Technická zpráva 451/2020

HODNOCENÍ POTENCIÁLNÍCH LOKALIT HÚ Z HLEDISKA KLÍČOVÝCH KRITÉRIÍ DLOUHODOBÉ BEZPEČNOSTI

LOKALITA JANOCH (ETE-JIH)

Autoři: Václava Havlová, Jaroslava Pertoldová, Petr Mixa, Jakub Jankovec, Jan Uhlík, Matěj Černý, Tomáš Hroch, Veronika Štědrá a kolektiv

Praha, 2020

SÚRAO

NÁZEV ZPRÁVY: Hodnocení potenciálních lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Janoch (ETE-jih)

NÁZEV PROJEKTU: Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště

IDENTIFIKACE V RÁMCI PROJEKTU: Aktualizace hodnocení lokalit z hlediska dlouhodobé bezpečnosti

Technická zpráva

ČÍSLO SMLOUVY: *SO2014-061 (4.1.7.5 / č.j. ESS: SURAO-2019-3183)*

Bibliografický zápis:

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., MIXA P., JANKOVEC J., UHLÍK J., ČERNÝ M., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., BAIER J., DUŠEK K., FRANĚK J., GVOŽDÍK L., HEJTMÁNKOVÁ P., HOLEČEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KUČERA R., MILICKÝ M., NAHODILOVÁ R., PACHEROVÁ P., PETYNIAK O., PEŘESTÝ POLÁK M., RAPPRICH V., ŘIHOŠEK J., RUKAVIČKOVÁ L., ŠVAGERA O., VOJTĚCHOVÁ H., ŽÁČKOVÁ E. (2020): Hodnocení potenciálních lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Janoch (ETE-jih). – MS SÚRAO, TZ 449/2020

ŘEŠITELÉ:

ÚJV Řež, a. s.[1], ČGS[2], PROGEO, s. r. o.[3], Technická univerzita v Liberci[4]

AUTORSKÝ KOLEKTIV: Havlová V.[1], Pertoldová J.[2], Mixa P.[2], Jankovec J.[3], Uhlík J.[3], Černý M.[3], Hroch T.[2], Štědrá V.[2], Baier J.[3], Dušek K.[2], Franěk J.[2], Gvoždík L.[3], Hejtmánková P.[2], Holeček J.[2], Jelínek J.[2], Kachlíková R.[2], Kučera R.[2], Milický M.[3], Nahodilová R.[2], Pacherová P.[2], Petyniak O.[2], Peřestý V.[2], Polák M.[3], Rapprich V.[2], Řihošek J.[2], Rukavičková L.[2], Štědrá V.[2], Švagera O.[2], Vojtěchová H.[1], Žáčková E.[2]

Lukáš Vondrovic	**Václava Havlová**
Manažer projektu (SÚRAO)	Manažer projektu (*ÚJV Řež, a.s*)
30.1.2020	30.1.2020

SÚRAO

Obsah

1 Úvod 2

2 Vstupní předpoklady hodnocení 4

3 Přehled hodnocených kritérií významných z hlediska dlouhodobé bezpečnosti HÚ 7

4 Geologické charakteristiky lokality 11

4.1 Kritérium K3 Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků 11

4.1.1 Regionálně geologická stavba území 11

4.1.2 Indikátor K3a Stupeň křehkého porušení masivu – zlomové struktury 13

4.1.3 Indikátor K3b Stupeň křehkého porušení masivu – puklinové systémy 20

4.1.4 Indikátor K3c Stupeň duktilní deformace 21

4.2 Kritérium K4 Variabilita geologických vlastností 21

4.2.1 Indikátor K4a Prostorová variabilita horninového prostředí 21

4.2.2 Indikátor K4b Petrologická variabilita hornin 22

4.3 Expertní zhodnocení lokality 23

4.3.1 Nejistoty spojené s hodnocenou oblastí 27

4.3.2 Vyhodnocení kritérií ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ (vylučující kritéria) 28

4.3.3 Hodnocení vybraných kritérií pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ 29

5 Hydrogeologické charakteristiky 31

5.1 Vylučující kritéria 33

5.1.1 Přítomnost zvodní v izolační části úložiště 33

5.1.2 Obtížnost vytvoření hydrogeologických modelů a predikce vývoje hydrogeologických poměrů v lokalitě 33

5.2 Kritéria pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ 33

5.2.1 Kritérium K5 Charakteristika proudění vody v okolí HÚ a transportní charakteristiky 33

5.2.2 Kritérium K6 Identifikace a umístění drenážních bází 39

5.3 Expertní zhodnocení lokality 41

5.3.1 Nejistoty spojené s hodnocením hydrogeologických kritérií 41

5.3.2 Vyhodnocení kritérií ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ (vylučující kritéria) 41

5.3.3 Hodnocení vybraných kritérií pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ 41

6 Kritérium K7 Seismická a geodynamická stabilita 44

6.1 Vylučující kritéria 44
6.1.1 Zemětřesení a přítomnost potenciálně aktivních zlomů pro období statisíců let (seismická stabilita) 44
6.1.2 Pokles nebo výzdvih povrchu území (vertikální pohyby zemské kůry). 45
6.1.3 Postvulkanické jevy 45
6.2 Kritéria pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ 45
6.2.1 Indikátor K7a Hodnota maximálního horizontálního zrychlení 45
6.2.2 Indikátor K7b Výškový gradient 46
6.2.3 Indikátor K7c Procentuální podíl reliéfu postiženého mladými cykly zpětné eroze a svahovými deformacemi 46
6.2.4 Indikátor K7d Výskyt vulkanických hornin paleogenního až holocenního stáří a kyselek 46
6.3 Expertní zhodnocení 47
6.3.1 Nejistoty spojené s hodnocenou oblastí 47
6.3.2 Vyhodnocení kritérií ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ (vylučující kritéria) 48
6.3.3 Hodnocení vybraných kritérií pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ 48
7 Kritérium K8 Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka 50
7.1 Vylučující kritéria 51
7.1.1 Poddolovaná území a stará a opuštěná důlní díla (vylučující kritérium) 51
7.1.2 Přítomnost zásob nerostných surovin 51
7.1.3 Přítomnost zdrojů podzemní vody či geotermální energie 52
7.2 Kritéria pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ 53
7.2.1 Indikátor K8a Ložiskové poměry na lokalitě 53
7.3 Expertní zhodnocení lokality Janoch (ETE-jih) 53
7.3.1 Nejistoty spojené s hodnocenou oblastí 53
7.3.2 Vyhodnocení kritérií ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ (vylučující kritéria) 54
7.3.3 Hodnocení vybraných kritérií pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ 54
8 Celkové zhodnocení lokality Janoch (ETE-jih) ve vztahu k vylučujícím kritériím a kritériím porovnávacím 55

Seznam použitých zkratek:

3D	třídimenzionální
ČGS	Česká geologická služba
DFN	discreet fracture network
DMR	digitální model reliéfu
DOP	dipólové elektrické profilování
DP	dobývací prostor
DEMP	dipólové elektromagnetické profilování
EDU-západ	lokalita Na Skalním (EDU-západ)
ETE-jih	lokalita Janoch (ETE-jih)
ERT	electric rezistivity tomography
GF	geofyzikální
HG	hydrogeologický
HÚ	hlubinné úložiště
CHLÚ	chráněné ložiskové území
IAEA	International Atomic Energy Agency (Mezinárodní agentura pro atomovou energii)
IB	inženýrské bariéry
ID	identifikace
ISVS	informační systém veřejné správy
k. ú.	katastrální území
Ma	milion let
MG, MAG	magnetometrie
MRS	mělká reflexní seismika
O	odhad
ODD	opuštěné důlní dílo
PÚGChP	perspektivní území pro geologické charakterizační práce
PÚPP	perspektivní území pro projektové práce
PÚZZZK	průzkumné území pro zvláštní zásah do zemské kůry
P-T	tlakově-teplotní (pressure-temperature)
PSHA	probabilistic seismic hazard analysis
RAO	radioaktivní odpady
RN	radionuklid
Sb.	sbírka zákonů
SDD	staré důlní dílo
SI	bezrozměrné číslo v soustavě jednotek SI
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRAO	Správa úložišť radioaktivních odpadů
SurIS	Surovinový informační systém
UBA	úplná Bougerova anomálie
UOS	ukládací obalový soubor
VAO	vysoceaktivní odpady
VJP	vyhořelé jaderné palivo
ZL	zadávací list

Abstrakt

Tato zpráva shrnuje dostupná data z potenciální lokality hlubinného úložiště na základě archivních a nově získaných dat geologického výzkumu a průzkumu a zpracovaných syntetických popisných modelů. Dále hodnotí lokalitu dle kritérií dlouhodobé bezpečnosti dle dokumentu SÚRAO MP.22 a metodiky hodnocení Vondrovic et al. (2019) odvozených na základě legislativních požadavků (vyhláška č. 378/2016 Sb. o umístění jaderného zařízení) a mezinárodních doporučení (např. IAEA NS-R-3 rev.1 Site Evaluation for Nuclear Installations Safety Requirements, IAEA 2016; SSG-14 Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste, IAEA 2011b).

Vlastnosti lokality jsou hodnoceny v následujících kategoriích kritérií:

1. Geologické charakteristiky lokality
2. Hydrogeologické charakteristiky lokality
3. Stabilita lokality
4. Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště člověkem

Klíčová slova

Hlubinné úložiště, výběr lokality, moldanubikum, dlouhodobá bezpečnost, Janoch (ETE-jih)

Abstract

This report summarizes the available data from ETE-jih site on the basis of archive information, geological surface research and geophysical data and evaluates the site according to criteria derived by the expert team from the requirements of SÚJB (Decree No. 378/2016 Coll. On Nuclear Facility Location) and IAEA (NS-R-3 rev.1 Site Evaluation for Nuclear Installations Safety Requirements, IAEA 2016; SSG-14 Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste, IAEA 2011b) on significant site characteristics that affect long-term safety of DGR (Vondrovic et al. 20219). Site characteristics are evaluated in the following categories of criteria:

1. Geological characteristics of the site
2. Hydrogeologic characteristics of the site
3. Site stability
4. Characteristics, that could be a reason for future human intrusion into the repository

Keywords

Deep geological repository, siting, Moldanubian zone, long term safety, ETE-jih

1 Úvod

Tato zpráva byla zpracována v rámci projektu SÚRAO „Výzkumná podpora bezpečnostního hodnocení hlubinného úložiště“, který je součástí přípravy hlubinného úložiště radioaktivních odpadů (dále jen HÚ). Cílem projektu je získat vybraná data, modely, argumenty a další informace potřebné pro zhodnocení potenciálních lokalit pro umístění HÚ z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Na základě veřejného zadávacího řízení byla v červenci 2014 uzavřena čtyřletá smlouva s ÚJV Řež, a. s. a jeho subdodavateli: Českou geologickou službou, ČVUT v Praze, Technickou univerzitou v Liberci, Ústavem Geoniky AV ČR, společnostmi SG Geotechnika a.s., Progeo, s.r.o. a Chemcomex Praha a.s. a Centrem výzkumu Řež s.r.o. o poskytování výzkumné podpory hodnocení dlouhodobé bezpečnosti v následujících oblastech:

(i) Chování VJP a forem RAO, nepřijatelných do přípovrchových úložišť, v prostředí hlubinného úložiště;

(ii) Chování ukládacích obalových souborů (UOS) VJP a RAO v prostředí hlubinného úložiště;

(iii) Chování tlumících, výplňových a dalších konstrukčních materiálů v prostředí hlubinného úložiště;

(iv) Řešení úložných vrtů a jejich vliv na vlastnosti obklopujícího horninového prostředí;

(v) Chování horninového prostředí;

(vi) Transport radionuklidů z úložiště;

(vii) Další charakteristiky lokalit potenciálně ovlivňující bezpečnost úložiště.

Výběr lokalit pro umístění hlubinného úložiště je třeba v souladu s doporučeními IAEA a směrnicí Rady EU pro nakládání s VJP a RAO provádět postupnými kroky směřujícími ke snížení počtu a rozsahu lokalit se zvyšujícím se rozsahem znalostí o lokalitách. Charakteristiky a vlastnosti lokalit vybraných v prvních etapách prací by měly indikovat, že na vybraných lokalitách budou splněny všechny požadavky na HÚ a že jejich splnění může být důvěryhodně prokázáno. V každé další etapě prací budou data a informace z lokalit upřesňovány s využitím podrobnějších geologických prací na jednotlivých lokalitách a podrobnějších analýz.

Cílem tohoto dílčího projektu je aktualizace hodnocení potenciálních lokalit na základě výsledků geofyzikálního výzkumu lokalit, a návazných geologických prací, která proběhla v letech 2017 až 2019.

Předmětem projektu je:

1. odhad velikosti všech potenciálně homogenních bloků vhodných pro umístění obalových souborů s odpady na lokalitách na základě shrnutí všech získaných výsledků;
2. aktualizace devíti popisných zpráv a zprávy hodnocení vhodnosti lokalit (Havlová et al. 2018 a-i) na základě nově získaných poznatků včetně návrhu váhového hodnocení a aktualizace bodového hodnocení dle metodiky aplikace kritérií;

3. revize zdůvodnění kritérií a indikátorů pro hodnocení dlouhodobé bezpečnosti potenciálních lokalit ve formě přehledné tabulky včetně analýzy kritérií ze skupiny proveditelnost a enviromentální charakteristiky z hlediska překryvů, doporučení klíčových indikátorů;
4. spolupráce se SÚRAO při oponentních řízeních a jednání expertního panelu.

Cílem této zprávy je podat detailní popis vyhodnocení geologických charakteristik, hydrogeologických charakteristik, charakteristik stability a faktorů narušení úložiště budoucími aktivitami člověka na lokalitě Janoch (ETE-jih).

2 Vstupní předpoklady hodnocení

Zpracovaný text navazuje na důvodovou zprávu „Lokalizace perspektivních území pro geologické charakterizační práce a perspektivních území pro projektové práce HÚ“, která popisuje a zdůvodňuje změny v geologické stavbě a umístění **perspektivních území pro geologické charakterizační práce** a **perspektivních území pro projektové práce** na potenciálních lokalitách (Pertoldová et al. 2019).

Hodnocení geologických kritérií K3 Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků a K4 Variabilita geologických vlastností, kritéria K7 Seismická a geodynamická stabilita a K8 Charakteristiky, které vy mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka a jejich indikátorů uvedených níže, je na lokalitě Janoch (ETE-jih) soustředěno na území 3D regionálního geologického modelu, strukturního schématu viz Mixa et al. (2019), perspektivního území pro geologické charakterizační práce a perspektivního území pro projektové práce a jeho okruhu 25 km v souladu se zadávacím listem „Aktualizace hodnocení lokalit z hlediska dlouhodobé bezpečnosti“ (PB-2019-ZL-U3183-043-Hodnocení2).

Hodnocení hydrogeologických poměrů lokality Janoch (ETE-jih) je realizováno na území 3D detailního hydrogeologického modelu (Jankovec et al. 2018), který byl aktualizován (Jankovec et al. 2020) zpracováním dat z nového strukturního schématu (Mixa et al. 2019).

Geologická kritéria (včetně vylučujících kritérií) jsou hodnoceny v následujícím rozsahu:

Kritérium K3 Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků

- indikátor K3a *Stupeň křehkého porušení masivu – zlomové struktury* je hodnocen dle strukturních schémat ad Mixa et al. (2019);
- indikátor K3b *Stupeň křehkého porušení masivu – puklinové systémy* je hodnocen dle DFN modelu a nových poznatků ze zprávy Mixa et al. (2019); u lokalit Janoch (ETE-jih) a Na Skalním (EDU-západ) vychází hodnocení z expertního posouzení v území regionálního 3D geologického modelu;
- indikátor K3c *Stupeň duktilní deformace* je hodnocen v rozsahu perspektivního území pro projektové práce a jeho blízkého okolí.

Kritérium K4 Variabilita geologických vlastností

- indikátor K4a *Prostorová variabilita horninového prostředí* je hodnocen v rozsahu perspektivního území pro projektové práce a jeho blízkého okolí;
- indikátor K4b *Petrologická variabilita hornin* je hodnocen v rozsahu perspektivního území pro projektové práce a jeho blízkého okolí.

