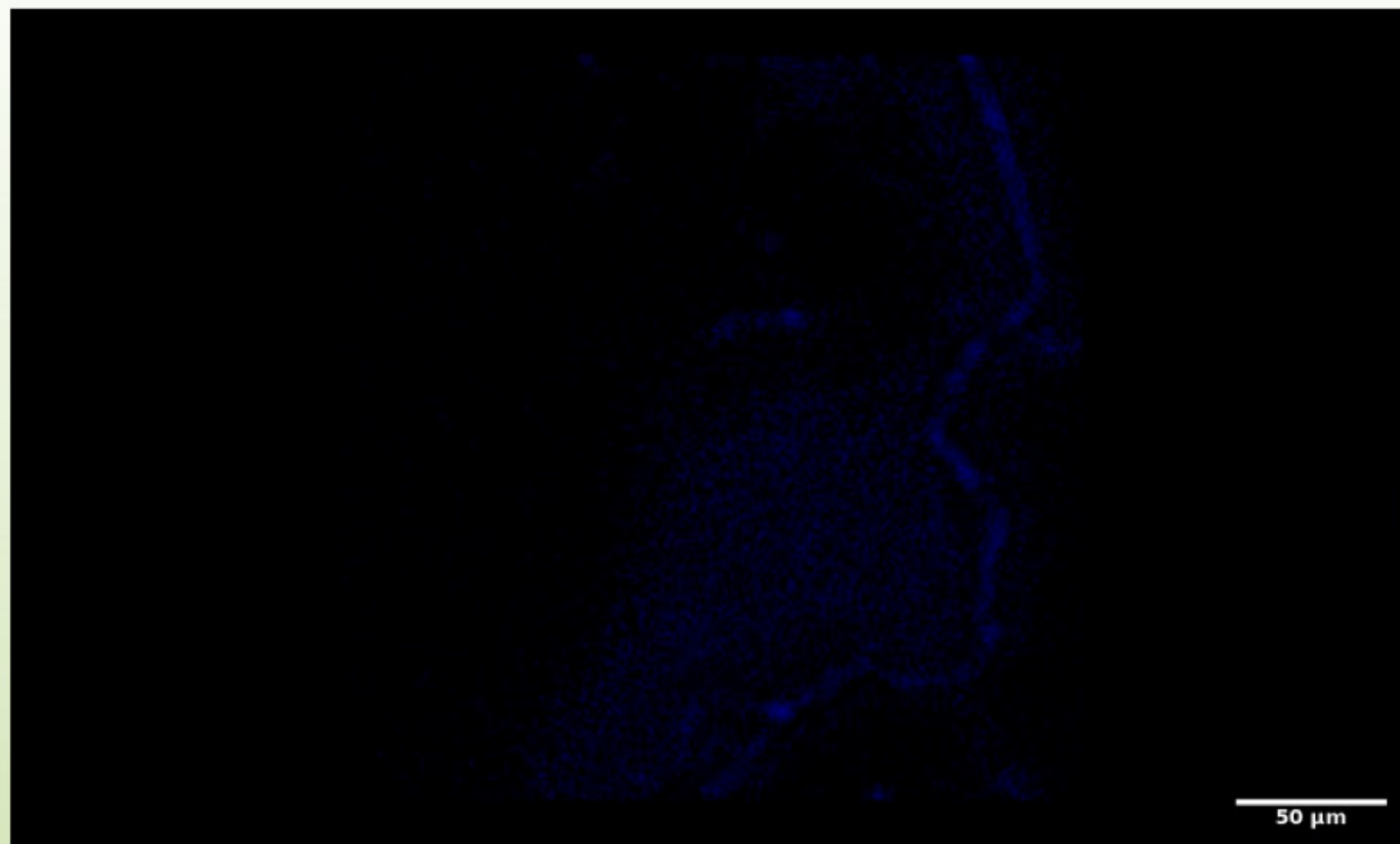
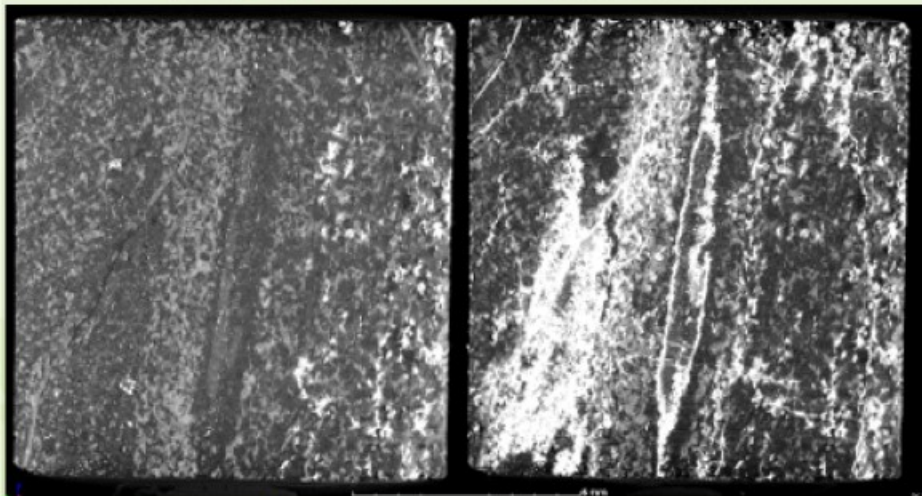
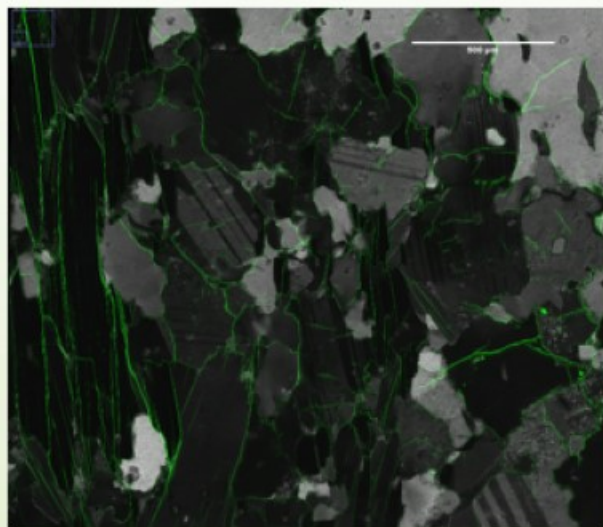
pevnostní obálka - porušení

biotitický
kvarcit až
kvarcitická
rula (s až
20% pyritu)



