



národní  
úložiště  
šedé  
literatury

## **Podzemní výzkumné pracoviště Bukov - geotechnická charakterizace lokality**

Souček, Kamil  
2016

Dostupný z <http://www.nusl.cz/ntk/nusl-261499>

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 04.05.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní [nusl.cz](http://www.nusl.cz) .

# Podzemní výzkumné pracoviště Bukov - geotechnická charakterizace lokality

Kamil Souček, Martin Vavro, Leona Vavro, Lubomír Staš, Lucie Georgiovská

Ústav geoniky AV ČR, v. v. i., Studentská 1768, 708 00 Ostrava-Poruba, Česká republika, soucek@ugn.cas.cz

## I. ÚVOD

Podzemní výzkumné pracoviště (PVP) Bukov je navrženo jako testovací lokalita pro zhodnocení vlastností a chování horninového masívu, typově blízkého vybraným kandidátním lokalitám, v hloubce odpovídající předpokládané úložné hloubce finálního hlubinného úložiště vysoce aktivních odpadů v České republice. PVP Bukov, jehož výstavba byla zahájena v roce 2013, je realizováno v jižním křídle uranového ložiska Rožná, na severovýchodním okraji strážeckého moldanubika, poblíže jeho styku se svrateckým krystalinikem. Důlní díla pracoviště jsou situována na 12. patře jámy Bukov-1, v hloubce přibližně 600 m pod povrchem. V současné době je dokončena výstavba této podzemní laboratoře a zároveň jsou konsorciem organizací ÚJV Řež, a. s., Česká geologická služba, Ústav geoniky AV ČR, v. v. i. (ÚGN) a Arcadis CZ, a. s. prováděny laboratorní a terénní práce, týkající se komplexní charakterizace zájmového horninového masívu, která je nezbytná pro realizaci následně plánovaných experimentů. Předkládaný příspěvek ve stručnosti charakterizuje a shrnuje současný stav geotechnických průzkumných a výzkumných prací prováděných zde ÚGN:

## V. PROVÁDĚNÉ GEOTECHNICKÉ PRÁCE

- stanovení a zhodnocení fyzikálně-mechanických vlastností (FMV) základních petrografických typů hornin,
- strukturní mapování prvků porušení horninového masívu (HM) s cílem stanovení kvality HM dle vybraných indexových geomechanických klasifikací,
- stanovení napěťového stavu a přetvárného chování horninového masívu metodami HydroFrac (HF), Goodman Jack a CCBO, resp. CCBM,
- dlouhodobá periodická tenzometrická a konvergenční měření,
- posouzení vlivu technické a důlně indukované seizmicity na zájmový horninový masív.

## II. ZÁKLADNÍ TYPY HORNIN V OBLASTI PVP BUKOV

Horninový masív v oblasti PVP Bukov, včetně jeho přístupového díla BZ-XIII, je tvořen poměrně monotónním komplexem metamorfovaných hornin, reprezentovaným v různém stupni migmatizovaným petrografickým sledem jdoucím od biotitických rul a migmatitů, přes amfibol-biotitické ruly, biotit-amfibolické ruly, amfibolické ruly až po amfibolity. Vzácněji byly zastíženy polohy vápe-

nato-silikátových hornin (erlánů) a drobné vložky amfibolických nebo muskovit-biotitických pegmatitů. Horniny jsou místy mylonitizovány nebo kataklazovány, občasné jsou také projevy metasomatózy. Alterace jsou představovány zejména sericitizací, kaolinizací a hematitizací žilců, lokálně pak projevy draselné metasomatózy nebo epidotizace.

## III. FYZIKÁLNĚ MECHANICKÉ VLASTNOSTI HORNIN

Postupy stanovení fyzikálních a mechanických vlastností (FMV) vycházejí z běžných technických norem nebo interních technologických postupů ÚGN. Stanovení a popis FMV testovaných hornin jsou prováděny ve vazbě na jejich petrografické složení, vnitřní stavbu, strukturní a texturní anizotropii a úroveň navětrání v případě hornin odebraných na povrchu. Jedná se o tyto vlastnosti:

- měrná a objemová hmotnost, nasákavost, celková pórovitost, velikost a distribuce pórů pomocí rtuťové porozimetrie (MIP),
- rychlost průchodu podélných ultrazvukových vln,
- součinitel tepelné vodivosti, měrná objemová tepelná kapacita a součinitel teplotní roztažnosti,
- abrazivnost a obrusnost horniny,
- pevnostní a přetvárné vlastnosti při standardním a cyklickém zatěžování,
- pevnost v tlaku za trojosého stavu napjatosti, pevnost v příčném tahu, konstrukce pevnostní obálky dle Hoek-Brownova kritéria,
- koeficient plynopropustnosti za trojosého stavu napjatosti a koeficient hydraulické vodivosti.

## VIII. STRUKTURNÍ MAPOVÁNÍ, RQD VRTNÉHO JÁDRA

Strukturně-geologické mapování a stanovení parametru RQD jsou prováděny pro posouzení strukturní stavby a kvality horninového masívu. Postupy měření a stanovení jsou v souladu s doporučenou metodikou International Society for Rock Mechanics.