Hydrogeologická kritéria (včetně vylučujících kritérií) jsou uvedena v kapitole 5. Hydrogeologická kritéria, významná z hlediska dlouhodobé bezpečnosti, posuzovaná s cílem vyhodnocení lokalit z hlediska vhodnosti pro umístění HÚ, jsou stanovena z metodického pokynu SÚRAO MP.22 (Vokál et al. 2017), metodiky hodnocení (Vondrovic et al. 2019) a výsledků aktualizovaného 3D detailního hydrogeologického modelu (Jankovec et al. 2020), do stanovení indikátorů je zahrnuta plocha podzemní části HÚ z Doplňku ke studiím umístitelnosti HÚ v kandidátních lokalitách (Zahradník et al. 2020).

Hodnocení kritérií oblasti **Seismická a geodynamická stabilita lokalit (**včetně vylučujících kritérií) je provedeno v následujícím rozsahu:

- vylučující kritérium *Zemětřesení a přítomnost potenciálně aktivních zlomů pro období statisíců let (seismická stabilita)* bylo zhodnoceno následovně: Zemětřesení byla posouzena v rozsahu dle požadavku vyhlášky č 378/2016 Sb. na základě dat seismotektonického modelu vycházející z metodiky PSHA (Málek et al. 2018). Pro vyhodnocení přítomnosti potenciálně aktivních zlomů na konkrétní lokalitě nejsou k dispozici relevantní data o stáří a aktivitě studovaných tektonických poruch;
- vylučující kritérium *Pokles nebo výzdvih povrchu území (vertikální pohyby zemské kůry)* je hodnoceno v rozsahu regionálních dat dle zprávy Hrocha a Pačese (2015);
- vylučující kritérium *Postvulkanické jevy* je zhodnoceno v rozsahu odpovídající požadavku vyhlášky č. 378/2016 Sb.;
- indikátor *K7a Hodnota maximálního horizontálního zrychlení* je hodnocen v rozsahu vzdálenosti 300 km od pozemku jaderného zařízení odpovídající metodice PSHA (Málek et al. 2018);
- indikátor *K7b Výškový gradient* je hodnocen v rozsahu regionálního 3D strukturně geologického modelu (Franěk et al. 2018);
- indikátor *K7c Procentuální podíl plochy reliéfu postiženého a přetvořeného mladými cykly zpětné eroze a svahovými deformacemi* je hodnocen v rozsahu regionálního 3D strukturně geologického modelu (Franěk et al. 2018);
- indikátor K7d *Výskyt vulkanických hornin paleogenního až holocenního stáří a kyselek* je hodnocen do vzdálenosti 5 km od pozemku od PÚPP pro výskyt vulkanických hornin, resp. do vzdálenosti 25 km od PÚPP pro výskyt kyselek.

Hodnocení oblasti kritérií **Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka** je provedeno v rozsahu perspektivního území pro geologické charakterizační práce včetně vylučujících kritérií.

Souřadnice S-JTSK pro **perspektivní území pro geologické charakterizační práce:**

- X 1144798 Y 761118;
- X 1144428 Y 754988;
- X 1149256 Y 756592;
- X 1148200 Y 761361.

Souřadnice S-JTSK pro **perspektivní území pro projektové práce:**

ETE-jih – V

- X 1146302 Y 759305;
- X 1145046 Y 756637;
- X 1146797 Y 756324;
- X 1147985 Y 757836.

ETE-jih – Z

- X 1148149 Y 761288;
- X 1144852 Y 761058;
- X 1144827 Y 760822;
- X 1147724 Y 758550;
- X 1148432 Y 760010.

3 Přehled hodnocených kritérií významných z hlediska dlouhodobé bezpečnosti HÚ

Metodika postupu hodnocení je uvedena ve zprávě Vondrovic et al. (2019). V Tab. 1 je uveden přehled vylučujících kritérií, významných pro dlouhodobou bezpečnost HÚ.

Pro každou z lokalit budou u vylučujících kritérií vyhodnoceny dvě skutečnosti, které vycházejí z požadavků, definovaných na základě vyhlášky č. 378/2016 Sb.

1. **Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.**
2. **Zjištěné informace o posuzované vlastnosti indikují překážku či problém ke splnění požadavku či možné problémy s jeho prokázáním (riziko převažuje nad příležitostí).**

Pokud hodnocená lokalita bude v rozporu s libovolným vylučujícím požadavkem či kritériem, a nebude existovat vhodné technické či administrativní opatření pro jeho eliminaci, nebude již dále zvažována pro další práce a bude zařazena do kategorie vyloučené lokality.

Pokud jsou zjištěny překážky, které mohou bránit v umístění hlubinného úložiště na lokalitě, pak bude posouzena možnost odstranění překážky či problému pomocí technického či administrativního opatření.

Tab. 1 Vylučující kritéria, významná z hlediska dlouhodobé bezpečnosti HÚ (Vokál et al. 2017, Vondrovic et al. 2019); je zachováno ID dle zdroje.

ID	Název kritéria	Popis kritéria/ hodnota	Zdroj	Hodnocené území
2.	Vylučující kritéria z hlediska dlouhodobé bezpečnosti hlubinného úložiště			
2.1	**Geologické charakteristiky**			
2.1.1	Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků	Geologické podmínky v úložišti musí umožnit připravit důvěryhodný komplexní, prostorový geologický model. Hloubkový dosah horninového masivu musí být dostatečný s ohledem na max. předpokládanou hloubku umístění úložiště (minimálně 400 m). Nepřijatelná míra nejistoty v identifikaci a popisu regionálních a lokálních poruchových zón a dalších geologických struktur může vylučovat umístění úložiště. V první fázi povrchových geologických prací však tento faktor nemusí být vylučující, ale může sloužit pro porovnání lokalit.	Vyhl. č. 378/2016, § 18 (4) b)	Perspektivní území pro projektové práce

ID	Název kritéria	Popis kritéria/ hodnota	Zdroj	Hodnocené území
2.1.2	Variabilita vlastností	Velká variabilita vlastností neumožňující připravit důvěryhodný 3D geologický, hydrogeologický, geomechanický či geochemický model je jedním z vylučujících kritérií. Ve stávající fázi povrchové geologické charakterizace však tento faktor nemusí být vylučující, ale může sloužit pro porovnání lokalit.	Vyhl. č. 378/2016, § 18 (4) b)	Perspektivní území pro projektové práce
2.2	**Hydraulické charakteristiky**			
2.2.1	Přítomnost zvodní v izolační části úložiště	Přítomnost zvodní v izolační části úložiště je vylučujícím kritériem pro umístění úložiště.	Vyhl. č. 378/2016, § 8 (2)	Perspektivní území pro projektové práce
2.2.2	Obtížnost vytvoření hydrogeologických modelů a predikce vývoje hydrogeologických poměrů v lokalitě	Nepřijatelné nejistoty v důsledku obtížného stanovení vlivu poruchových zón a dalších struktur na vytvoření hydrogeologického modelu lokality. V první fázi povrchových geologických prací však tento faktor nemusí být vylučující, ale může sloužit pro porovnání lokalit.	Vyhl. č. 378/2016, § 18 (4) b) 2.	Území 3D detailního hydrogeologického modelu
2.3	**Stabilita lokality**			
2.3.1	Zemětřesení a přítomnost potenciálně aktivních zlomů pro období statisíců let (seismická stabilita)	Pro umístění nemůže být využit pozemek jaderného zařízení, na kterém, nebo ve vzdálenosti do 5 km od jeho hranice, se vyskytuje zlom potenciálně schopný posunu s projevem na povrchu nebo blízko povrchu. Hodnoty maximálního potenciálního magnituda a hodnoty zrychlení kmitů půdy s četností mohou být použity pro porovnání lokalit.	Vyhl. č. 378/2016, § 6 (2) a)	V rozsahu odpovídající požadavku vyhlášky č. 378/2016 (v okruhu do 5 km od PÚPP)
2.3.2	Pokles nebo výzdvih povrchu území (vertikální pohyby zemské kůry)	Umístění úložiště je vyloučeno v lokalitách, kde pohyby zemské kůry jsou větší než 1 mm/rok.	Vyhl. č. 378/2016, § 18 (2) g	V rozsahu regionálních dat dle zprávy Hrocha a Pačese (2015)
2.3.3	Postvulkanické jevy	Budou vyloučeny lokality s postvulkanickými jevy (výrony plynů, horké vody atd.).	Vyhl. č. 378/2016, § 9 (3) a) 2.	V rozsahu odpovídající požadavku vyhlášky č. 378/2016 (v okruhu do 5 km od PÚPP)

ID	Název kritéria	Popis kritéria/ hodnota	Zdroj	Hodnocené území
2.4	**Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka**			
2.4.1	Přítomnost starých důlních děl	Na pozemku jaderného zařízení se nesmí vyskytovat stará důlní díla.	Vyhl. č. 378/2016, § 9 (3) b)	Perspektivní území pro geologické charakterizační práce
2.4.2	Přítomnost zásob nerostných surovin	V hloubce větší než 100 m nesmí být zásoby nerostných surovin.	Vyhl. č. 378/2016, § 18 (2) o)	Perspektivní území pro geologické charakterizační práce
2.4.3	Přítomnost zdrojů podzemní vody či geotermální energie	Horninové prostředí nesmí obsahovat významné zdroje vody či potenciál pro využívání geotermální energie.	Vyhl. č. 378/2016, § 8 (2), § 18 (4) c)	Perspektivní území pro geologické charakterizační práce

Ve druhém kroku budou potenciální lokality, které prošly hodnocením vylučujících kritérií, vzájemně porovnávány pomocí váhového hodnocení klíčových kritérií. Klíčová kritéria jsou případně členěna na dílčí indikátory, které představují konkrétní vlastnosti lokalit. Indikátor je tedy dílčí charakteristika lokality využitá pro zhodnocení klíčového kritéria. Porovnání lokalit v této fázi bude tedy provedeno na základě kritérií, která mají největší informační relevanci pro hodnocení a jejich vlastní hodnocení je opřeno o dostatečné množství dat (Vondrovic et al. 2019).

V Tab. 2 jsou uvedena kritéria, významná z hlediska dlouhodobé bezpečnosti, posuzovaná s cílem porovnání lokalit pro umístění HÚ.

Tab. 2 Kritéria a jejich indikátory významné z hlediska dlouhodobé bezpečnosti, hodnocená pro danou lokalitu s cílem vyhodnocení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ (Vondrovic et al. 2019)

ID	Název kritéria	ID	Název indikátoru	Charakter požadavku
K3	Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků	K3a	Stupeň křehkého porušení masivu – zlomové struktury	Vylučující/porovnávací
		K3b	Stupeň křehkého porušení masivu – puklinové systémy	Vylučující/porovnávací
		K3c	Stupeň duktilní deformace	Vylučující/porovnávací
K4	Variabilita geologických vlastností	K4a	Prostorová variabilita horninového prostředí	Vylučující/porovnávací
		K4b	Petrologická variabilita hornin	Vylučující/porovnávací
K5	Charakteristika proudění vody v okolí úložiště a transportní charakteristiky	K5a	Doba dotoku z HÚ do oblasti drenáže	Porovnávací
		K5b	Rychlost proudění v úrovni úložiště ($m.rok^{-1}$)	Porovnávací

ID	Název kritéria	ID	Název indikátoru	Charakter požadavku
		K5c	Propustnost v prostoru HÚ ($m.s^{-1}$)	Porovnávací
		K5d	Sestupná vertikální složka proudění (% plochy HÚ)	Porovnávací
		K5e	Maximální propustnost poruchových zón do 500 m od hranice HÚ ($m.s^{-1}$)	Porovnávací
		K5f	Specifický průtok v prostoru HÚ ($l.s^{-1}.km^{-2}$)	Porovnávací
		K5g	Poměr ředění (%)	Porovnávací
K6	Identifikace a umístění drenážních bází	K6a	Počet drenážních toků	Porovnávací
		K6b	Zastoupení drenáže z plochy HÚ v jediném toku	Porovnávací
		K6c	Zastoupení drenáže z plochy HÚ v jediném povodí	Porovnávací
		K6d	Horizontální vzdálenost HÚ od drenáže (m)	Porovnávací
K7	Seismická a geodynamická stabilita	K7a	Hodnota maximálního horizontálního zrychlení ($m.s^{-2}$)	Porovnávací
		K7b	Výškový gradient	Porovnávací
		K7c	Procentuální podíl plochy reliéfu postiženého a přetvořeného mladými cykly zpětné eroze a svahovými deformacemi	Porovnávací
		K7d	Výskyt vulkanických hornin paleogenního až holocenního stáří a kyselek	Porovnávací
K8	Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka	K8a	Ložiskové poměry na lokalitě (dobývací prostory, CHLÚ, prognózy nerostných surovin)	Vylučující/Porovnávací

4 Geologické charakteristiky lokality

4.1 Kritérium K3 Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků

4.1.1 Regionálně geologická stavba území

Na základě platného regionálně geologického členění Českého masivu náleží horninové komplexy širšího okolí lokality Janoch (ETE-jih) k regionálnímu celku moldanubika, respektive k jednotkám moldanubika jižních Čech (Chlupáč a Štorch 1992). Horninový krystalinický podklad zájmového území je převážně budován metamorfovanými horninami jednotvárné jednotky (biotitické a silimanit-biotitické pararuly v různém stupni migmatitizace). Tento komplex je nerovnoměrně pronikán malými žilnými tělesy křemene, leukokratních granitů a pegmatitů, které jsou spojené nejspíše s projevy pozdní fáze variského plutonismu. Severozápadní hranice tohoto krystalinika je lemována několik desítek kilometrů dlouhou linií vltavotýnské střižné zóny, podle které došlo během variských orogenních pochodů k jihovýchodnímu násunu severně ležícího podolského komplexu přes jednotvárnou a pestrou sérii moldanubika (Lobkowicz et al. 1996). Vysoce metamorfované horniny podolského komplexu tvoří nejsvrchnější strukturní úroveň gfölské jednotky (Kotková et al. 1997). Na jihu je moldanubikum omezeno okrajovými zlomovými liniemi třeboňské a českobudějovické pánve. V západní a jihozápadní části území se v prostoru původních erozivních koryt zachovaly také neogenní uloženiny českobudějovické pánve v podobě sedimentů mydlovarského a ledenického souvrství. Dále se zde vyskytují jednotky pokryvných útvarů zastoupené svahovými a říčními sedimentárními horninami kvartérního stáří.

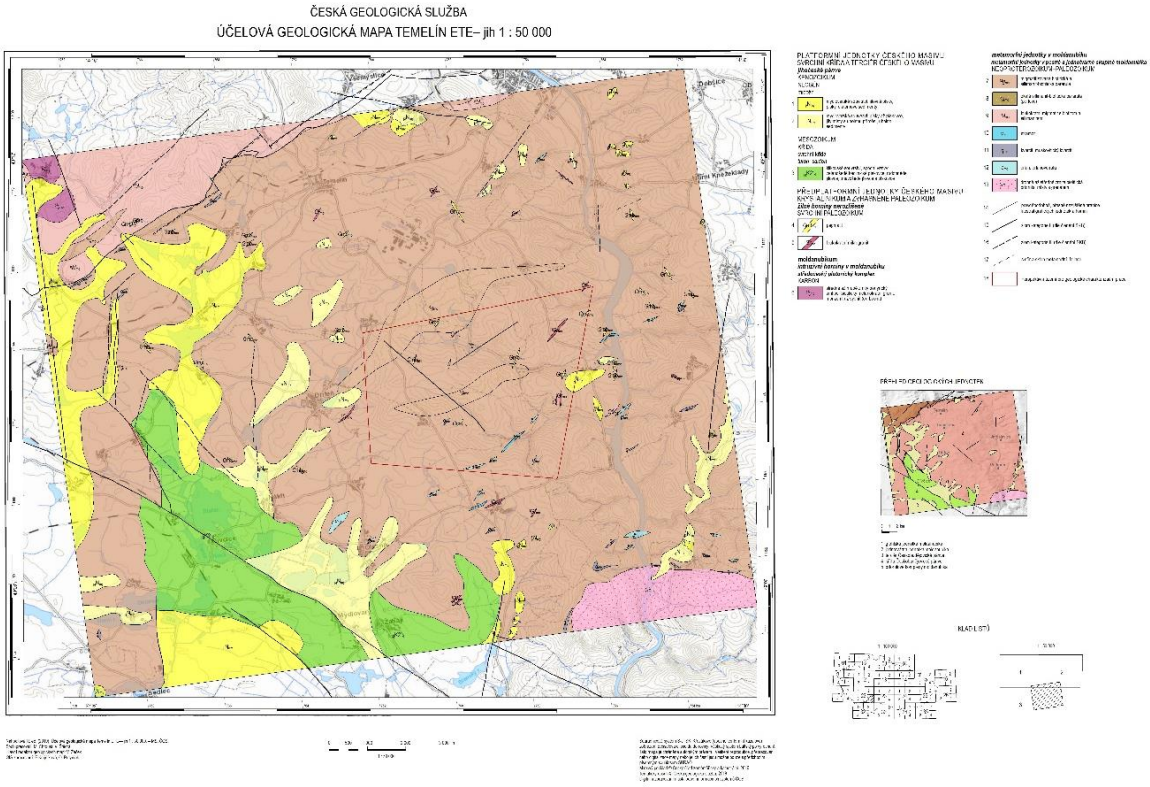
Popis geologické stavby

Horninová stavba lokality Janoch (ETE-jih) (Obr. 1) je litologicky i tektonicky relativně jednoduchá. Převážná část území je budována metamorfovanými horninami jednotvárné jednotky s poměrně stálým směrem i úklonem metamorfní foliace (mírný až středně strmý úklon k SZ, méně často pak k Z a S). Zcela dominantním horninovým typem jsou zde biotitické a silimanit-biotitické pararuly v různém stupni migmatitizace. Pouze podružně se vyskytují omezené polohy a vložky erlanů, krystalických vápenců, kvarcitů a kvarcitických rul. Metamorfované horniny jsou v rámci zájmového území nerovnoměrně pronikány malými žilnými tělesy křemene, leukokratních granitů a pegmatitů, které jsou spojené nejspíše s projevy pozdní fáze variského plutonismu. Na jihovýchodě zasahuje do metasedimentárního komplexu výrazné těleso biotitické ortoruly. Celkově se tak jedná o relativně homogenní komplex hornin s omezeným množstvím vložek a doprovodných hornin odlišné litologie a geneze.