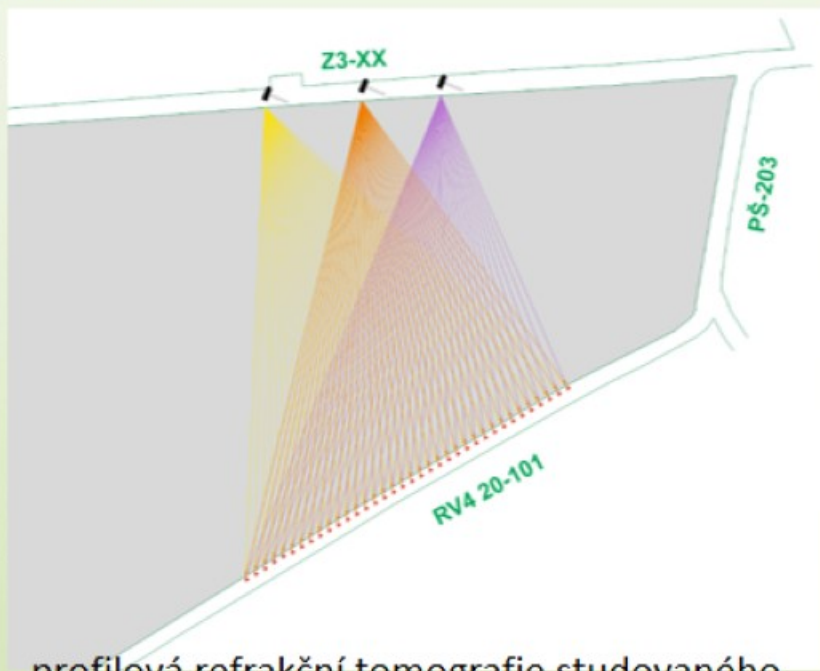
12. patro
16 432

Vizualizace pórového prostoru pomocí konfokální mikroskopie a RTG CT



Charakterizace EDZ

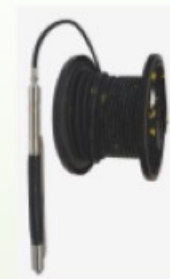
- ovlivnění horninového masivu vyražením zájmových důlních děl, tzv. EDZ, hodnoceno pomocí prací na stěnách chodeb, v geotechnických vrtech a mezi geotechnickými vrty a stěnami důlních děl



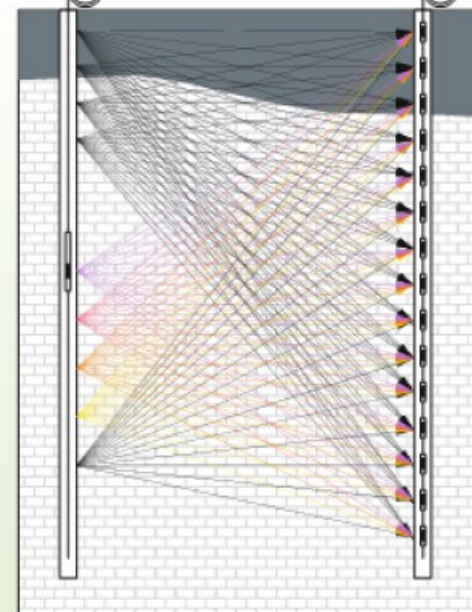
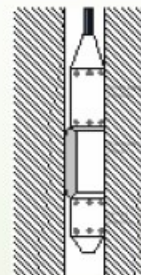
profilová refrakční tomografie studovaného bloku na 20. patře



ZDROJ

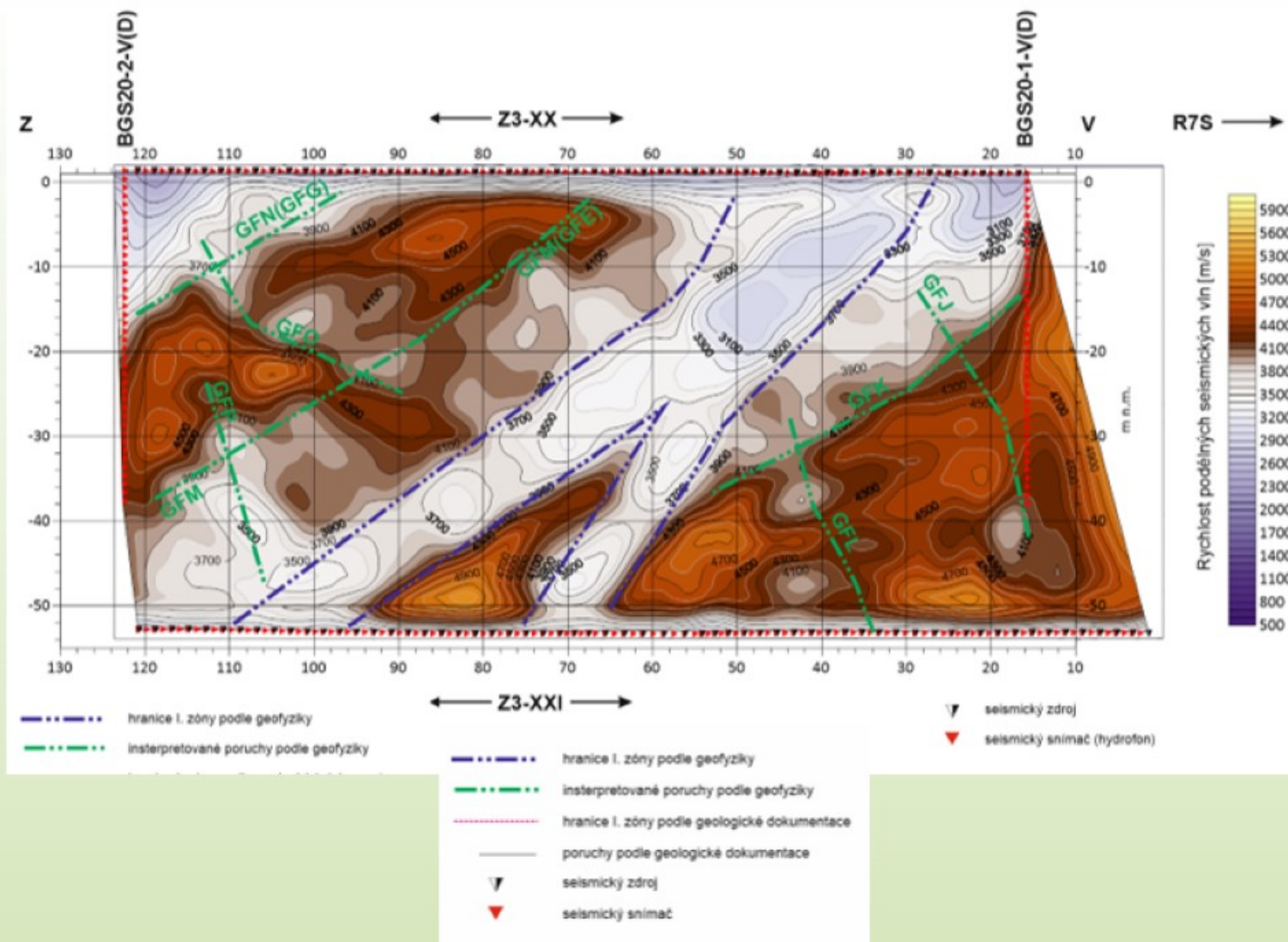
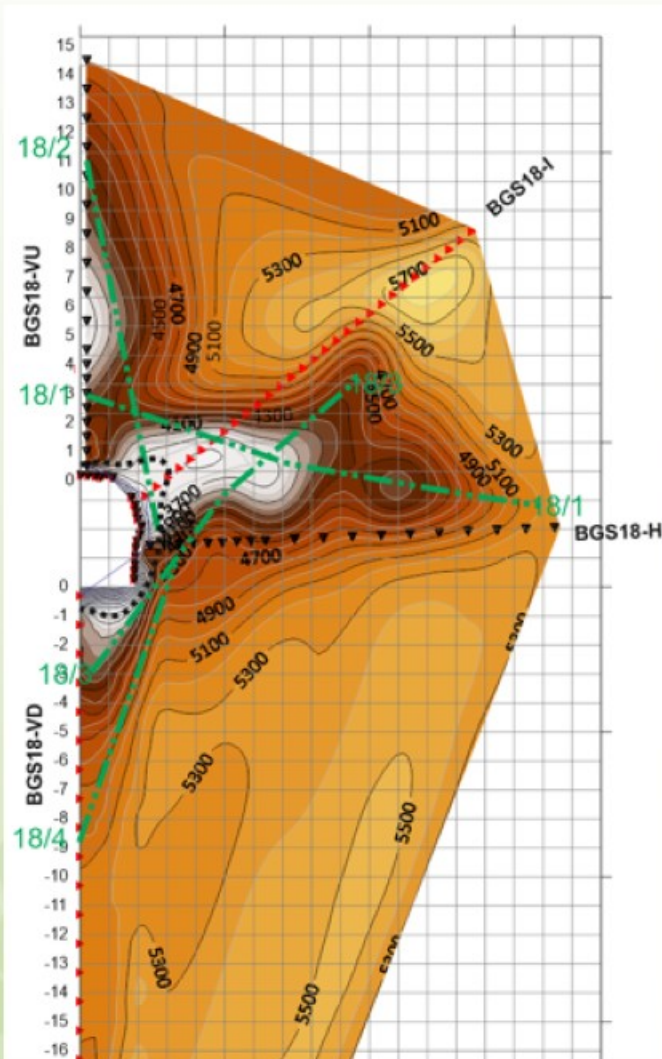