## IV. STANOVENÍ NAPĚŤOVÉHO STAVU A PŘETVÁRNÉHO CHOVÁNÍ HORNINOVÉHO MASÍVU METODAMI HYDROFRAC, GOODMAN JACK A CCBO, RESP. CCBM

Měření napěťového stavu HM je realizováno pomocí hydraulického štěpení stěn vrtu, tzv. hydrofracturingu. Tato metoda umožňuje přímé měření napětí v oblastech dostupných pouze průzkumnými jádrovými vrty o průměru

59mm, resp. 76mm. Metoda umožňuje stanovení velikosti a orientace hlavních napětí v rovině kolmé k ose vrtu. Další analýza napětového stavu HM, která však umožňuje stanovení celého tenzoru napjatosti a monitorování jeho změn v souvislosti s antropogenními zásahy do horninového masivu, je prováděna:

- metodou CCBO – tenzometrické měření deformace horniny na kuželové čelbě vrtu způsobené odlehčením (obvrtáním) vrtného jádra,
- metodou CCBM - monitoring změn napjatosti v čase pomocí instalované kuželové sondy.

Přetvárné vlastnosti horninového masivu měřené v podmínkách in situ jsou realizovány metodou Goodman Jack. Toto zařízení je určeno pro měření modulu přetvárnosti, resp. elasticity ve vrtech o průměru 76 mm.

#### V. STRUČNÉ HODNOCENÍ GEOTECHNICKÝCH PODMÍNEK

Z dosavadních výsledků vyšetřování FMV hornin lze formulovat tyto obecné závěry:

- Většina testovaných intaktních hornin vykazuje průměrné tlakové pevnosti (UCS) v rozmezí cca 130 – 180 MPa a lze je tak zařadit do tříd hornin s vysokou až velmi vysokou pevností.
- Poměr modulů přetvárnosti a pružnosti je možno považovat za jeden z ukazatelů anizotropie hornin – u hornin s výraznou foliační stavbou se hodnoty tohoto poměru zpravidla pohybují v rozmezí 0,80 – 0,90, u hornin bez zjevné plošně paralelní stavby jsou hodnoty poměru obecně vyšší (0,95 – 0,99).
- Anizotropní chování se dále projevilo především u tahových pevností, které reagují na strukturu hornin citlivěji než například pevnosti tlakové. Pevnost v příčném tahu, analyzovaná kolmo na foliaci dosahuje často polovičních hodnot než je tomu u směru paralelního s duktilní stavbou.
- Anizotropie vlastností hornin se rovněž projevila u některých petrofyzikálních parametrů, jako jsou rychlost šíření podélných ultrazvukových vln a součinitel tepelné vodivosti.
- Hodnoty pórovitosti stanovené pomocí MIP se pohybují v rozmezí 0,17 – 0,43 %, a to v závislosti na velikosti analyzovaného vzorku. Z hlediska laboratorně stanovených hodnot koeficientu filtrace (řádově 10<sup>-11</sup> – 10<sup>-13</sup> m.s<sup>-1</sup>) lze horniny v intaktním stavu charakterizovat jako nepatrně propustné.

Z vyhodnocení parametru RQD vyplývá, že průměrná kvalita horninového masivu se nalézá v kategorii „dobrá“, průměrné hodnoty tohoto parametru se pohybují mezi 70 – 80 %. V oblastech bez tektonických poruch je významně zastoupena i kategorie „výborná“ (RQD 90 – 100 %), naopak ve vrtech, procházejících výraznější tektonikou dosahuje RQD hodnot pouze kolem 50 %, což odpovídá kategorii „střední“ až „nízké“.

Z naměřených hodnot jednotlivých modulů přetvárnosti HM naměřených in situ podmínkách lze konstatovat, že hodnoty modulů přetvárnosti HM in situ jsou nejčastěji zastoupeny v intervalu 15 až 20 GPa, u vrtu S-7 pak i v intervalu 10 až 15 GPa.

Zjištěné směry větší hlavní horizontální složky napětí jsou generelně orientovány ve směru S-J až SSV-JJZ. Hodnoty minimálního horizontálního napětí se pohybují v rozmezí 10 – 17 MPa, maximální horizontální napětí se pohybuje v 16,5 – 31 MPa. Výsledky stanovení napjatosti HM metodami HF a CCBO byly verifikovány zpětnou analýzou konvergenčních měření v programu INVGEM, který je vyvíjen na ÚGN. Ze srovnání výsledků, prezentovaných v Tabulce I., vyplývá poměrně velmi dobrá shoda naměřených a vypočtených hodnot velikosti a orientace hlavních složek napětového pole. Mírně odlišná hodnota směrové orientace většího z hlavních horizontálních napětí je pravděpodobně způsobena lokálním charakterem CCBO měření.

Tabulka I. Srovnání výsledků získaných metodami HF, CCBO a INVGEM

Metoda	Sv [MPa]	SH [MPa]	OH [°]	Sh [MPa]
HF	16,5	17 – 26	358 – 23	10 – 14
CCBO	20,5	11,8	55	11,5
INVGEM	16,5	18,7	30	11,0

Sv vertikální složka napětí, SH maximální horizontální hlavní napětí, OH orientace maximálního horizontálního hlavního napětí vůči směru severu, Sh minimální horizontální hlavní napětí

#### VI. ZÁVĚR

Dosavadní výsledky komplexního průzkumu hornin a HM v oblasti PVP Bukov potvrzují, že se převážně jedná o stabilní masiv s vysokou pevností a velmi nízkou propustností základních prvků - hornin. Nespojitosti v masivu představují tektonické poruchy a pukliny, které významně ovlivňují pevnostní, deformační i filtrační charakteristiky prostředí in situ. Zásadním rysem sledovaného HM je stavební anizotropie metamorfitů, ovlivňující konkrétní hodnoty jejich FMV. Svou stavbou a vlastnostmi umožňuje studovaný horninový masiv realizaci široké škály experimentů plánovaných pro získání poznatků důležitých pro definitivní volbu podzemního úložiště vysoce aktivních odpadů v ČR.