Na severozápadě nasedají na jednotvárnou jednotku horniny vysoce metamorfovaného podolského komplexu, který je řazen k nejsvrchnější strukturní úrovní gfölské jednotky (Kotková et al. 1997). Tento násun směrem k jihovýchodu, ke kterému došlo během variské orogeneze (Lobkowicz et al. 1996), reprezentuje poměrně rozsáhlá, několik desítek kilometrů dlouhá vltavotýnská střižná zóna, kde na kontaktu dochází k silné mylonitizaci přítomných hornin. Vysoce metamorfované horniny podolského komplexu tvoří především leukokratní a biotitické migmatity, případně migmatitizované ortoruly a perlové ruly, ojediněle i granulity a kvarcity. Do tohoto, svou stavbou složitého komplexu metamorfovaných hornin, intruduje celá

řada mladších plutonických těles a žil. Z významnějších plutonů je možné uvést například těleso mohelnického plutonu, který je tvořen převážně porfyrickým amfibol-biotitickým melagranitem až melasyenitem doprovázeným hojnými žílami granitu (Burjak 2013; Faryad a Žák 2016; Žák et al. 2016).

Na jihu je moldanubikum omezeno okrajovými zlomovými liniemi třeboňské a českobudějovické pánve oddělenými Lišovským prahem. V západní a jihozápadní části území (omezeně ale i na severu a jihovýchodě) se v prostoru původních erozivních koryt podružně zachovaly také křídové a neogenní uloženiny českobudějovické pánve v podobě sedimentů klikovského a mydlovarského souvrství. Svrchnokřídové sedimenty jsou tvořeny převážně limonitizovanými pískovci a slepenci, ale i jíly a prachovci. Terciérní uloženiny jsou zde reprezentovány spodní a svrchní částí mydlovarského souvrství, řazeného k neogénu (miocénu). Spodní část mydlovarského souvrství je zde tvořena slepenci, pískovci, jílovitými pískovci s vložkami uhelných slojek, svrchní část je reprezentována jíly, jílovcovitými písky a příležitostně diatomity. Obě vrstvy doprovází zvýšený výskyt žlutých hrancovitých křemenů. Kvartérní sedimenty jsou v zájmovém území kromě autochtonních zvětralin v podobě eluvií zastoupeny fluviálními sedimenty v prostoru koryt a niv trvalých vodotečí a vodních nádrží, deluviofluviálními a deluviálními sedimenty vázanými na splachové terénní deprese a přilehlé svahy, i eolickými sedimenty v podobě různě mocných návějí a závějí sprašových hlín.

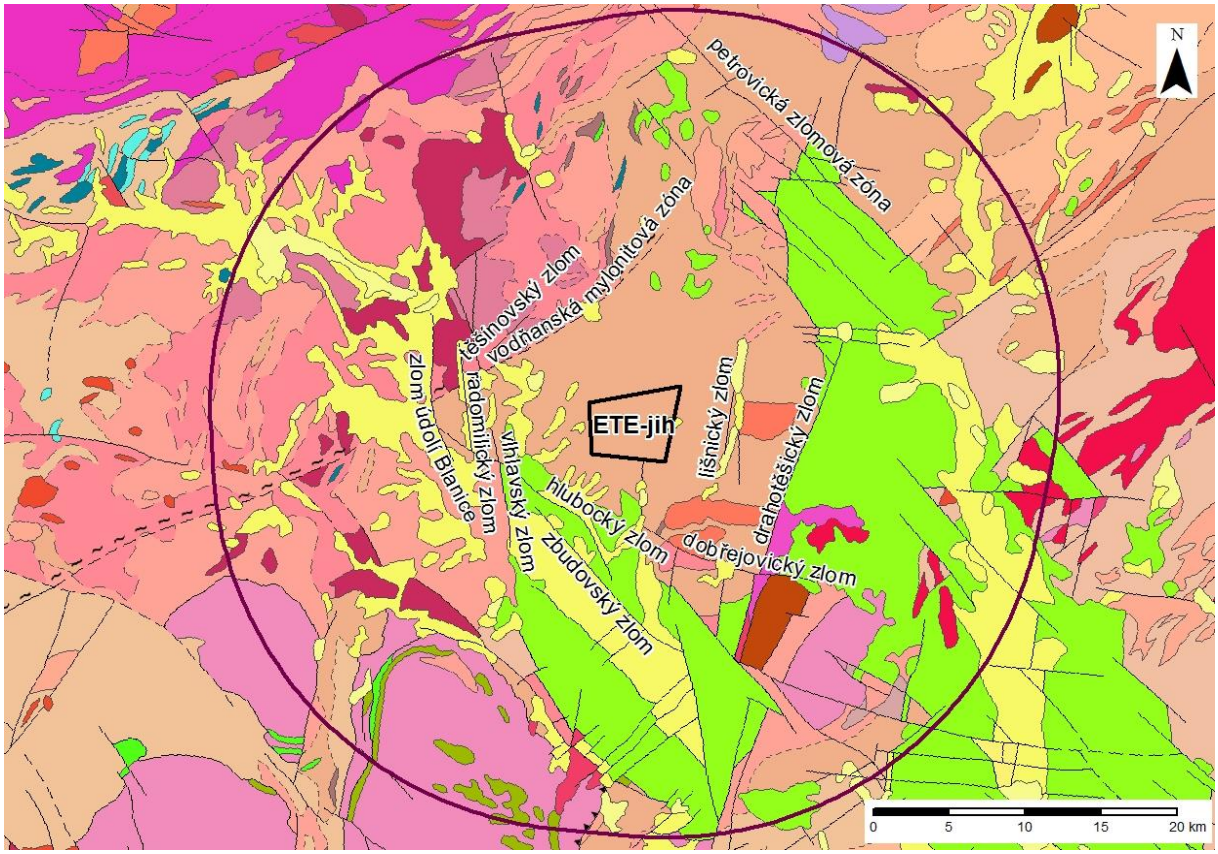


Obr. 1 Účelová geologická mapa lokality Janoch (ETE-jih) (aktualizovaná mapa zlomové sítě je na Obr. 4, podle Mixa et al. 2019)

4.1.2 Indikátor K3a Stupeň křehkého porušení masivu – zlomové struktury

Zlomové struktury regionálního měřítka v okruhu 25 km

Popis významných tektonických linií regionálního měřítka, v širším okolí lokality, a jejich přímé zhodnocení není zahrnuto v závazné metodice hodnocení (Vondrovic et al. 2019). Nicméně jejich konfigurace je klíčová pro posouzení zlomových struktur přímo na území lokality a jejich zasazení do širšího strukturního rámce regionu.



Obr. 2 Mapa zlomových struktur v širším okolí lokality (okruh 25 km od lokalizace zájmového území černou linií), menší černý polygon – lokalita Janoch (ETE-jih) (perspektivní území pro geologické charakterizační práce)

Zájmové území i jeho blízké okolí (Obr. 2) je prostoupeno křehkými poruchami různého stáří, orientace a významu. Zlomová křehká deformační stavba se uplatnila zejména na konci variské orogeneze, kdy významné diskontinuity často sloužily jako výstupní dráhy žilných granitoidních hornin v závěru magmatické aktivity. Území je postiženo reaktivací puklinových systémů více směrů a zejména pak JZ–SV struktur anizotropie hornin podél významné duktilní střižné vltavotýnské zóny. Vznik mladších zlomových struktur je pak především vázán na aktivnější tektonické okraje pánví dále na JV a JZ od zájmového území a také na zlomová pásma severojižní blanické brázdy za východním okrajem území (Štědrá et al. 2015). Subrecentní křehká tektonika se uplatňuje zejména přítomností rozsáhlých přípovrchových puklinových systémů. Křehké poruchy vznikaly během povariského vývoje. Směrově jsou některé poruchy paralelní s foliací, tedy směru SV–JZ (vodňanská mylonitová zóna, těšínovský zlom), příp. V–Z, jiné jsou k němu kolmé (směr SZ–JV, např. hlubocký a zbudovský zlom). Poruchy směru SSV–JJZ (směr blanické brázdy – lišnický, drahotěšický zlom) až S–J

(vlhlavský, radomilický zlom) jsou místy doprovázeny křemennými žilami, popř. zdůrazněny hranicemi mladších sedimentárních reliktů.

Morfotektonické zhodnocení území regionálního 3D geologického modelu

V rámci hodnocení indikátoru K3a Stupeň křehkého porušení masivu je morfotektonické zhodnocení zájmové lokality pomocnou metodou posouzení křehkého porušení horninového masivu – především zlomových struktur. Identifikované strukturní lineární indikace jsou členěny do jiných kategorií (Marek et al. 2005; Woller 2006), které neodpovídají členění zlomů viz Andersson et al. (2000). Zhodnocení bylo provedeno na základě morfostrukturní analýzy digitálního modelu reliéfu 4. generace (DMR 4G) a radarových družicových dat ALOS-PALSAR 2. Morfostrukturní analýza DMR 4G byla provedena v souladu s metodikou ČGS (Kopačková et al. 2017). Výsledky morfostrukturní analýzy radarových družicových dat ALOS-PALSAR 2 byly převzaty ze „Zprávy o provedení geologicko-výzkumných prací na lokalitě ETE-jih“ (Navrátilová et al. 2017). Na tomto místě je nutné zmínit, že analýza radarových dat byla provedena jiným způsobem než v projektu Kopačkové et al. (2017). Celkové zhodnocení, klasifikace i hustotní model metodicky navazuje na předcházející geologické úkoly realizované v rámci programu GeoBariéra (Marek et al. 2005, Woller 2006). Pod pojmem morfolineament se rozumí lineární prvek zjištěný z DMR (nebo i ze studia leteckých snímků, terénního pozorování atd.) na základě studia geomorfologických indikací – morfostruktur. Strukturní lineární indikace je lineární prvek zjištěný různými metodami DPZ, studiem DMR – morfolineamentů, letecké geofyziky atd., který má genetickou vazbu na geologické struktury (zlomy, litologická rozhraní, foliace či puklinové zóny). Tektonická linie je chápána jako lineární strukturní prvek s vazbou na zlomy nebo puklinové zóny. Nelze v této fázi poznání určit, zda se jedná o zlom nebo o puklinovou zónu. Zlomové struktury jsou zlomy s různým smyslem a velikostí pohybu na zlomové ploše.

Zjištěné lineární indikace detekované různými metodami byly navzájem konfrontovány a validovány se zlomy archivní dokumentace a v rámci detailního území také s daty získanými terénním strukturně geologickým, geomorfologickým a geofyzikálním průzkumem (Navrátilová et al. 2017). Validované lineární indikace byly následně klasifikovány do definovaných kategorií míry křehkého porušení (Marek et al. 2005, Woller 2006).

Rozložení strukturních lineárních indikací je přibližně rovnoměrné, čemuž odpovídají hustotní maxima strukturních lineárních indikací (Obr. 3). Oblast s velmi vysokou četností lineárních indikací se nalézá v okolí vodňanské mylonitové zóně (ID 25).

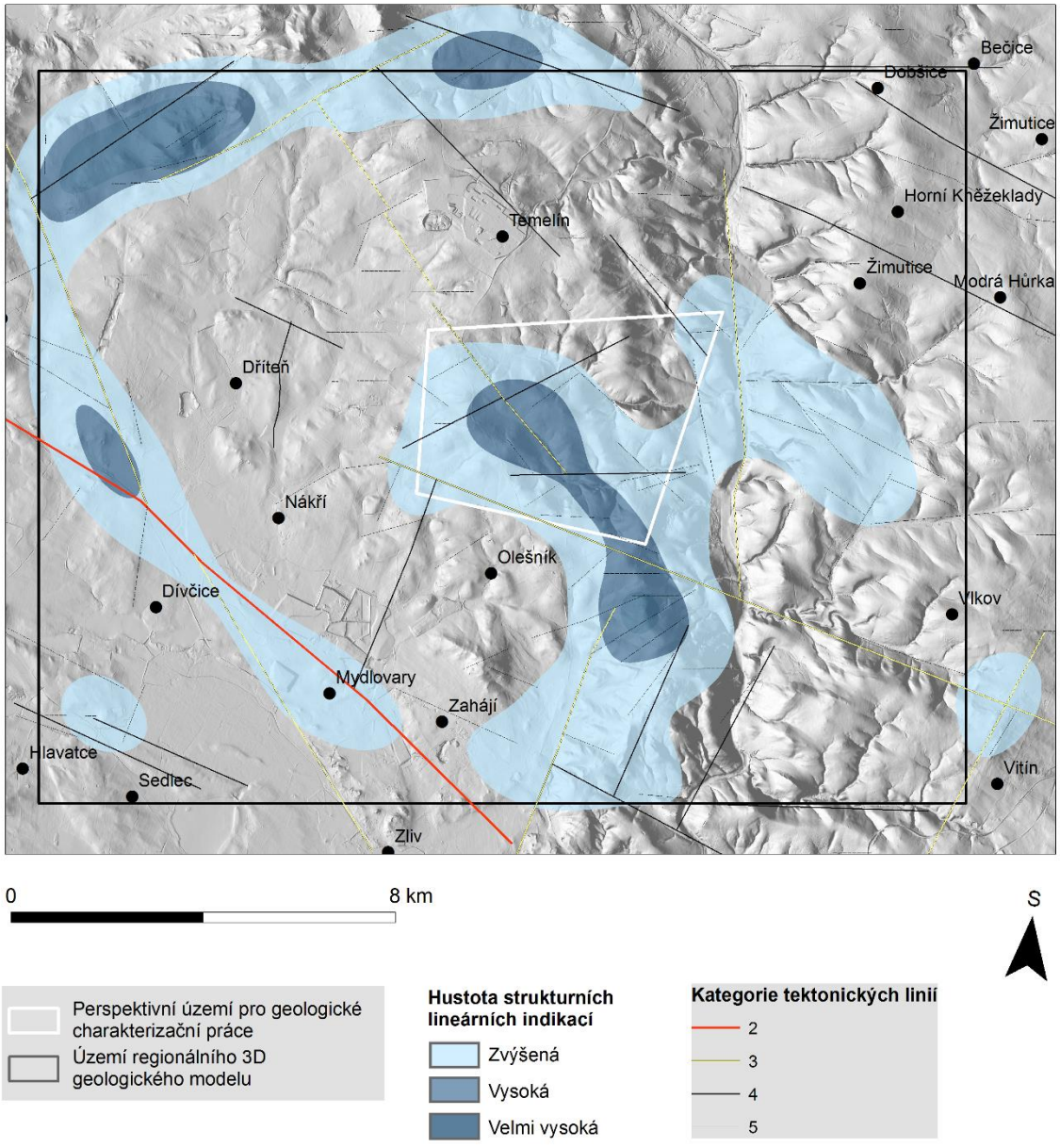
Do perspektivního území pro geologické charakterizační práce zasahuje pouze maximum vysoké hustoty lineárních indikací. Maximum leží v místě křížení několika lineárních indikací, které byly ověřeny pozemním průzkumem. Toto maximum částečně také odráží zvýšenou míru prozkoumanosti na daném území. Morfostrukturní analýzou zjištěné lineární indikace jsou díky datům z průzkumu potvrzeny častěji, na rozdíl od indicií mimo toto území, kde takto podrobný geologický průzkum neprobíhal.