SNÍMAČ



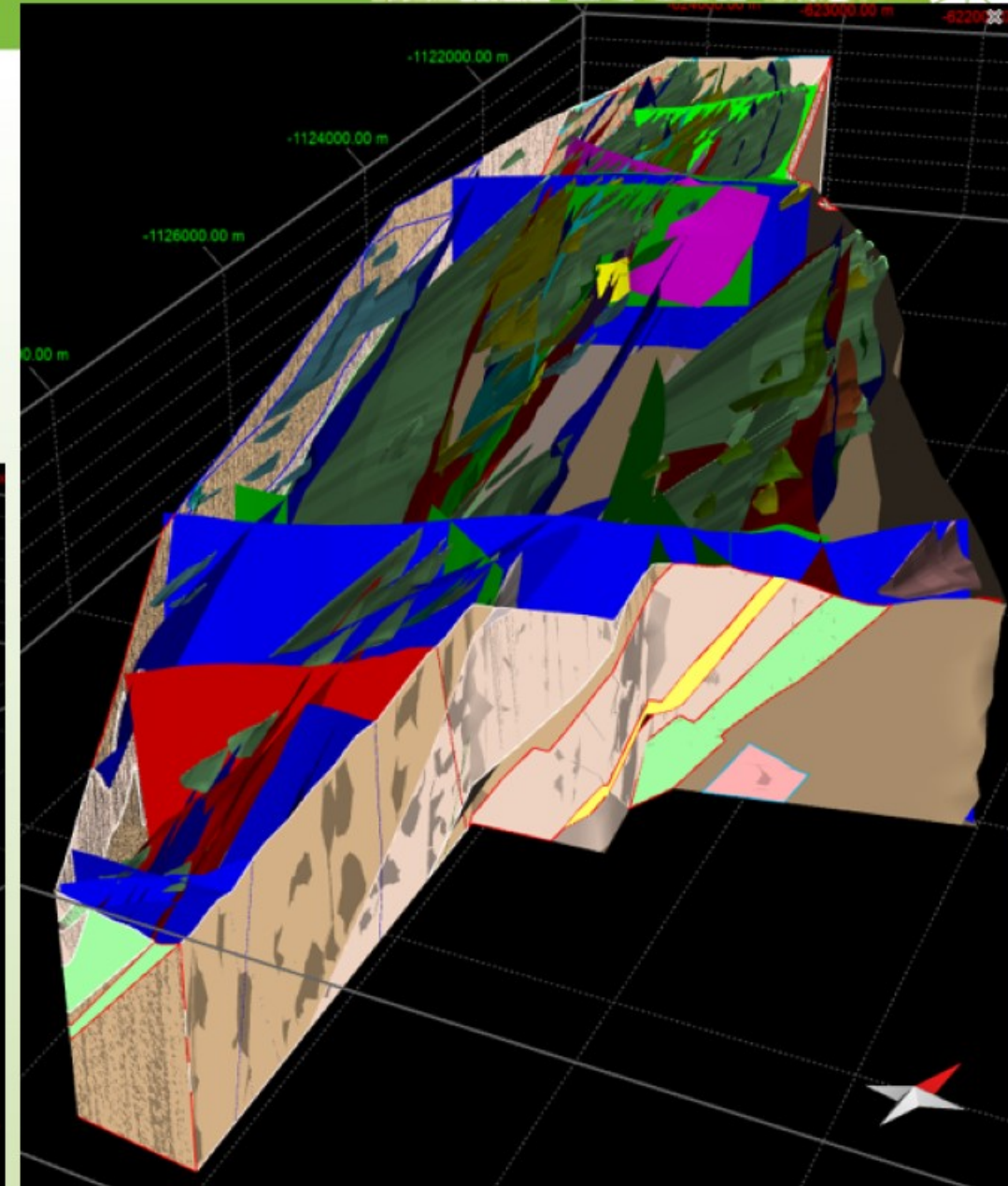
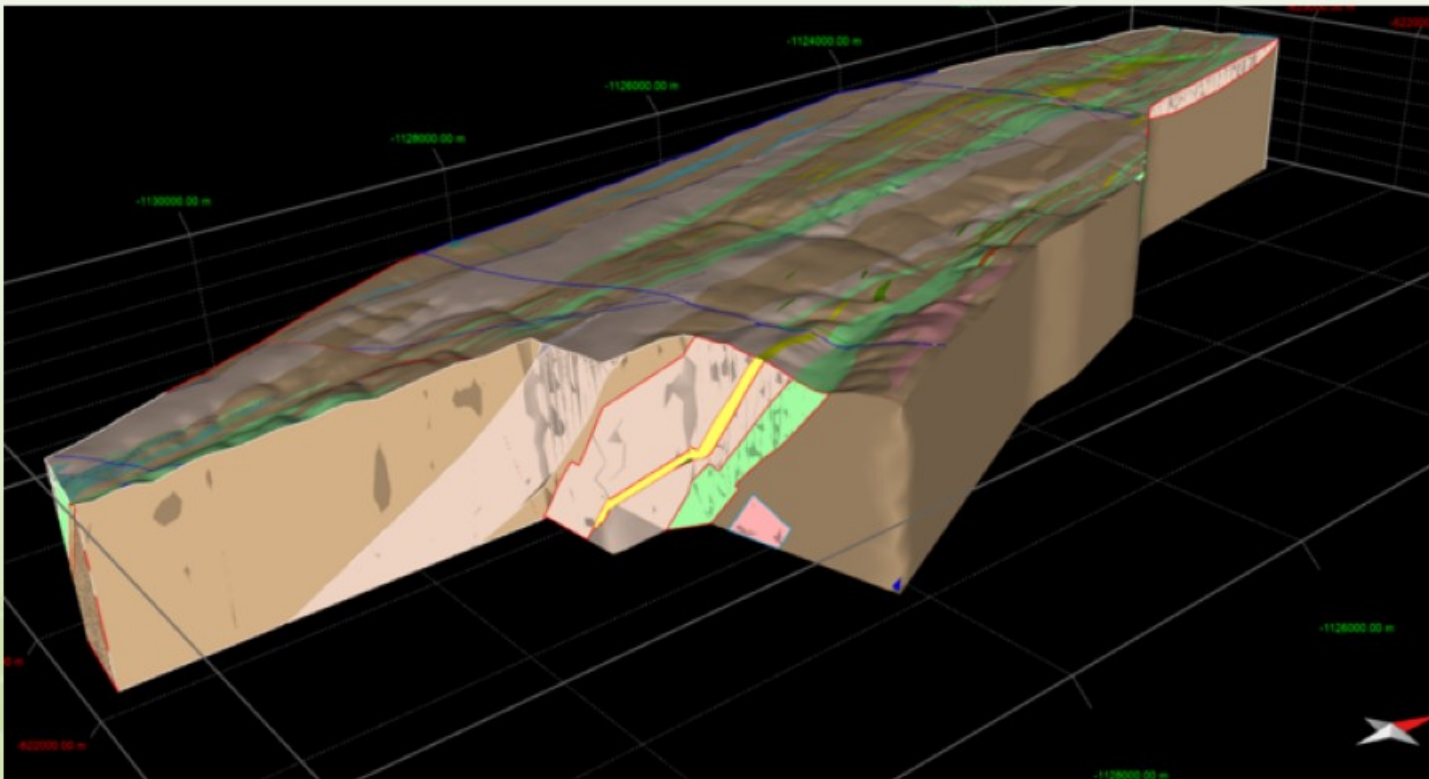
seismická tomografie

Charakterizace EDZ



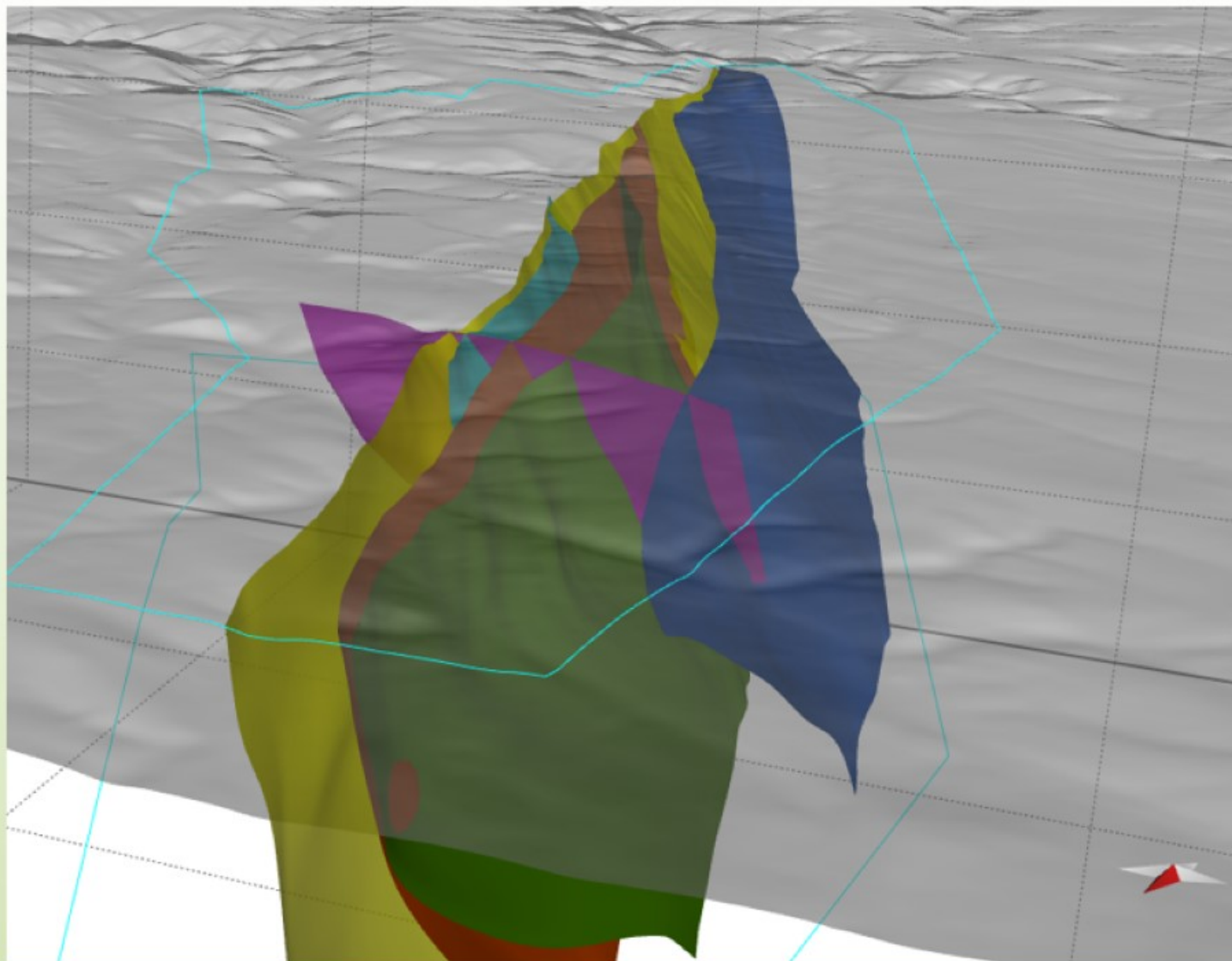
3D geologický model

- 3D geologický model je sestaven na základě archivní dokumentace z DIAMO doplněné o pozorování z dokumentačních prací,