V tomto zájmovém území nebyla detekována jediná strukturní lineární indikace 1. kategorie (Marek et al. 2005). Do širšího území zasahuje pouze jedna strukturní lineární indikace 2. kategorie (Marek et al. 2005). Její morfologický projev není nijak výrazný, nicméně jedná se o 16 km dlouhou strukturu s vazbou na hlubocký zlom (ID 11), který ze severovýchodu omezuje českobudějovickou pánev. Vrána a Štědrá (1997) a Špaček et al. (2011) předpokládají jeho několikakilometrový hloubkový dosah. Tato struktura porušuje a odsazuje

průběh dvou strukturních lineárních indikací 3. kategorie směru SSZ–JJV. Tyto indikace mají vazbu na blatský (ID 17) a zbudovský zlom (ID 12).

V okolí perspektivního území pro geologické charakterizační práce se nalézají další tři lineární indikace 3. kategorie. Lineární indikace směru SV–JZ v sz. části zájmového území má vazbu na vodňanskou mylonitovou zónu (ID 25). Další lineární indikace 3. kategorie probíhá údolím řeky Vltavy. Třetí lineární indikace z výše zmíněných, která také nezasahuje do detailního území, probíhá ve směru SV–JZ a má částečně vazbu na munický zlom (ID 10).

Zvýšená pozornost se musí věnovat dvěma lineárním indikacím 3. kategorie, které zasahují do perspektivního území pro geologické charakterizační práce. Lineární indikace směru SZ–JV má prokazatelnou vazbu na zlom ID 2 díky pozemnímu geofyzikálnímu měření (Navrátilová et al. 2017). Její průběh je reprezentován třemi dílčími odsazenými úseky, které lze sledovat až k vodňanské mylonitové zóně. Na tuto strukturu je vázána i vyšší hustota lineárních indikací.



Obr. 3 Klasifikované lineární indikace na podkladě hustotního rastru, který představuje změny v plošné distribuci tektonických lineárních indikací detekovaných pomocí metod analýzy DMR, radarových družicových dat, leteckých stereoskopických snímků a zlomové sítě (podle metodiky Kopačkové et al. 2017); bodové symboly reprezentují centroidy katastrů obcí.

Druhá lineární indikace 3. kategorie směru ZSZ–VJV byla částečně potvrzena na některých místech geofyzikálními daty a výraznou morfologií v jejím jihovýchodním pokračování. Na základě strukturních měření ji lze spojovat s extenzními puklinami druhého maxima (Navrátilová et al. 2017).

Další lineární indikace, která byla ověřena pozemním geofyzikálním průzkumem, je struktura 4. kategorie probíhající ve směru SV–JZ, a která je rozdělena zlomem ID 2 na dva úseky. Severovýchodní úsek odpovídá zlomu ID 1 (Navrátilová et al. 2017). Nicméně strukturní geologický průzkum i některé další geofyzikální indikace naznačují, že i jihozápadní větev

může být zlomem. Podobně vystupuje také lineární indikace 4. kategorie směru V–Z. Také tato struktura nebyla označena za zlom, nicméně se na ní nacházejí geofyzikální anomálie.

Zlomové struktury 1. a 2. kategorie

V kapitole je specifikován počet, rozsah a charakter dosud indikovaných zlomových struktur. Zlomy jsou klasifikovány na základě Anderssona et al. (2000). Je nezbytné si uvědomit, že zlomová síť je zatížena určitou mírou nejistoty, která je dvou typů:

- nejistota povrchového průběhu, kterou bylo možno v dosavadních pracích rámcově ověřovat a zpřesňovat za pomoci geofyzikálních výzkumů a geologického a hydrogeologického mapování;
- nejistota určení sklonu zlomů, která je vzhledem k absenci technických prací (zejm. vrtů a kopaných rýh) v daných podmínkách krystalinika celkově vyšší.

Přesnost lokalizace zlomové sítě může být významně zvýšena až po realizaci rozsáhlých geologických prací.

Studovaná lokalita Janoch (ETE-jih) je ohraničena třemi zlomovými systémy ve směrech SV–JZ (vltavotýnské mylonitové pásmo), SZ–JV (systém hlubockého zlomu) a SSV–JJZ (zlomový systém směru blanické brázdy) na východě území. Vznik mladších zlomových struktur je pak především vázán na aktivnější tektonické okraje pánví na J a JZ a Z zájmového území ve směru VJV–ZSZ se sklonem upadání k JJZ. Subrecentní křehká tektonika se uplatňuje zejména přítomností rozsáhlých přípovrchových puklinových systémů.

Z hlediska identifikace zlomů a širších poruchových zón přineslo podrobné geologické mapování na profilech a aplikace geofyzikálních měření (Kašpar et al. 2019, Levý et al. 2019) velké množství nových informací. Na lokalitě Janoch (ETE-jih) bylo zjištěno 32 zlomů, z toho 10 zlomů bylo ověřeno z archivních dat, dalších 22 zlomů bylo zjištěno na základě nového geologického a geofyzikálního výzkumu na profilech v letech 2017–2019 (Obr. 4, viz Mixa et al. 2019). Z celkového počtu bylo 5 zlomů zařazeno do 1. kategorie – regionální zlomy a 18 zlomů do 2. kategorie – významné lokální zlomy. Všechny zde uvedené zlomy jsou v místech geofyzikálních profilů považované jako ověřené. Propojení jednotlivých anomálií na různých profilech je interpretační záležitost a v místech mimo profily jsou považované jako předpokládané.

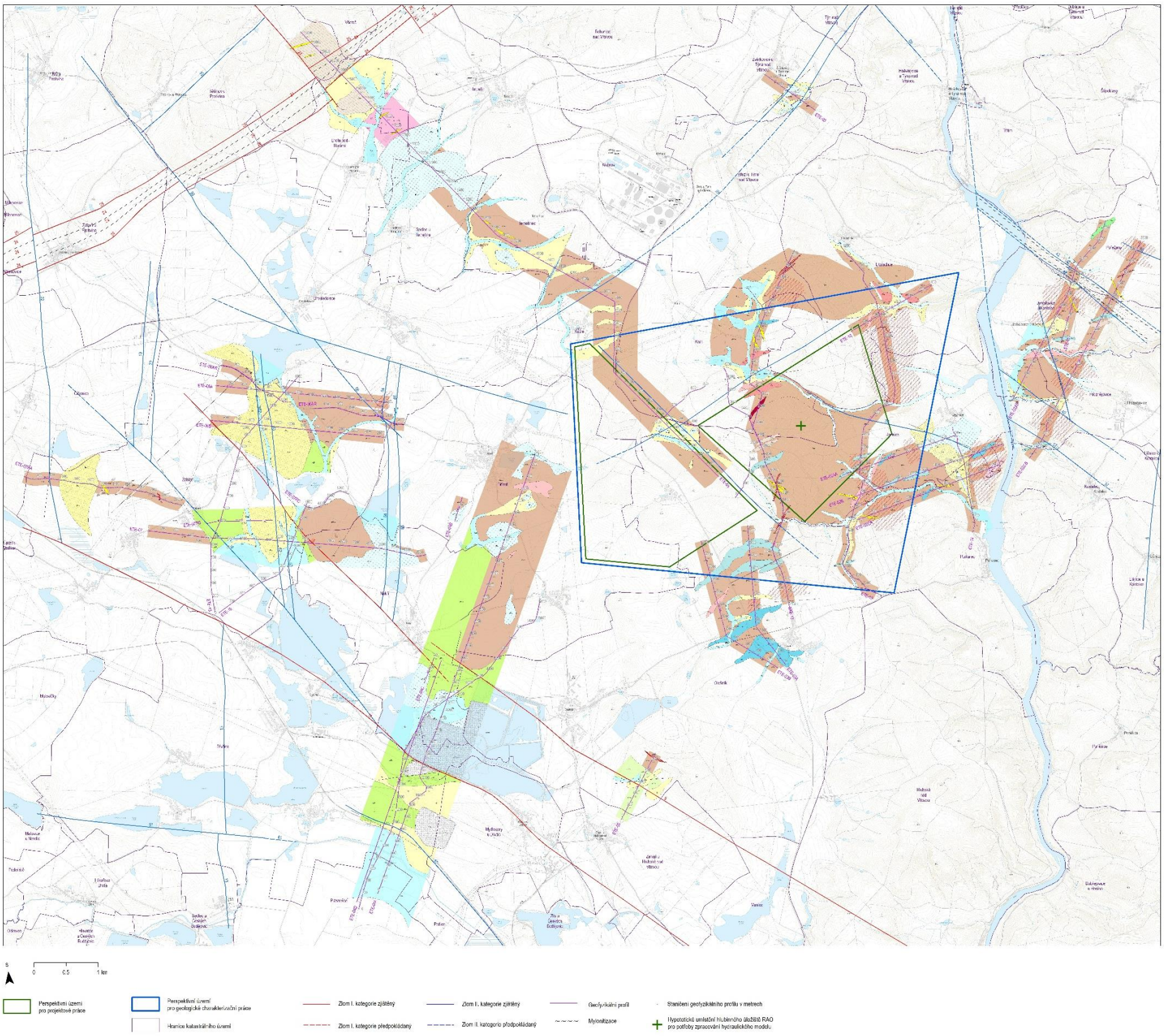
Zlomové struktury 1. kategorie (ID 11, 15, 8) reprezentují hlavní SZ–JV zlomový systém (hlubockého zlomu) ohraničující sedimenty českobudějovické pánve. Na SZ se vyskytuje vltavotýnské mylonitové pásmo 1. kategorie (ID 24, 25), které vykazuje SV-JZ směr. SZ–JV zlomový systém hlubockého zlomu doplňuje ověřená lokálně významná zlomová linie (ID 66), která modifikuje tektonický S–J příkop z. od obce Dříteň. Tento zlom upadá na JJZ pod středními úhly, na severu modifikuje vltavotýnské mylonitové pásmo (zlomy ID 24 a ID 25) a dextrálně ho rozposouvá. Tato zlomová struktura byla převzata z archivní mapy Schovánek (1978a, b): ZGM 1 : 25 000 Vodňany 22-432, i geomorfologie (www.cuzk.cz) a geofyzikální měření (RXS) potvrdily její existenci ovšem s delším protažením k JJV.

U zlomů 2. kategorie se ve východní části zájmového území jedná o zlomové lineamenty (ID 39, ID 40, ID 41, ID 42, ID 55, ID 57) s převážně sz.–jv. až ssz.–jjv. směrem, se sklonem upadání k SSV až VSV pod úhlem cca 75–85°. Jedná se tedy o podružný párový zlomový systém k dominantnímu směru SV–JZ vltavotýnské mylonitové zóny. Pouze na SSV byla

určena lokálně významná zlomová struktura 2. kategorie ID 70 s paralelním směrem SV–JZ vltavotýnské mylonitové zóny, která má délku přesahující 7 km, mocnost 20–30 m a sklon upadání se jeví k SZ pod strmým úhlem 85°.

Na západě zájmového území byly geologickým mapováním, geofyzikálním měřením a geomorfologickým pozorováním potvrzeny zlomové struktury S–J uvnitř pánví. Tektonické příkopy směru S–J, které jsou ohraničeny lokálně významnými zlomovými liniemi 2. kategorie ID 62, ID 63, ID 64 a ID 65, byly ověřeny 2, resp. 3 km, západně od Dříteně. Jejich délka je asi 4 km a šířka asi 200 m. Tyto příkopy jsou sinistrálně rozposouvány reaktivací hlubockého zlomového pásma (pravděpodobně v neogénu), konkrétně zlomem ID 66 a ID 15. Zlomy ID 62 a ID 63 (západnější příkop) jsou ze severu ohraničeny zsz.–vjv. zlomem ID 68 a z jihu blatským zlomem ID 16 stejného směru. Zlomy ID 64 a ID 65 (východnější příkop) jsou obdobně ukončeny, a to ze severu zsz.–vjv. zlomem ID 67 a z jihu zlomem ID 15 stejného směru.

Geologickým mapováním a geofyzikálním měřením bylo také potvrzeno 10 archivních zlomů. Existence hlavního zlomového systému SZ–JV (hlubockého zlomu) byla ověřena na zlomech ID 11 – hlubocký zlom, ID 12 – zbudovský zlom, ID 16 – blatský zlom, ID 15, ID 8. S.–j. struktury tektonického okraje českobudějovické pánve byly zaznamenány na archivním zlomu ID 22 – radomilický zlom. Dále byl ověřen zlom vltavotýnského zlomového systému ID 24, lokálně významné zlomové poruchy 2. kategorie kolem předpokládaného perspektivního území pro projektové práce, a to ID 1 a ID 2 a archivní zlom ID 3 u Zvěrkovic. Detailní popis nově stanovených i archivních zlomů je uveden ve zprávě Mixa et. al (2019).



Obr. 4 Strukturní schéma zlomů na lokalitě Janoch (ETE-jih) (dle Mixa et al. 2019, Pertoldová et al. 2019)

4.1.3 Indikátor K3b Stupeň křehkého porušení masivu – puklinové systémy

Puklinové systémy

V rámci geologického mapování (Navrátilová et al. 2017) byly zjištěny čtyři skupiny střižných puklin. Jedná se o struktury průběhu SSV–JJZ až S–J se strmým úklonem k ZSZ až Z, převážně bez výskytu striací a indikátorů kinematiky (i), struktury průběhu SZ–JV se strmým úklonem k JZ i SV s variabilním výskytem striací s mírným sklonem k ZSZ, které nesou indikátory pravostranné šikmé kinematiky pohybu, a případně s výskytem mladší generace striací (ii), struktury průběhu SV–JZ se středním sklonem k SZ s výskytem striací se středním úklonem k ZSZ až Z s indikátory poklesové kinematiky pohybu (iii), a posledními jsou struktury průběhu Z–V se strmým sklonem k J s variabilním výskytem striací s mírným sklonem k ZJZ s nevýraznými indikátory pravostranné šikmé kinematiky (iv). Na základě vztahu nedeformovaných pegmatitových žil a okolní křehké reaktivace autoři usuzují na větší stáří těchto významných střižných reaktivací horninového masivu, než je moment vmístění žilných těles vázaných na granitoidní magmatismus.

Dominantním souborem extenzních puklin jsou v horninách zájmového území subvertikální pukliny bez minerální výplně. Lze zde pozorovat několik hlavních trendů v orientaci strmých extenzních puklin: SZ–JV (nejhojnější), SSZ–JJV a SSV–JJZ. Nejvyšší četnost extenzních puklin všech směrů byla zaznamenána u silně zvětralých pararul s vyšším stupněm prokřemenění, s hustotou puklin přibližně 5–6 na metr. U slaběji prokřemenělých, a méně zvětralých pararul, četnost puklin klesá běžně na 2–4 na metr a u erlanů až na 1–2 na metr.

Vzhledem k tomu, že na lokalitě Janoch (ETE–jih) nebyl vytvářen DFN model (Kabele et al. 2018), nebyly ani systematicky sbírány detailní informace o puklinové síti na lokálních výchozech a nelze tak určit hodnotu parametru P_{21}, který vystihuje sumární délku struktur na jednotku plochy, aby bylo možné tuto lokalitu porovnat s dalšími osmi, zejména s lokalitou Kraví hora, která je svým geologickým složením lokalitě Janoch (ETE–jih) nejblíže.

Na základě geofyzikálních dat (Kašpar et al. 2019, Mixa et al. 2019) se oblasti s relativně četnějším výskytem puklin projevují typickým poklesem rychlosti šíření seizmických vln v MRS a poklesem hustot v gravimetrii. Další metody použitelné pro identifikaci puklinových zón jsou DOP a ERT s projevem poklesu měrných elektrických odporů. Širší oblasti se sníženými měrnými odpory jsou interpretovány jako relativně více porušené, potenciálně puklinové zóny, někde vázané na výše uvedené zlomové struktury, jinde na rozsáhlá území hlubokých zvětralin. Předpokládané puklinové zóny vázané na zlomové struktury vykazují dosah 25–50 m. Pravděpodobně vyšší hustotu puklin můžeme lokálně očekávat v oblastech hlubokých zvětralin, které vykazují dosah 5–35 m pod povrch. Rozpad původního horninového pláště zřejmě způsobila právě síť četných diskrétních subvertikálních diskontinuit.

Dle geofyzikálních dat (Mixa et al. 2019) byly zjištěny slabé indikace křehkého porušení v sumárním rozsahu až 13,8 km v rámci dokumentovaných geofyzikálních profilů. Jedná se o lokalitu, kde reprezentativní horninu tvoří metamorfity. Metamorfní horniny zastoupené na studovaných lokalitách zaznamenaly oproti zkoumaným granitoidům více deformačních fází, z nichž některé předcházely intruzím těchto granitoidů. Zastoupení křehkých struktur se v metamorfovaných horninách na rozdíl od granitoidů s hloubkou příliš nemění. Křehké struktury v granitoidech se směrem do hloubky často diskretizují a vlivem vyššího omezujícího napětí i svírají. Je tedy pravděpodobné, že ačkoli zde nebyla systematicky dokumentována puklinová síť,

porušení horninového masivu nebude vázáno pouze na přípovrchovou zónu, ale bude se na rozdíl od granitoidů vyskytovat ve zvýšené míře v hlubších částech horninového masivu.

4.1.4 Indikátor K3c Stupeň duktilní deformace

Migmatitizované pararuly jednotvárné a pestré jednotky této části jihočeského moldanubika jsou tektonicky polyfázově postiženy za vzniku tří sukcesivních systémů plastických deformací (např. Vrána 1992). Poslední významnou tektonickou doménou je pro moldanubikum v širší oblasti duktilní vltavotýnská (dříve vodňanská) střižná zóna zjz.–vjv. směru, která tvoří tektonickou hranici mezi silně metamorfovaným podolským komplexem (Lobkowicz et al. 1996) ve strukturním nadloží a podložní jednotvárnou jednotkou s nižší metamorfózou. Od severu jsou na této zóně tektonicky uťata nejen horninová tělesa spodnokorového podolského komplexu, ale i tělesa pestré jednotky a kadomské bechyňské ortoruly dále k SV. Od jihu je na střižné zóně ukončena jednotvárná jednotka a mění se na ní směr lineací i starších strukturních prvků, vč. lokálních litologických hranic. Poslední fáze pohybu podél této zóny má poklesový charakter, za současného vzniku několik kilometrů mocné zóny duktilní až křehké refoliace podložních pararul jednotvárné jednotky spojené s muskovitizací. Transport svrchní kry k SZ vyvolal vznik minerální lineace roztažení podél smykových ploch jak v podložních jednotvárných parametamorfitech, tak v bazální části podolského komplexu, a také vznik extenzních S–C staveb v okrajových částech variských ultradraselných granitoidů dále na SZ. Poklesová foliace zapadá se středním sklonem k S až SZ a minerální lineace systematicky pod mírnými úhly k SZ a odráží přechod od amfibolitové facie do facie zelených břidlic. Místy se zachovaly i reliktní severojižní průběhy těles, intersekční stavby a starší generace duktilních vrásových staveb v amfibolitech a granulitech.

Jednotvárná (monotónní) jednotka moldanubika vytváří v perspektivním území pro projektové práce homogenní komplex metasedimentů s penetrativní foliací S_2 se sklonem upadání k SZ pod středními úhly (cca 45–50°). Projevy duktilní deformace jsou spjaty především s migmatitizací, vrásnění pararul je patrné pouze v mikroměřítku, kdy leukosomy vytváří izoklinální vrásky mm-ových až cm-ových měřítek se směrem kliváže ZJZ–VSV. Někde jsou stromatitické typy pararul chaoticky provrásněné. Na SZ zájmového území se nacházejí relikty okatých drobovitých variet pararul. Starší reliktní s.–j. stavby S1 nejsou v pararulách zachovány.

4.2 Kritérium K4 Variabilita geologických vlastností

Expertně posouzená variabilita vlastností udává množství, prostorovou distribuci a charakter horninových těles. Petrologická variabilita ukazuje na stupeň homogenity horninového prostředí v rozsahu horninových typů, které jsou definovány pro danou lokalitu. Míra nejistoty určení litologických rozhraní či určení existence drobnějších petrograficky odlišných těles v hloubce je na podobné úrovni jako v případě indikátoru K3a.

4.2.1 Indikátor K4a Prostorová variabilita horninového prostředí

Dominantní horninové těleso migmatitizované biotitické a sillimanit-biotitické pararuly monotónní jednotky moldanubika ve všech směrech přesahuje hranice perspektivního území pro projektové práce. Foliace těchto pararul upadá pod úhlem 45–50° k severozápadu. Na severozápadě zájmového území se v pararulách vyskytují drobovité, okaté biotitické pararuly, dva výskyty těchto těles mají víceméně sv.–jz. průběh (Dříteň-Kočín-Litoradlice a Nová Ves-Jeznice). Hranice mezi těmito dvěma druhy pararul je neostrá s petrologickým přechodem. Ve střední a východní části

perspektivního území pro projektové práce se vyskytují čočky vápenato-silikátových hornin jako erlanů, kvarcitů a mramorů, některé z nich i se značnou mocností (např. v bezprostřední blízkosti jižní hranice perspektivního území se vyskytují mramory s mocností až 120 m, 50–80 m mocnost mají erlany severně od obce Chlumec). Všechna tělesa těchto hornin probíhají paralelně s foliací okolních pararul a kontakty jsou relativně ostré. Na základě geofyzikálních měření a jejich výsledků je pravděpodobný prostorový rozsah vápenato-silikátových vložek desítky až stovky metrů. Převážně ve střední východní části zájmového území se vyskytují křemenné žíly orientace SSV–JJZ, leukokratní žilné mikrogranity ve směru SV–JZ a pegmatity ve směru SSZ–JJV, všechny tyto žilné horniny vykazují strmé výstupní dráhy s ostrými kontakty vůči okolním pararulám.

Omezeně (převážně na východě perspektivního území) jsou krystalinické horniny překryty platformním pokryvem, který tvoří neogenní uloženiny. Izolované terciérní denudační relikty českobudějovické pánve, se značně nepravidelným rozsahem a mocností, dosahují maximální mocnosti 5–20 m pro svrchní mydlovarské souvrství a 50–70 m pro spodní mydlovarské souvrství. Pod těmito výskyty a v jejich okolí jsou krystalinické horniny hlouběji fosilně zvětralé. Kvartér je v perspektivním území pro geologické charakterizační práce zastoupen jen minimálně, většinou se jedná o fluviální sedimenty kolem toků nebo jílovito-písčité svahoviny.

4.2.2 Indikátor K4b Petrologická variabilita hornin

Perspektivní území pro projektové práce a jeho blízké okolí je majoritně tvořeno migmatitizovanou biotitickou a sillimanit-biotitickou pararulou, která na severním okraji zájmového území (převážně severovýchodně od Dříteně) přechází do okatých variet. Migmatitizované pararuly jsou páskované, mírně zvrásněné, drobnozrnné horniny s lepidogranoblastickou strukturou. V těchto horninách je charakteristická přítomnost polyminerálních pásků hrubozrnnějšího světlého leukosomu, který je tvořen převážně plagioklasem, křemenem a K-živcem. Melanosom/restit obsahuje především biotit, ale i malé množství rekrystalizovaného plagioklasu, křemene, sillimanitu, muskovitu a draselného živce. Akcesorie tvoří granát, zirkon, muskovit, titanit, monazit, apatit, titanit a opakní minerály jako pyrit, ilmenit aj. Okaté pararuly jsou jemnozrnné až drobnozrnné horniny s typickými makroskopicky viditelnými očky živců, mají plošně paralelní texturu a lepidogranoblastickou strukturu. Hlavní horninotvorné minerály tvoří plagioklas, K-živec, křemen a biotit. Vedlejšími minerály jsou muskovit a sillimanit, zřídka i granát. Sekundárně se vyskytuje sericit, který postihuje plagioklas. Hojnými akcesoriemi jsou apatit, zirkon, monazit a ilmenit.

Uprostřed a na východě perspektivního území se vyskytují vložkové horniny jako erlany, mramory a kvarcity, a žilné variety hornin jako leukokratní mikrogranity, pegmatity a křemenné žíly. Vápenato-silikátové horniny jsou většinou jemno až drobnozrnné, horniny s granoblastickou strukturou, někdy páskované. Erlan je tvořen převážně plagioklasem, klinopyroxenem a křemenem, minoritně se vyskytuje amfibol, biotit a epidot. V mramoru je hlavním minerálem kalcit, podružně se vyskytuje grafit a oxidy a hydroxidy Fe. Kvarcit obsahuje převážně křemen a plagioklas, akcesoricky se vyskytuje muskovit a rutil. Leukokratní mikrogranity tvoří drobné žilné útvary protažené v ssv.–jjz. směru. Jedná se o jemnozrnnou horninu tvořenou dominantně světlými minerály – křemenem, K-živcem, plagioklasem a muskovitem, biotit je zastoupen zcela výjimečně. V hornině se ojediněle vyskytují i zrna granátu. Pegmatity tvoří drobná žilná tělesa protažená v sv.–jz. směru, jejichž mocnost dosahuje max. 10 m. Pegmatit je středně až hrubě zrnitá, světle okrová hornina s všesměrnou strukturou, složená především z K-živce, křemene a

plagioklasu, vedlejší minerály tvoří muskovit, turmalín a biotit. Významnější tělesa středně zrnitých intruzivních muskovit-biotitických granitů byla zjištěna při S a SV okraji perspektivního území. Jedná se o středně zrnité, kompaktní horniny s všesměrnou texturou. Obsahují víceméně stejný podíl křemene, plagioklasu a K-živce, jejichž mozaika tvoří asi 85 % horniny. Minoritně se vyskytují lupínky biotitu a větší tabulky muskovitu. Akcesoricky je přítomen zirkon, apatit a opakní minerály jako pyrit a ilmenit.

Na východní hranici perspektivního území pro projektové práce, jižně od obce Jeznice se vyskytuje izolovaná pánvička s neogenními uloženinami českobudějovické pánve. Jedná se o spodní a svrchní mydlovarské souvrství s variabilní mocností 5–70 m. Pro spodní mydlovarské souvrství jsou typické písky až pískovce, jíly s uhelnou příměsí a uhelné sedimenty. Naopak jílovité písky a písky jsou součástí svrchní části mydlovarského souvrství. Ve spodních partiích mají jílovité vrstvy převážně kaolinitový charakter, výše se na jejich složení podílí i montmorillonit. Hlavním klastickým minerálem je křemen.

4.3 Expertní zhodnocení lokality

V následujícím textu jsou shrnuty pouze hlavní argumenty expertního týmu využité při stanovení příslušných známek. Pro primární podklady uvedených argumentací a další detailní informace je nutno použít zejm. zprávy Mixa et al. (2019), Franěk et al. (2018), Pertoldová et al. (2019), Kašpar et al. (2019), Levý et al. (2019) a Kabele et al. (2018).

Tab. 3 Vyhodnocení geologických kritérií pro potenciální lokality pro umístění HÚ na základě expertního vyhodnocení

indikátor	**Březový potok**	**Čertovka**	**Čihadlo**	**Horka**	**Hrádek**	**Janoch (ETE-jih)**	**Kraví hora**	**Magdaléna**	**Na Skalním (EDU-západ)**
K3a	3,5	3,3	3,8	2,8	2,3	**2**	5	3,5	3,9
K3b	3,3	2,4	4	3	3,3	**3,2**	3,1	3	3
K3c	1,2	1,5	1	2	1	**4**	5	1,5	2
K4a	2,1	3	2	1,2	1	**2,2**	5	3,7	2
K4b	2,1	2,2	2	1	1,4	**2,3**	5	2	2,5

Geologická stavba lokality Janoch (ETE-jih) je tvořena metamorfovanými horninami monotónní skupiny moldanubika zastoupenými biotitickými a silimanit biotitickými pararulami v různém stupni migmatitizace. Tento komplex je zejména při s. a sv. okraji studovaného území nerovnoměrně pronikán malými žilnými tělesy křemene, leukokratních granitů a pegmatitů. Při jižním okraji probíhá poměrně významný pruh vložek erlanů, mramorů a kvarcitů. V jižní a západní části území 3D modelu jsou přítomny relikty terciérních pánví a severní okraj českobudějovické pánve vyplněné křídovými a terciérními sedimenty.

Indikátor K3a: Stupeň křehkého porušení masivu – zlomové struktury

Známka 2 řadí lokalitu Janoch (ETE-jih) na první, nejlepší, místo mezi všemi hodnocenými lokalitami. Nutno připomenout, že dle metodiky hodnocení lokalit (Vondrovic et al. 2019) žádná z lokalit, na níž se vyskytuje zlom 1. kategorie nemůže být hodnocena známkou 1, a proto známka 2 byla přidělena lokalitě nejméně postižené zlomovými strukturami.

Možná by se toto pozitivní hodnocení zdálo paradoxní pro lokalitu, na níž je přítomno ve dvou pásmech celkem 5 zlomů 1. kategorie, vysvětlení pro takto dobrou známku je nicméně následující:

při jižním okraji území 3D modelu probíhá ve směru SZ–JV pásmo poklesových zlomů 1. kategorie ID 8, 11 (hlubocký zlom) a ID 15 a dva zlomy 2. kategorie ID 12 (zbudovský) a ID 16 (blatský). Tyto zlomy omezují nejsevernější okraj křídové pánve, jsou dobře definované geomorfologicky, geologicky i geofyzikálně. Jedná se o zlomy strmě ukloněné k JJZ s poklesovou složkou, dle níž sedimentovaly horniny českobudějovické pánve. Tyto zlomy jsou vzdáleny 5 až 9 km od nejbližšího rohu perspektivního území pro geologické charakterizační práce a nijak neovlivňují homogenitu tohoto území.

Druhé pásmo se zlomy 1. kategorie se vyskytuje v sz. cípu studovaného území. Jedná se o zlomy ID 24 a 25, představující část několik desítek kilometrů dlouhé linie vltavotýnské střižné zóny, podle které došlo během variských pochodů k jihovýchodnímu násunu severně ležícího podolského komplexu přes monotónní sérii moldanubika. I tato zóna je dobře definovaná geologicky i geofyzikálně, ačkoliv zde dominují duktilní mylonitizace nad křehkou deformací. Přítomny jsou nicméně hojné křemenné žiloviny a popsána je i hydraulická funkce pásma. Zlomy této zóny leží 10 až 12 km od nejbližšího rohu perspektivního území pro geologické charakterizační práce a rovněž nijak neovlivňují homogenitu tohoto území.

I většina ostatních zlomů 2. kategorie leží poměrně vzdálena od perspektivního území pro geologické charakterizační práce. Přitom centrální část studovaného území pro případné umístění HÚ byla mimořádně detailně dokumentována celkem 11 geofyzikálními a geologickými profily a zároveň celá oblast byla zmapována v letech 2016–2017 v měřítku 1:10 000.

V perspektivním území pro geologické charakterizační práce se vyskytují pouze tři zlomy 2. kategorie (ID 1, 2 a 39), což znamená s přehledem nejmenší porušení mezi všemi lokalitami. Přitom zlomy ID 1 a ID 2 vykazují pouze slabé anomálie v DOP, MRS a ERT, nemají hydraulickou funkci a byly primárně identifikovány nikoliv geologickým mapováním, ale geomorfologickou analýzou. Je tedy otázkou, zda se nejedná spíše o puklinové tahy, nicméně konzervativně byly anomálie označeny jako zlomy. Zlom ID 39 přibližně v.–z. průběhu vniká do perspektivního území pro projektové práce, kde ovšem postupně vykliňuje.

V případě lokality Janoch (ETE-jih) lze konstatovat, že naprostá většina zlomů 1. a 2. kategorie se vyskytuje ve značných vzdálenostech od centrální části studovaného území s lokalizací perspektivních území pro geologické charakterizační i projektové práce a homogenitu tohoto území zlomy neovlivňují, s výjimkou tří nevýznamných zlomů 2. kategorie výše uvedených. Z tohoto důvodu byla expertním týmem stanovena kritériu K3a známka 2 a území je tak považováno za nejméně zlomově postižené ze všech posuzovaných.