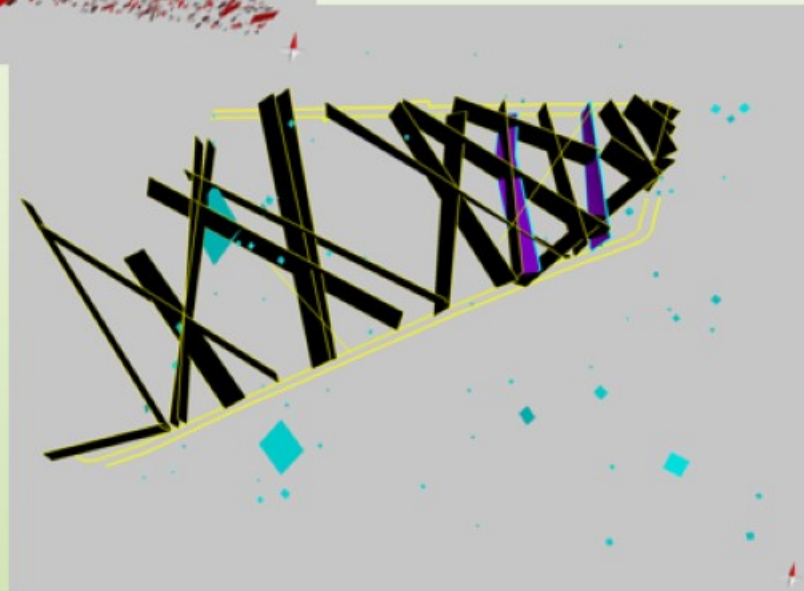
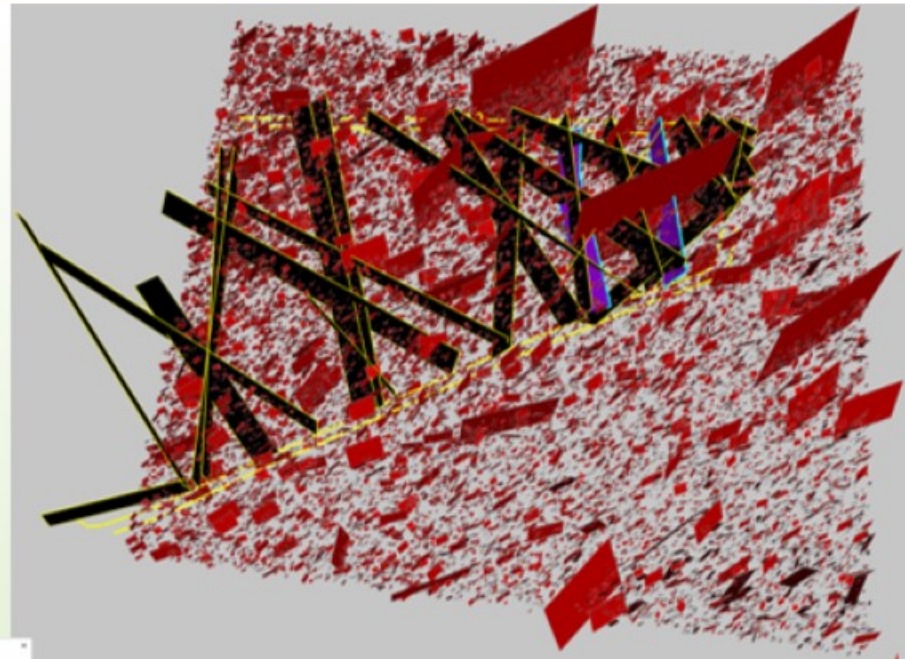
3D ložiskový model

- základem tvorby ložiskového modelu je vektorizace rudních těles, projekce jednotlivých rudních těles na odpovídající zlomovou plochu vytvořenou v rámci geologického 3D modelu pro získání informací o skutečné distribuci uranového zrudnění na ložisku Rožná
- vizualizace šesti vybraných hlavních rudních těles



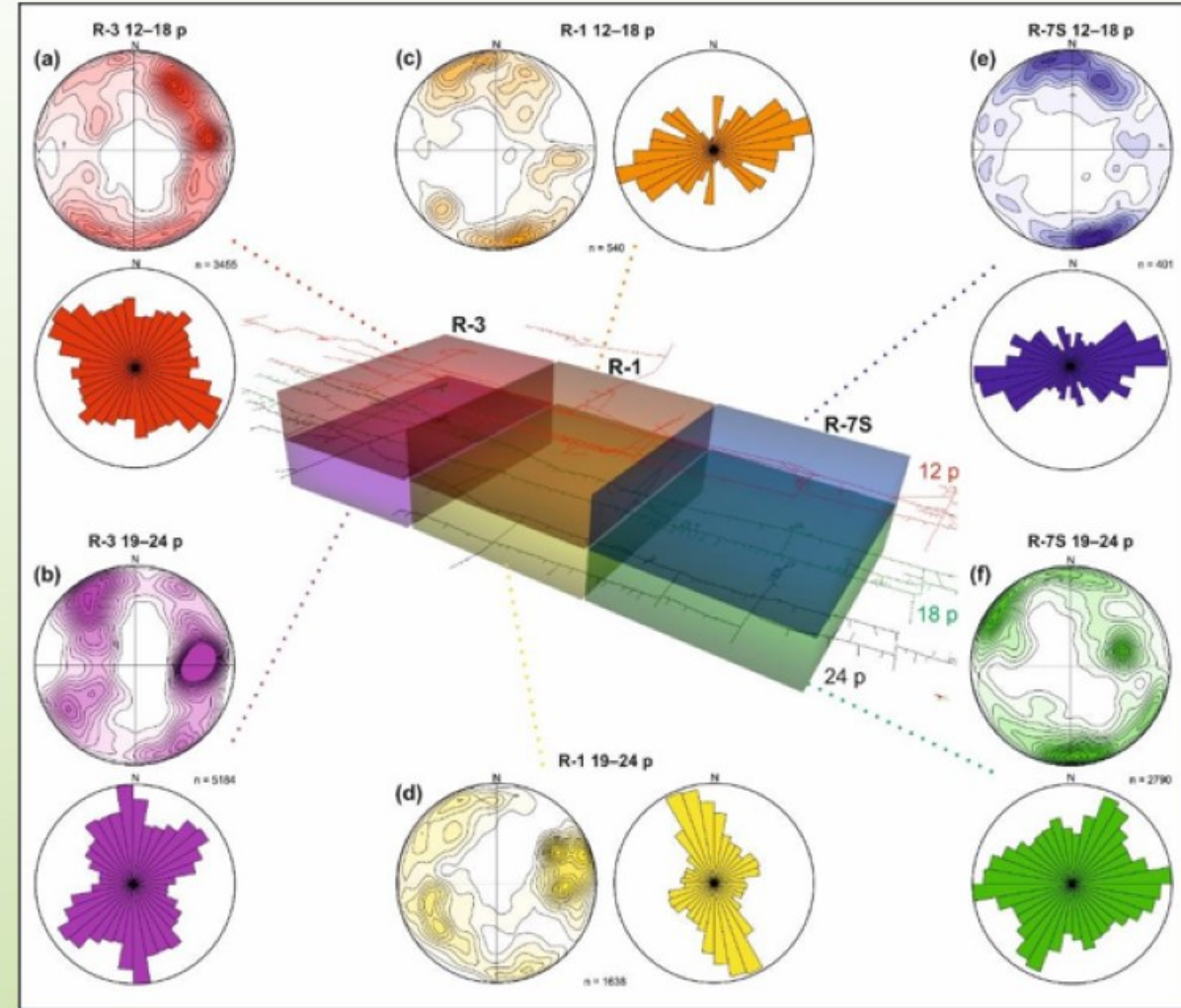
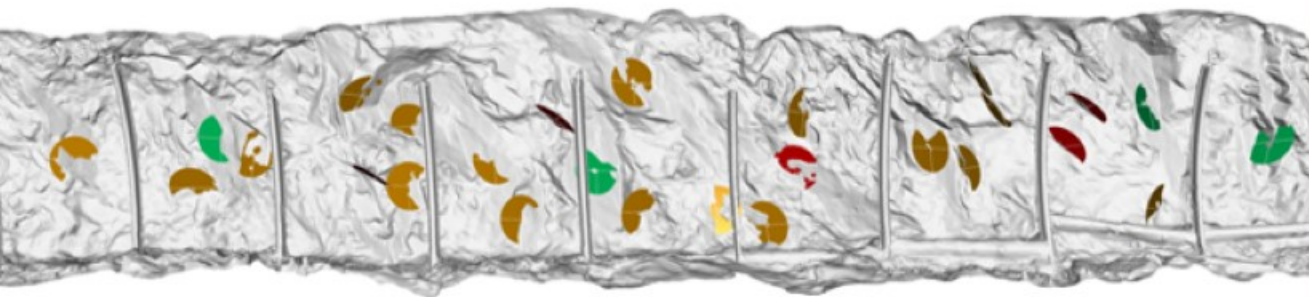
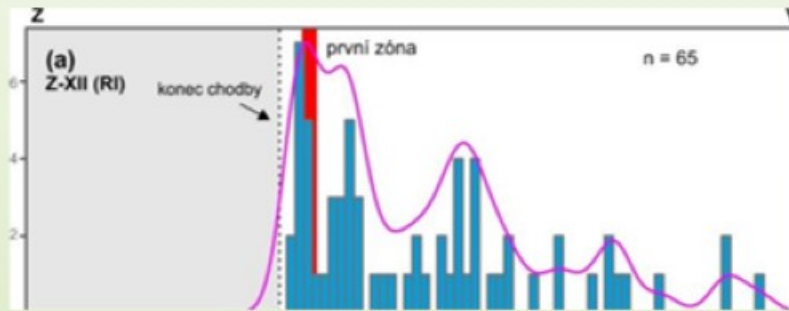
Model puklinové sítě