Indikátor K3b: Stupeň křehkého porušení masivu – puklinové systémy

Na lokalitě Janoch (ETE-jih), stejně jako na lokalitě Na Skalním (EDU-západ), nebyl stanovován parametr P_{21} v rámci projektu Kabele et al. (2018). Na druhou stranu na těchto dvou lokalitách

probíhaly před projektem DFN modelů podrobné geologické výzkumy – viz Hanžl et al. (2017) a Navrátilová et al. (2017) spojené s detailním geologickým mapováním v měřítku 1:10 000, strukturním výzkumem i geofyzikálním výzkumem (doplněným poté ještě projektem geologických a geofyzikálních výzkumů Mixa et al. 2019).

Stanovení známky expertním týmem, hodnotícím kritérium K3b, tak bylo učiněno na podkladě výše uvedených studií, veškerých informací zjištěných během geofyzikálních a geologických prací Mixa et al. (2019) a rovněž analogií k litologicky obdobným částem metamorfních komplexů moldanubika, zastižených na jednotlivých lokalitách a na lokalitě Kraví hora. Z důvodu nestanovení parametru P_{21} uvádíme bližší popis puklinových systémů:

Střižné pukliny

Na základě geologického mapování (Navrátilová et al. 2017) byly zjištěny čtyři skupiny střižných puklin. Struktury průběh SSV–JJZ až S–J se strmým úklonem k ZSZ až Z, převážně bez výskytu striací a indikátorů kinematiky (i), struktury průběhu SZ–JV se strmým úklonem k JZ i SV, s variabilním výskytem striací s mírným sklonem k ZSZ nesoucí indikátory pravostranné šikmé kinematiky pohybu, případně s mladší generací striací (ii), struktury průběhu SV–JZ se středním sklonem k SZ, s výskytem striací se středním úklonem ZSZ až Z s indikátory poklesové kinematiky pohybu (iii), a poslední struktury průběhu Z–V se strmým sklonem k J, s variabilním výskytem striací s mírným sklonem k ZJZ nesoucí nevýrazné indikátory pravostranné šikmé kinematiky (iv). Na základě vztahu nedeformovaných pegmatitových žil a okolní křehké reaktivace autoři usuzují na větší stáří těchto významných střižných reaktivací horninového masivu, než je moment vmístění žilných těles vázaných na granitoidní magmatismus.

Extenzní pukliny

Dominantním souborem extenzních puklin jsou v horninách zájmového území subvertikální pukliny bez minerální výplně. Lze zde pozorovat několik hlavních trendů v orientaci strmých extenzních puklin: SZ–JV (nejhojnější), SSZ–JJV a SSV–JJZ. Nejvyšší četnost extenzních puklin všech směrů byla zaznamenaná u silně zvětralých pararul s vyšším stupněm prokřemenění, s hustotou puklin zhruba 5–6 na metr. U slaběji prokřemenělých a méně zvětralých pararul četnost puklin klesá běžně na 2–4 na metr a u erlanů až na 1–2 na metr.

V rámci geofyzikálních měření byly zjištěny rozsáhlé zóny, jejichž geofyzikální obraz reflektuje puklinové postižení – jedná se zejména o zóny snížených elektrických odporů v kombinaci se zpomalením seismických vln. Pro představu o intenzitě tohoto fenoménu citujeme ze zprávy Mixa et al. (2019)

Přehled puklinových zón v oblasti hlubokých zvětralin

- *ETE-02AA na metráži 100–450 m a 1000–1200 m v mocnosti 5–35 m (dle metody MRS, DOP).*
- *ETE-02CA na metráži 250–600 a 1600–2350 m v mocnosti 10–35 m (dle metody MRS, DOP).*
- *ETE-02AB na metráži 950–2050 m v mocnosti 10–30 m a v oblasti mylonitové zóny v metráži 2100–2300 m mohou puklinové zóny dosahovat hloubky až 50 m (dle metody MRS, DOP).*
- *ETE-02CB na metráži 450–850 m, 1150–1650 m, 2600–2850 m a 3500–3800 m v mocnosti 10–35 m a v okolí zlomů ID40, ID41 a ID42 zasahuje rozpukání masivu až do hloubky min. 50 m (dle metody MRS, DOP).*

- *ETE-03A na metráži 1000–1600 m v mocnosti 10–25 m, v okolí zlomu ID43 může být masiv rozpukán až do hloubky 50 m (dle metody MRS, ERT, DOP).*
- *ETE-06A na metráži 2600–2750 m v mocnosti 5–7 m (dle metody DOP, gravimetrie).*
- *ETE-08 na metráži 0–2200 m v mocnosti 10–20 m (dle metody MRS a DOP), na metráži 5900–7700 m (v oblasti terciérní pánve) v mocnosti do 20 m.*
- *ETE-09 na metráži 600–900 m v mocnosti 10–20 m (dle metody ERT a DOP).*
- *ETE-10 na metráži 100–550 m a 1200–1450 m v mocnosti 5–35 m (dle metody MRS a DOP).*
- *ETE-11 na metráži 500–650 m v mocnosti až 20 m (dle metody MRS, DOP).*
- *ETE-12 na metráži 0–150 m v mocnosti 10–35 m, v metráži 700–1800 m s hloubkovým dosahem do 20 m a na metráži 5100–5500 m v mocnosti do 10 m. Kolem zlomu ID53 a ID54 dosahují tektonicky porušené zóny mocnosti až 50 m, kolem zlomu ID1 až 30 m (vše dle metody DOP, ERT a MRS).*
- *ETE-13 na metráži 1600–2050 m v mocnosti do 30 m a v metráži 3700–5100 s hloubkovým dosahem 20–40 m (dle metody DOP a ERT).*

Expertním týmem byla lokalitě Janoch (ETE-jih) pro kritérium K3b stanovena známka 3,2 reflektující tyto hlavní poznatky: na výchozech byly měřeny puklinové sety s malou četností puklinových ploch (2-6/metr v závislosti na litologii). Dá se proto předpokládat, že parametr P_{21} by vyšel podobně nízký jako u lokality Kraví hora (P_{21} = 0,58), též budované metamorfními komplexy. Nicméně je nutno zohlednit rozsáhlé indikace puklin v geofyzikálním obraze – viz výše. Lokalitě Kraví hora byla stanovena známka 3,1 – při srovnání těchto dvou území sice Janoch (ETE-jih) vykazuje výrazně plošně větší rozšíření puklinových systémů než Kraví hora, bylo ale přihlédnuto k faktu, že pukliny na lokalitě Janoch (ETE-jih) nejsou mineralizované (na Kraví hoře často doprovodné alterace, prokřemenění či mineralizace), a proto byl stanovena známka jen o 0,1 bodu horší než pro Kraví horu. Obdobně hodnocené lokality intruzivní – Hrádek a Březový potok se známkou 3,3 vykazují podstatně vyšší parametr P_{21} – 1,12 resp. 1,15 – nicméně projevy v geofyzikálním obraze nejsou tak extenzivní (puklinových tahů dokumentovaných geofyzikou je méně), dosah otevřených puklin přitom na granitech bývá větší, obvykle 20–40 m, nezřídka až 60 m – na rozdíl od metamorfitů moldanubika, kde je dosah puklin jen zřídka větší než 30 m. Z toho důvodu byla stanovena lokalitě Janoch (ETE-jih) známka jen o 0,1 bodu příznivější, než je na zmíněným lokalitám v granitoidech.

Indikátor K3c: Stupeň duktilní deformace

Horniny lokality Janoch (ETE-jih) jsou postiženy třemi generacemi různě intenzivně vyvinutých duktilních deformací, jež dokladují druhé nejintenzivnější postižení mezi devíti lokalitami (po lokalitě Kraví hora) a jsou důvodem pro přidělení známky s hodnotou 4.

Migmatitizované parametamorfity jednotvárné a pestré jednotky této části jihočeského moldanubika jsou tektonicky polyfázově postiženy za vzniku tří sukcesivních systémů plastických deformací (např. Vrána 1992).

Jednotvárná (monotónní) jednotka moldanubika je v zájmovém území postižena zejména penetrativní foliací S_2 se sklonem upadání k SZ pod středními úhly (cca 50°), superponovaná metamorfní foliace S_3 bývá vyvinuta v pouze doménách a nabývá mírných úklonů (0–30°) k Z. Vrásnění pararul je patrné pouze v mikroměřítku, kdy leukosomy vytváří izoklinální vrásky mm až cm měřítek se směrem kliváže ZJZ–VSV. Směrem k SZ jsou pararuly postiženy mylonitizací. Starší reliktní s.–j. stavby S_1 nejsou v pararulách v posuzovaném v perspektivním území pro projektové práce a blízkém okolí – zachovány, vyskytují se v širším okolí.

Výše popsaná duktilní deformace lokality Janoch (ETE-jih) je podstatně intenzivnější a pestřejší než na sedmi granitoidních lokalitách, proto odstup mezi známkou pro Janoch (ETE-jih) (4) a nejhůře hodnocenými granitoidními lokalitami Na Skalním (EDU-západ) a Horka (obě 2,0) je velký, což dle posouzení expertním týmem vystihuje rozdíl mezi metamorfními a magmatickými duktilními stavbami. Na druhou stranu duktilní stavby lokality Kraví hora jeví dochované všechny tři deformační systémy $S_{1, 2, 3}$ postižené zároveň intenzivními vrásovými stavbami (reliktní vrásová ramena a izoklinální zámky $V_{1,}$ převrásněné foliace S_2 patrné zejména v kompozičním páskování migmatitů a ploché otevřené vrásy deformující foliaci S_3). Z toho důvodu byla lokalitě Kraví hora stanovena známka vyjadřující maximální duktilní postižení - 5 a lokalitě Janoch (ETE-jih) známka o stupeň nižší tj. 4.

Indikátor K4a: Prostorová variabilita horninového prostředí

Hodnocené území – tj. perspektivní území pro projektové práce a blízké okolí – se jeví jako výrazně homogenní, tvořené monotónními pararulami, nicméně byla lokalitě pro kritérium K4a stanovena známka 2,2. Důvodem, proč není známka lepší, je fakt, že v těsné blízkosti jižní hranice perspektivního území pro projektové práce probíhá pruh pestrých vložkových hornin, převažují krystalické mramory a erlany, méně časté jsou kvarcity a dále od území i amfibolity. Hojnější jsou v tomto pásmu i žilné granitoidy, aplity a pegmatity. Pruh probíhá v.–z. až vsv.–zjz. směrem, vložkové horniny jsou paralelní s foliací a zapadají pod středními úhly k SSZ. Z tohoto důvodu byla expertním týmem lokalitě Janoch (ETE-jih) přidělena známka 2,2, která odpovídá např. hodnocení lokalit Březový potok (2,1) nebo Čihadlo (2,0), kde je obdobná situace – tj. homogenní horniny přímo v perspektivním území pro projektové práce, ale určité množství litologicky odlišných hornin (ať už žil, enkláv či xenolitů v granitoidních terénech, nebo vložkových metasedimentárních či žilných hornin v pararulách moldanubika).

Indikátor K4b: Petrologická variabilita hornin

Argumentace je totožná se zdůvodněním indikátoru K4a. Hodnocené území - tj. perspektivní území pro projektové práce a blízké okolí - obsahuje petrologicky jen nevýznamně variabilní fádní migmatitizované biotitické a sillimanit-biotitické pararuly, nicméně v blízkém okolí perspektivního území pro projektové práce se vyskytují petrologicky odlišné vložkové a žilné horniny, mezi nimiž převažují krystalické vápence, méně pak erlány a kvarcity, přítomna jsou rovněž nehojná žilná tělesa leukogranitů a pegmatitů. Proto byla lokalitě Janoch (ETE-jih) stanovena známka 2,3. Toto hodnocení je horší než např. pro lokality Březový potok (2,1) nebo Magdaléna (2,0), na nichž se v okolí perspektivního území pro projektové práce vyskytují horniny petrologicky příbuzné hostující litologii (zejm. aplity a pegmatity v granitech). Známka je zároveň lepší než např. pro lokalitu Na Skalním (EDU-západ) (2,5), kde v přímo perspektivním území pro projektové práce vyskytují různé variety melanokrátních granitů a syenitů s hojným žilným doprovodem leukogranitů, aplitů a pegmatitů a pohřbenými enklávami stromatitického migmatitu. V těsné blízkosti východních hranic PÚPP EDU-západ – SV a EDU-západ – J navíc probíhá kontakt třebíčského plutonu s moldanubikem. Proto je známka pro lokalitu Na Skalním (EDU-západ) horší než Janoch (ETE-jih)

4.3.1 Nejistoty spojené s hodnocenou oblastí

Hodnocení lokalit HÚ představuje komplexní úlohu, která vyžaduje celou řadu vstupních dat zatížených různou mírou nejistoty. V prostorovém kontextu lze nejistotu interpretovat s ohledem na posuzovanou oblast jako množství chybějící informace (Wellmann a Regenauer-Lieb 2012).

Při hodnocení lokalit je důležité identifikovat a kvantifikovat různé zdroje nejistot. Za současného stavu omezeného poznání horninového prostředí zájmových lokalit nelze nejistotu ve vztahu k jednotlivým geologickým indikátorům zodpovědně kvantifikovat. Dosud nikde ve srovnatelném prostředí nebyla míra nejistoty, ve vztahu k hodnocení lokalit HÚ, kvantitativně definována. Proto je nejistota v této kapitole popsána expertním odhadem. Semikvantitativní stanovení nejistoty bude možno stanovit až po realizaci rozsáhlejších průzkumných prací včetně realizace hlubokých vrtů.

Lokalita Janoch (ETE-jih) je dominantně tvořena pararulami v různém stupni migmatitizace. Nejistota ve vztahu k homogenitě daného území je zřejmá z neznalosti přítomnosti pestrých horninových vložek, žil mikrogranitů a pegmatitů v hloubce.

Stanovit přesnou míru rozpukání metasedimentárního komplexu v hloubce plánovaného HÚ je obtížné. Strukturní data pořízená na povrchu nicméně přináší přibližný obraz o podobě a hustotě puklinových systémů v přípovrchové zóně zkoumaného masivu. Výskyt puklin obdobných orientací i ve větší hloubce lze však jen předpokládat.

Širší oblast zájmu je ohraničena třemi zlomovými systémy ve směrech SV–JZ (vodňanská mylonitová zóna), SZ–JV (systém hlubockého zlomu) a SSV–JJZ (zlomový systém směru blanické brázdy). Nejistota spojená s hodnocením oblasti spočívá v neznalosti úhlů a směrů upadání zlomů. Ve většině případů byly tyto orientace konvenčně stanoveny jako svislé, ale skutečný směr sklonu a průběhu zlomů může být s hloubkou odlišný.

Nejistoty jsou spojené i s průběhem zvodnělých poruchových zón v hloubce úložiště. Na základě numerického výpočtu, hydrogeologických a geologických povrchových prací byly na perspektivním území pro geologické charakterizační práce identifikovány 3 zlomy 2. kategorie (ID1, ID2 a ID39), které se nacházejí cca 130–150 m od předpokládaného HÚ, resp. zlom ID39 zasahuje do polygonu perspektivního území pro projektové práce ETE-jih – východ z VJV. Jeden zlom (ID2) byl určen jako zlom s předpokládanou hydrogeologickou funkcí a ve sklonu upadání na VSV pod strmým úhlem 85° by tento zlom neměl v hloubce 500 m zasahovat do prostředí polygonu perspektivního území pro projektové práce ETE-jih – západ, ale mohl by zasahovat v této hloubce do polygonu perspektivního území pro projektové práce ETE-jih – východ.

4.3.2 Vyhodnocení kritérií ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ (vylučující kritéria)

Vyhodnocení vylučujících geologických kritérií (Tab. 1) ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ je uvedeno v

Tab. 4. Pokud vyhodnotíme všechna výše zmíněná fakta, charakterizující lokalitu z hlediska geologických charakteristik, nebyl zjištěn důvod pro vyloučení lokality z dalšího výběru pro umístění úložiště. Geologická situace lokality je relativně dostatečně prozkoumaná tak, aby bylo možné přepokládat průběh důležitých zlomových linií a vytvořit 3D geologický model.

Tab. 4 Vyhodnocení vylučujících kritérií pro oblast Geologické charakteristiky pro lokalitu Janoch (ETE-jih). ID je zachováno dle zdroje (Vondrovic et al. 2019)

ID	Kritérium	Hodnocení
2.1.1	Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
2.1.2.	Variabilita fyzikálních a geochemických vlastností horninového prostředí	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.

4.3.3 Hodnocení vybraných kritérií pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ

Kapitola „Geologické charakteristiky“ obsahuje výčet a popis geologických faktorů, které lze považovat za základní indikátory vhodnosti lokality Janoch (ETE-jih) pro vybudování HÚ. Jedná se o následující:

Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků

- stupeň křehkého porušení masivu – zlomové struktury (podrobně viz kapitola 4.1.2);
- stupeň křehkého porušení masivu – puklinové systémy (podrobně viz kapitola 4.1.3);
- stupeň duktilní deformace (podrobně viz kapitola 4.1.4).

Variabilita vlastností horninového prostředí

- prostorová variabilita horninového prostředí (podrobně viz kapitola 4.2.1);
- petrologická variabilita hornin (podrobně viz kapitola 4.2.2).

Klasifikace jednotlivých indikátorů byla založena na výše shrnutých dostupných geovědních informacích (viz kapitola 3, stručné shrnutí v kapitole 4.3) ve stupnici 1 – nejnižší až 5 – nejvyšší (viz zpráva Vondrovic et al 2019). Následně bylo provedeno vzájemné porovnání daného hodnocení napříč lokalitami a vyhodnocení geologických indikátorů na základě dohody expertního týmu. Proto bylo zvoleno porovnání formou expertního odhadu na základě diskuze specialistů a jejich shody.

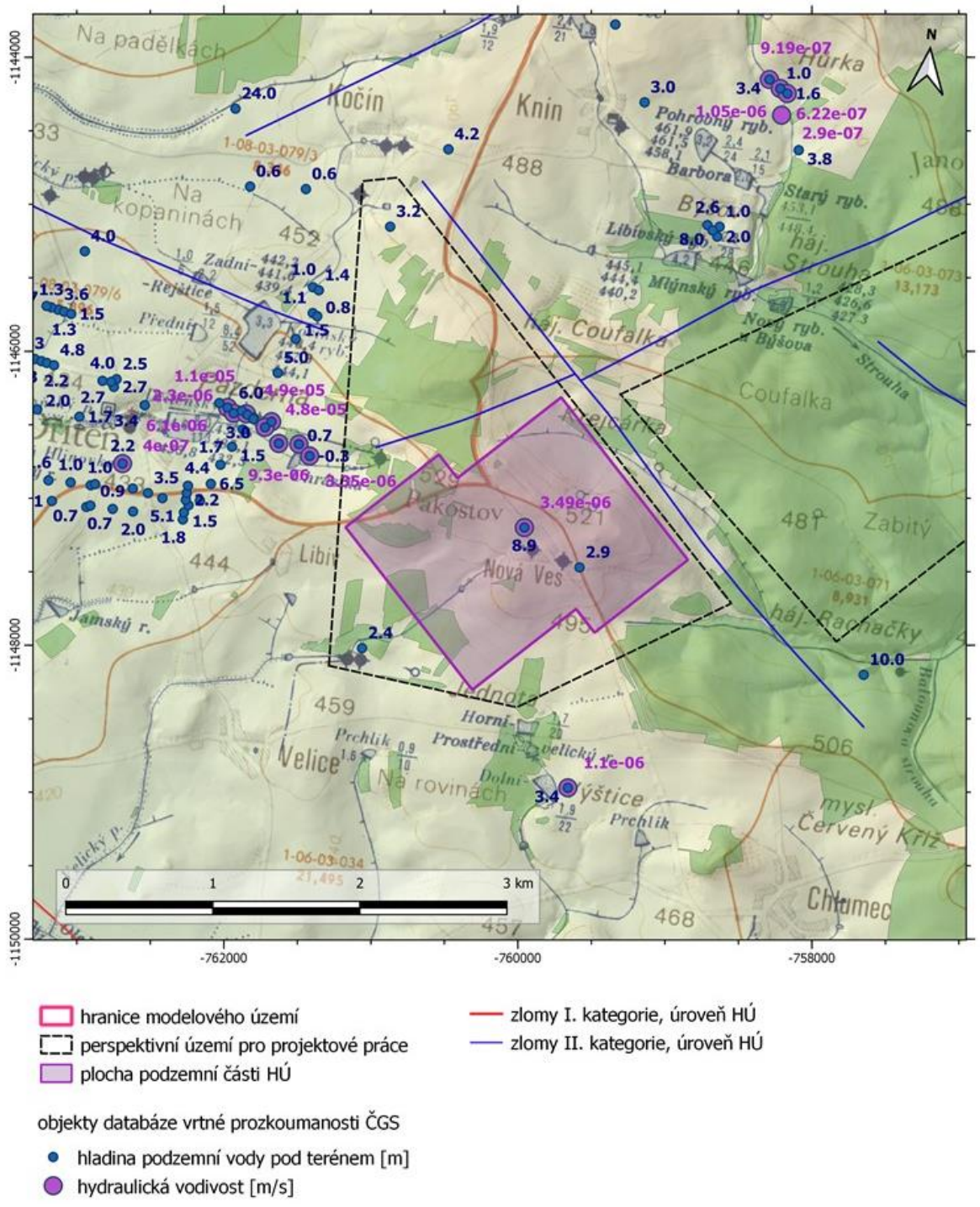
Popis výběru jednotlivých indikátorů a metodiky jejich vyhodnocení je uveden ve zprávě Vondrovic et al. (2019).

Tab. 5 Vybrané indikátory kritérii Geologické charakteristiky pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ a jejich hodnocení pro lokalitu Janoch (ETE-jih). ID viz (Vondrovic et al. 2019)

ID	Indikátory kritérií	Známka
K3a	Stupeň křehkého porušení masivu – zlomové struktury (1 – nejnižší až 5 – nejvyšší)	2
K3b	Stupeň křehkého porušení masivu – puklinové systémy (1 – nejnižší až 5 – nejvyšší)	3,2
K3c	Stupeň duktilní deformace (1 – nejnižší až 5 – nejvyšší)	4
K4a	Prostorová variabilita horninového prostředí (1 – nejnižší až 5 – nejvyšší)	2,2
K4b	Petrologická variabilita hornin (1 – nejnižší až 5 – nejvyšší)	2,3

5 Hydrogeologické charakteristiky

Severní část plochy podzemní části HÚ na lokalitě Janoch (ETE-jih) náleží do hydrogeologického rajonu 6320 Krystalinikum v povodí Střední Vltavy. Jižní část podzemní plochy HÚ pak náleží k metamorfované části hydrogeologického rajonu 2160 Budějovická pánev.



hranice modelového území
perspektivní území pro projektové práce
plocha podzemní části HÚ

zlomy I. kategorie, úroveň HÚ
zlomy II. kategorie, úroveň HÚ

objekty databáze vrtné prozkoumanosti ČGS
- hladina podzemní vody pod terénem [m]
- hydraulická vodivost [m/s]

Obr. 5 Hydrogeologické údaje v databázi vrtné prozkoumanosti ČGS

V širší zájmové oblasti, tvořené jednotvárnou jednotkou metamorfovaných hornin, jsou k dispozici především údaje popisující hladinu podzemní vody v objektech s hloubkou maximálně prvních desítek metrů. Ty jsou soustředěny zejména západně od perspektivního území v okolí města Dříteň a do prostoru perspektivního území pro projektové práce zasahují pouze čtyři vrty s archivními hydrogeologickými informacemi do hloubky 28 m. Vrty s údaji o hydrogeologii jsou situovány převážně v přípovrchové zóně rozvolnění puklin s aktivním oběhem podzemních vod a výrazně vyšší hydraulickou vodivostí (ve srovnání s horninovým prostředím v hloubce HÚ), poblíž vodních toků nebo v lokálních sníženinách. Hladina podzemní vody se ve většině vrtů nachází mělce (jednotky m) pod terénem, hydraulické vodivosti v blízkém okolí lokality Janoch (ETE-jih) se pohybují v řádovém rozmezí od 10^{-7} m.s^{-1} do 10^{-5} m.s^{-1} (Obr. 5). Nejhlubší vrty s archivními hydrogeologickými informacemi o hladině podzemní vody a transmisivitě v prostoru moldanubika jsou vybudovány v okolí JETE, další (již vzdálenější) hluboké vrty se nachází v podrobněji prozkoumané oblasti budějovické pánve.

Přípovrchovou zónu svahových sedimentů a zvětralých metamorfitů lze obecně označit jako prostředí se slabou průlinově–puklinovou propustností. Na tuto nejsvrchnější zónu, mocnou řádově jednotky až první desítky metrů, navazuje přípovrchová část intenzivního rozpukání a rozpojení puklin hydrogeologického masivu charakteristická relativně nízkou puklinovou propustností. Tyto dvě části horninového profilu tvoří hlavní kolektor v metamorfovaných horninách. V tomto kolektoru se vytváří několik dílčích zvodní. Sedimentární horniny budějovické pánve s průlinovou propustností se vyskytují pouze při jižním okraji území hydrogeologického modelu.

Svrchní zvodeň rychlého mělkého lokálního proudění vzniká v prostředí kvartérních sedimentů a zvětralinového pláště. Hloubkový dosah této zvodně je řádově do 10 až 20 m.

Akumulační možnosti svrchního kolektoru v okolí jsou vzhledem ke geologické stavbě a mocnosti značně omezené a nedochází zde k tvorbě významnějších zdrojů podzemní vody.

Spodní, hlubší zvodeň je vázaná na puklinové prostředí pevných hornin. Její dosah je u migmatitů a rul do 40-50 m, u granitových masivů může dosahovat do hloubek 100 až 120 m.

V hlubších částech krystalinika dochází k postupnému svírání puklin tíhou nadložních hornin a hydraulická vodivost se snižuje. Pomalý oběh podzemních vod probíhá výhradně po puklinách, zlomových pásmech a poruchových zónách. K odvodnění hlubších částí zvodně dochází na bázi hlavních vodotečí, většinou skrytě do kvartérních sedimentů.

Zdrojem podzemní vody na lokalitě Janoch (ETE-jih) je srážková infiltrace, ke které dochází v celé ploše území. Distribuce efektivní infiltrace je prostorově variabilní s průměrnou hodnotou 1,5 l·s^{-1}·km^{-2} (Krásný et al. 1982). Do hlubších oblastí masivu, vzhledem k malé propustnosti, přetékají z přípovrchové vrstvy pouze jednotky procent celkového množství vody infiltrovaného ze srážek. Infiltrační oblasti plochy podzemní části HÚ, stanovené modelem, se nachází přímo v nadloží HÚ na vyvýšených oblastech okolo hřebene při vrchu Pakostov (529 m n.m.).

5.1 Vylučující kritéria

5.1.1 Přítomnost zvodní v izolační části úložiště

Pro zhodnocení hydraulických vlastností hlubších částí krystalinických hornin v hloubkách projektovaného HÚ nejsou aktuálně k dispozici žádná data, je ale velmi pravděpodobné, že v hloubce 500 m pod zemským povrchem bude hydraulická vodivost hornin mimo poruchová pásma (izolační část masivu) o tři až pět řádů nižší než v přípovrchové zóně rozvolnění puklin (expertní odhad ČGS) a nebude zde přítomna souvislá zvodeň. V hlubších částech krystalinika dochází k postupnému svírání puklin a hydraulická vodivost horninového prostředí se postupně snižuje. Proudění podzemní vody probíhá výhradně po výrazných puklinách, zlomových pásmech a poruchových zónách. V evidenci ISVS – VODA (www.voda.gov.cz) jsou pro širší oblast perspektivního území pro projektové práce evidovány odběry využívající přípovrchové zdroje podzemní vody a nesignalizují možnost využití podzemní vody hlubokého oběhu pro vodohospodářské využití a existenci významných zdrojů podzemní vody v hlubší části masivu.

5.1.2 Obtížnost vytvoření hydrogeologických modelů a predikce vývoje hydrogeologických poměrů v lokalitě

Pro hodnocení hydrogeologických poměrů na lokalitě Janoch (ETE-jih) byl vytvořen aktualizovaný detailní hydrogeologický model, který reprezentuje aktuální znalost poměrů proudění podzemní vody v lokalitě ve vztahu k hlubinnému oběhu. Využita jsou v něm primárně všechna dostupná archivní data a neinvazivní metody průzkumu z terénu, která jsou dostačující pro realizaci komplexního hydraulického modelu. Vývoj hydrogeologických poměrů na lokalitě úzce souvisí s vývojem klimatu a průběhem budoucího antropogenního ovlivnění horninového masivu, oba faktory však lze v realizovaném hydraulickém modelu lokality Janoch (ETE-jih) zohlednit. Vyhodnocení kritéria je uvedeno v kapitole 5.3.2.

5.2 Kritéria pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ

5.2.1 Kritérium K5 Charakteristika proudění vody v okolí HÚ a transportní charakteristiky

5.2.1.1 Indikátor K5a Doba dotoku z HÚ do oblasti drenáže

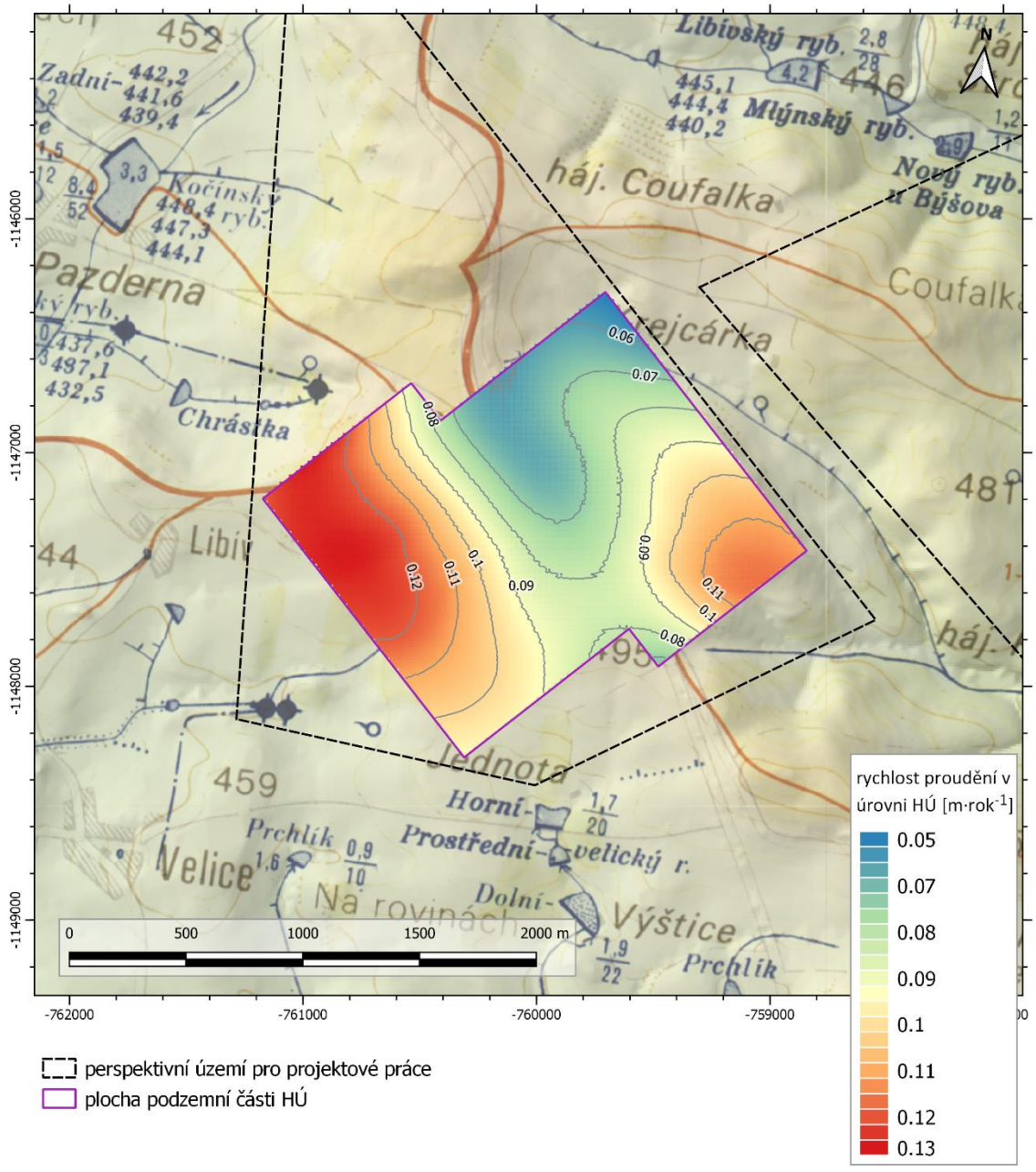
Doby zdržení (dotoku) podzemní vody z prostoru HÚ k drenáži jsou v modelových simulacích proudění podzemní vody stanoveny metodou particle tracking (Muffels et al. 2014).