- využitelnost detailního strukturního záznamu za pomoci 3D fotogrammetrických modelů pro tvorbu DFN modelu,
- parametry puklinové sítě ve shodě se strukturním pozorováním, včetně četností struktur asociovaných s tektonickou zónou



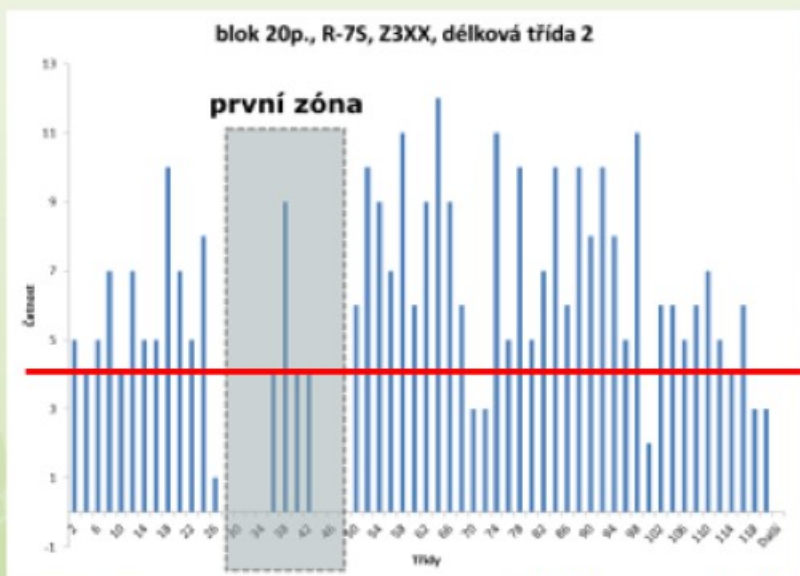
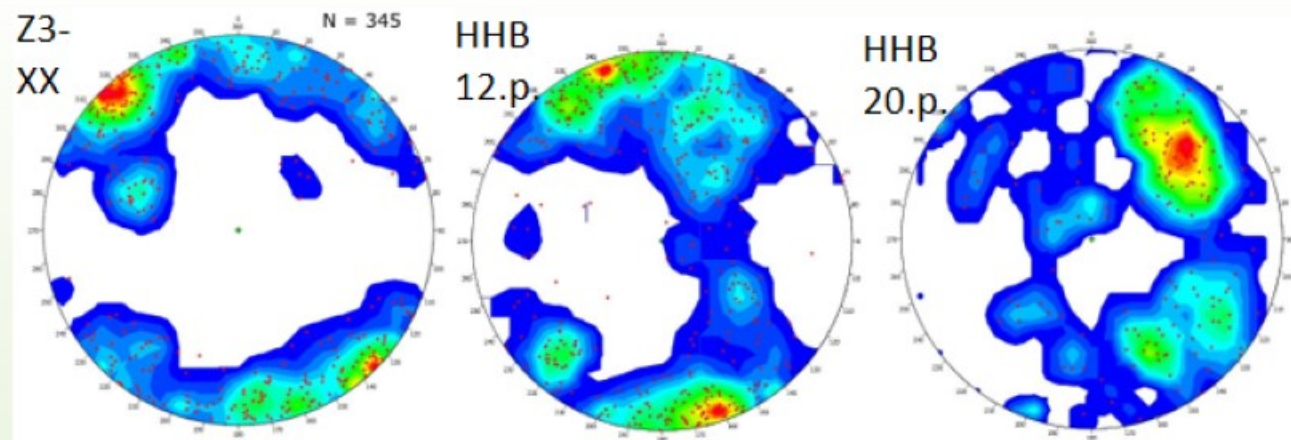
Popis strukturních elementů kritických pro hodnocení bezpečnosti HÚ

- Prostorová závislost orientací struktur související s hloubkou a vzdáleností od větších zón,
- V přímém nadloží či podloží méně větších poruch – distribuovanější deformace související se zónou a s měřítkem pohledu

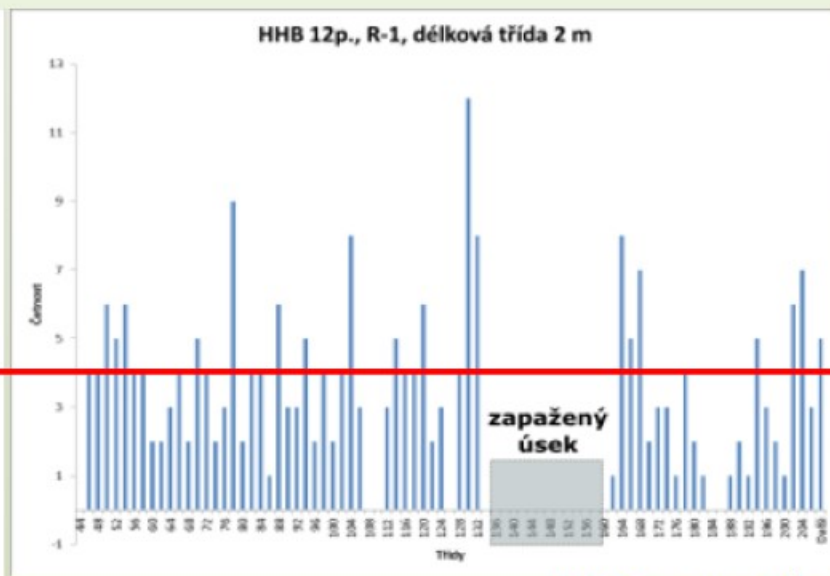


Stanovení kvazi-homogenních bloků

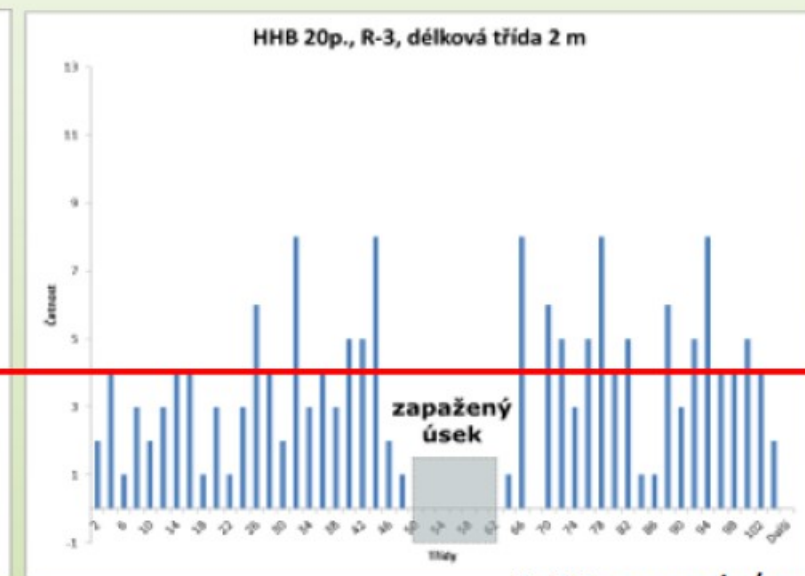
- četnostní analýza zastoupení poruch podél chodeb na reprezentativních úsecích (alespoň 100 m, chyba 2D pohledu),



3,18 poruch/m

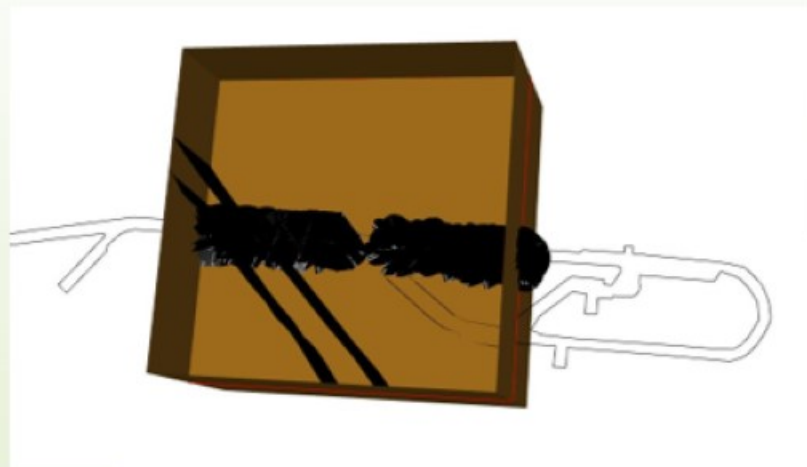


1,93 poruch/m

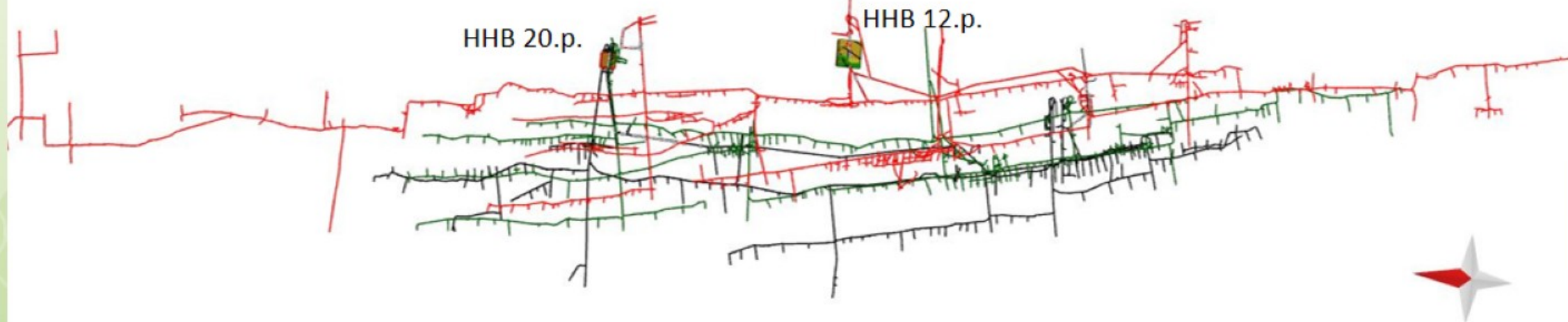
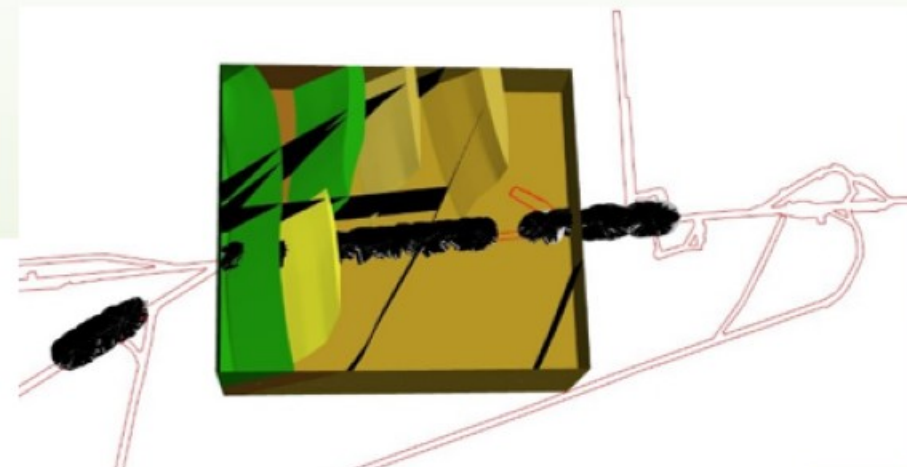


1,93 poruch/m

3D modely kvaziisomogenních bloků

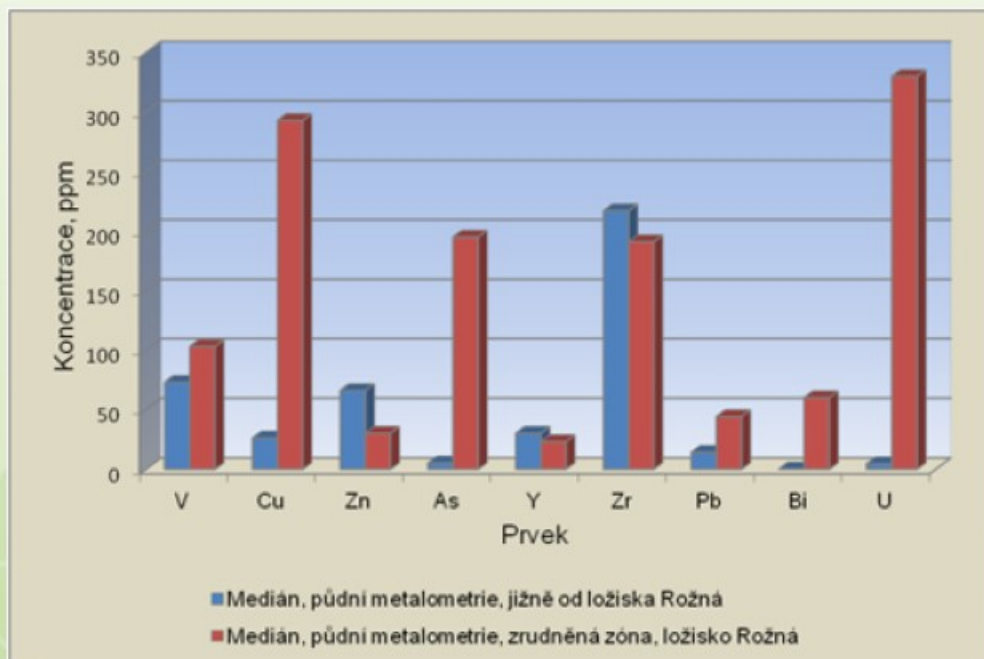


- Pohled na model průběhu důlních děl s 3D modely kvaziisomogenních bloků

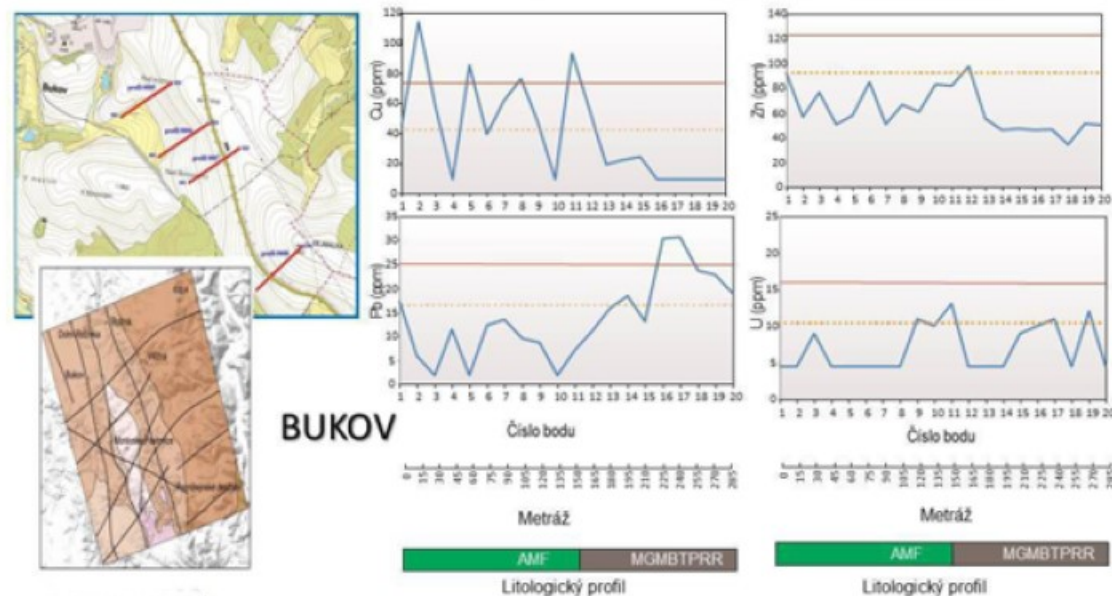


Revalidace zbytkového ložiskového potenciálu ložiska Rožná

- ověření možného pokračování ložiskových struktur – momentálně nevýznamné z ložiskového hlediska
- charakter zrudnění se mění s hloubkou, kovnatost s hloubkou klesá



Výsledky půdní metalometrie jižně od ložiska Rožná



Shrnutí a implikace pro HÚ

- Práce charakterizující horninové prostředí a jeho ovlivnění tektonickou zónou v hloubce 550-1200 m pod povrchem, typická velká nehomogenita horninového prostředí a významná anizotropie vlastností hornin;
- nižší geochemická stabilita studovaných hornin za přítomnosti fluid;
- není patrná závislost studovaných vlastností hornin na hloubce pod povrchem, obvykle ani na vzdálenosti od tektonické zóny;
- porušení jádra i stěn chodeb je významně ovlivněno technologií vrtání, přímo zejména ve vzdálenosti do 0,8 m, indukované poruchy se vyskytují obvykle do 4 m od líce výrubu;
- ovlivnění horninového masivu tektonickou zónou je sledovatelné do vzdálenosti cca 60 m od jejího kraje, nicméně bude závislé od horninového prostředí;
- vliv zóny a její rozsah je dobře patrný v rychlostních seismických řezech, v přímém nadloží byla deformace více distribuována, tedy horninový masiv více oslaben;
- hranice EDZ byla stavěna okolo 2-4 m, dílčí rozdíly souvisí s anizotropií prostředí a orientací důlních děl vůči křehkému porušení;
- modelování DFN poskytlo relevantní výsledky i využitím více programů;
- monitoring EDZ by měl být součástí budování podzemních staveb souvisejících s HÚ (seismické metody a další);



Děkuji za pozornost a za spolupráci všem kolegům

Bukovská, Z. – Švagera, O. – Chabr, T. – Leichmann, J. – Sosna, K. – Souček, K. – Vavro, M. – Zuna, M. – Navrátil, P. – Bohdál, P. – Bošková, M. – Dobeš, P. – Filipský, D. – Franěk, J. – Galeková, E. – Georgiovská, L. – Hanák, J. – Havlová, V. – Hlisnikovský, K. – Holeczy, D. – Jankovský, F. – Jaroš, M. – Jelínek, J. – Jelínek, J. – Knésl, I. – Koucká, L. – Kryl, J. – Kříbek, B. – Kubeš, M. – Kubina, L. – Kučera, R. – Kukutsch, R. – Laufek, F. – Mixa, P. – Mozola, J. – Násir, M. M. – Palát, J. – Patočka, M. – Pořádek, P. – Rosendorf, T. – Soejono, I. – Staš, L. – Vavro, L. – Veselovský, F. – Vorel, J. – Waclawik, P. – Wertich, V. – Zajícová, V. – Zelinková, T. (2020):
Získání dat z hlubokých horizontů dolu Rožná - závěrečná zpráva. – SÚRAO TZ 464/2020, 705 s.

Technická zpráva 464/2020

ZÍSKÁNÍ DAT Z HLUBOKÝCH
HORIZONTŮ DOLU ROŽNÁ

ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA

Autoři: Zita Bukovská a kolektiv

Praha, 2020

 SÚRAO