Skutečná rychlost proudění v úseku mezi prostorem potenciálního úložiště (-69 m n.m.) a drenáží v přípovrchové zóně se liší v závislosti na hydraulickém odporu prostředí a hydraulickém gradientu. Proudění v přípovrchové zóně dosahuje rychlostí řádově stovek metrů za rok, zatímco ve větších hloubkách horninového masivu dosahují rychlosti proudění maximálně desítek centimetrů za rok. Hydraulickou souvislost prostoru projektovaného HÚ s drenážními bázemi charakterizuje parametr doby zdržení (doby dotoku). První kvartil doby dotoku podzemní vody z HÚ k drenážním bázím byl modelem v lokalitě ETE-jih stanoven hodnotou 39 164 roků (indikátor K5a, Tab. 7). Rozsah dob zdržení se z prostor HÚ v lokalitě Janoch (ETE-jih) pohybuje v rozmezí 14 000 až 380 000 let (mezidecilové rozpětí intervalu výsledků $Q_{0,1}$ - $Q_{0,9}$). Relativně dlouhé doby

dotoku na lokalitě Janoch (ETE-jih) jsou důsledkem polohy HÚ situovaného pod rozvodnici III. řádu, kde dochází k výraznému sestupnému proudění do hlubokých poloh krystalinika charakteristických nízkými hodnotami hydraulické vodivosti.

5.2.1.2 Indikátor K5b Rychlost proudění v úrovni úložiště

Rychlost proudění podzemní vody v úrovni úložiště ovlivňuje dynamiku potencionálního odtoku kontaminace z prostor HÚ. Rychlost proudění v úrovni HÚ souvisí s hydraulickým gradientem, který je ovlivněn morfologií terénu a její propagací do tlakových poměrů podzemní vody. Rozložení rychlostí proudění v úrovni a prostoru HÚ vypočtených modelem proudění je uvedeno na Obr. 6. Rozsah vypočtených rychlostí proudění v prostoru potencionálního HÚ se pohybuje v intervalu 0,06 – 0,13 $m.rok^{-1}$ (Indikátor K5b, Tab. 7).



Obr. 6 Rozložení modelových rychlostí proudění (m·rok^{-1}) v prostoru HÚ

5.2.1.3 Indikátor K5c Propustnost v prostoru HÚ

Propustnost horninového masivu v prostoru HÚ (indikátor K5c, Tab. 7) i maximální propustnost zón do 500 m od hranice HÚ (indikátor K5e, Tab. 7) souvisí s koncepcí stanovení hydraulických vodivostí zlomových pásem a jednotlivých identifikovaných litotypů, která je podrobně popsána ve zprávě Uhlík et al. (2018).

Při hodnocení hydrogeologických vlastností lokality Janoch (ETE-jih) byly v horninovém prostředí na základě přijaté koncepce vymezeny dvě dílčí části s rozdílným charakterem propustnosti.

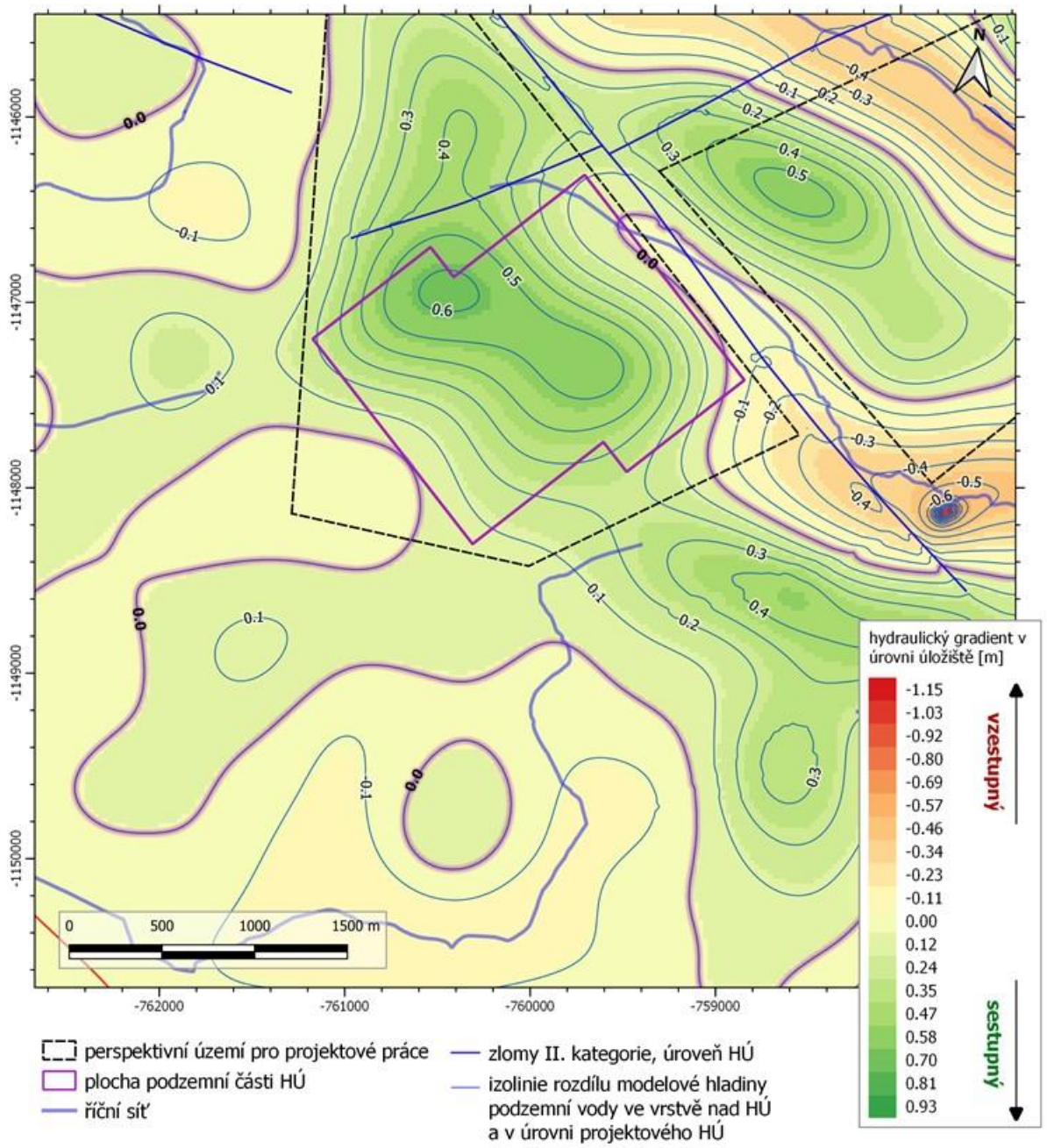
Svrchní část horninového profilu tvoří málo mocné sedimentární horniny kvartéru, aluvium a svrchní vrstva hydrogeologického masivu postižená intenzivním rozpukáním a vyšší mírou

rozpojení puklin. Hydraulická vodivost v přípovrchové vrstvě se v prostoru perspektivního území pro projektové práce pohybuje generelně v rozsahu 1.10^{-7} až 1.10^{-5} $m.s^{-1}$, přičemž i v přípovrchové vrstvě lze předpokládat pokles hydraulické vodivosti s hloubkou.

Spodní část profilu tvoří krystalinické horniny, které lze z hydrogeologického hlediska popsat jako heterogenní anizotropní málo propustné puklinové prostředí. Ve zpracovaném hydraulickém modelu využitém pro hodnocení je zadán pokles hydraulické vodivosti v masivu s hloubkou jak v oblastech bez identifikovaných poruchových zón, tak v těchto zónách. Pokles vodivosti je odvozen podle empirické rovnice (Gustafson a Liedholm 1989) tak, že k poklesu koeficientu hydraulické vodivosti o jeden řád dochází s nárůstem hloubky pod terénem o 675 m. Hydraulické vodivosti horniny (mimo poruchové zóny) v úrovni potenciálního HÚ jsou podle tohoto konceptu v modelu zadané v rozsahu $6{,}6.10^{-10}$ $m.s^{-1}$ až $8{,}3.10^{-10}$ $m.s^{-1}$ (indikátor K5c, Tab. 7).

5.2.1.4 Indikátor K5d Sestupná vertikální složka proudění

V hydraulickém modelu proudění podzemní vody je simulováno nasycené proudění s volnou hladinou podzemní vody v přípovrchové vrstvě. V zájmové oblasti lze obecně předpokládat standardní vertikální vývoj tlakového pole, kdy v infiltračních oblastech převládá sestupné proudění (po vertikále dochází s hloubkou k poklesu hydraulické výšky) a v oblastech drenáže převládá vzestupné proudění (po vertikále dochází s hloubkou k nárůstu hydraulické výšky). Kromě morfologie terénu ovlivňují tlakové poměry odporové parametry horninového prostředí, jejichž heterogenita je v zájmovém území více než litologií určována tektonikou. V tektonických zónách, které efektivně propojují oblasti s různou hydraulickou výškou, dochází k deformaci pole daného primárně úrovní terénu.



Obr. 7 Hydraulický gradient v úrovni HÚ (-69 m n.m.)

Rozdíl hladiny podzemní vody v úrovni HÚ a ve vrstvě nad HÚ je dokumentován na Obr. 7. Z obrázku je patrné, že k sestupnému proudění v úrovni úložiště dochází prakticky v celé ploše HÚ, s maximálním gradientem pod vrchem Pakostov. Oblast vzestupného gradientu zasahuje pouze okrajově do sv. části plochy HÚ a k sestupnému proudění tak dochází na 99 % plochy projektového HÚ (indikátor K5d, Tab. 7). V blízkém okolí HÚ se nejvýraznější oblast vzestupného gradientu v úrovni -69 m n.m. nachází východně od plochy HÚ v oblasti, kde na povrchu protéká tok Rachačka.

5.2.1.5 Indikátor K5e Maximální propustnost poruchových zón do 500 m od hranice HÚ

Koncepce proudění podzemní vody v prostředí hydrogeologického masivu předpokládá existenci pásem zvýšených hydraulických vodivostí vázaných na tektonické poruchové zóny. V hlubších horizontech horninového prostředí má proudění podzemní vody dominantně puklinový charakter. Lze přitom předpokládat, že existence lépe propojené, konduktivní puklinové sítě, zprostředkovávající hydraulické propojení hlubších horizontů s drenážními bázemi na povrchu, je více pravděpodobná v poruchových zónách kolem významných zlomů s hlubinným dosahem. Proudění podzemní vody mezi prostorem HÚ a drenážními bázemi probíhá (a může být tedy ovlivněno) i prostřednictvím puklinových zón.

V širším okolí sz. od HÚ (cca 5 km a více) zasahuje do modelového území vodňanská mylonitová zóna. V jihozápadní části modelového území pak sz.-jv. směrem probíhá ve vzdálenosti cca 3 km od HÚ hlubocký zlom. V bezprostředním okolí zvoleného umístění HÚ na lokalitě Janoch (ETE-jih) se poruchová pásma prvního řádu nevyskytují a do perspektivního území pro projektové práce nezasahují.

V blízkosti plochy HÚ se nachází dvě, vzájemně se křížící, zlomová pásma druhé kategorie. Zatímco zlom s orientací SZ-JV pravděpodobně predisponuje tok Rachačky a prakticky vymezuje hranice perspektivního území pro projektové práce, zlom ve směru JZ-SV se nachází sz. od prostor HÚ a zasahuje do perspektivního území pro projektové práce. Zlomová pásma druhého řádu tak tvoří ve vzdálenosti do 500 m od plochy HÚ hydraulicky nejvodivější struktury a v úrovni HÚ dosahuje jejich hydraulická vodivost maximální hodnoty $8{,}6.10^{-9}$ $m.s^{-1}$ (indikátor K5e, Tab. 7).

Hydraulické vlastnosti těchto pásem mají pro lokalitu Janoch (ETE-jih) menší význam, ale při stávajících znalostech nelze zcela vyloučit hydraulickou souvislost zlomových pásem s prostředím masivu v prostoru podzemní části HÚ (průběh a charakter zón v hloubce HÚ není možné v současnosti ověřit).

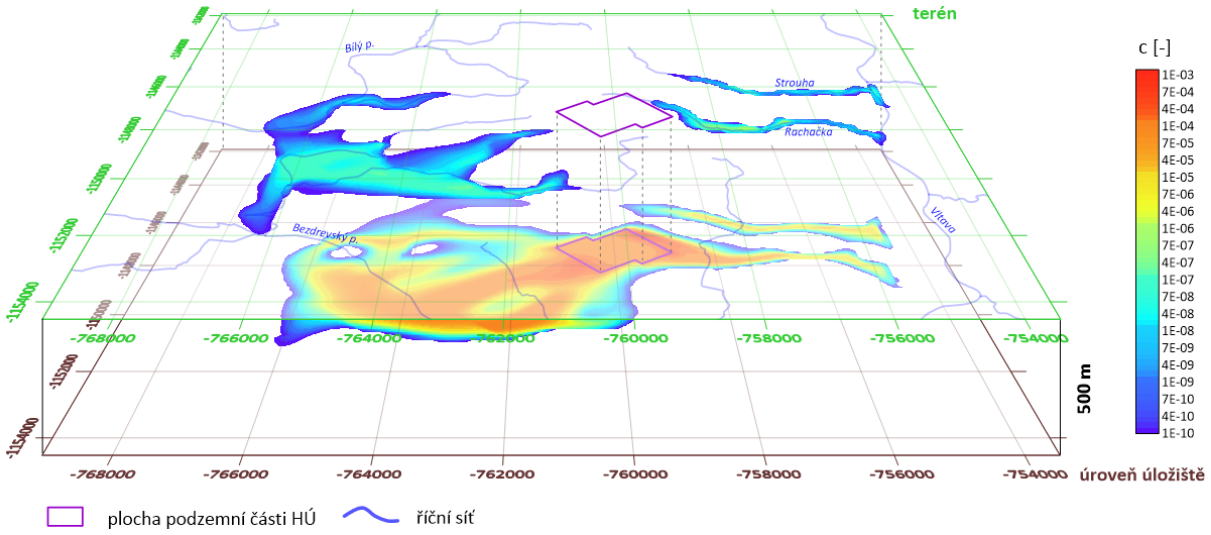
5.2.1.6 Indikátor K5f Specifický průtok v prostoru HÚ

Bilanční údaje proudění podzemní vody pro lokalitu Janoch (ETE-jih) jsou stanoveny z hydrogeologického modelu. Zadané doplňování zásob podzemní vody (efektivní srážková infiltrace) je v ploše modelu proměnlivé a mění se v závislosti na rozložení srážkového normálu. Údaje o plošném rozložení srážkového normálu pro lokalitu Janoch (ETE-jih) byly v kilometrové síti poskytnuty ČHMÚ. Průměrná hodnota infiltrace v zájmové modelové oblasti ETE-jih je $1{,}5$ $l.s^{-1}.km^{-2}$ (Krásný et al. 1982). Z celkově infiltrovaného množství $372{,}5$ $l.s^{-1}$ proudí 94 % podzemní vody pouze v přípovrchové vrstvě zvětralin, rozpojení puklin a kvartéru. Do hlubších oblastí masivu infiltruje (vzhledem k nízkým koeficientům hydraulické vodivosti) pouze $20{,}8$ $l.s^{-1}$. Při sumě průtoků přes vymezenou plochu podzemní části HÚ, která je modelem stanovena na $2{,}28.10^{-2}$ $l.s^{-1}$, má specifický průtok přes půdorysnou plochu HÚ hodnotu $9{,}6.10^{-3}$ $l.s^{-1}.km^{-2}$ (indikátor K5f, Tab. 7).

5.2.1.7 Indikátor K5g Poměry ředění

Pro posouzení vhodnosti lokality Janoch (ETE-jih) z hlediska transportu kontaminace z prostoru podzemní části HÚ do prostoru drenáže podzemní vody byla realizována schematická transportní simulace (pro konzervativní – nereagující a nesorbující stopovač bez možnosti rozpadu). Cílem simulace bylo získat podklady pro hodnocení míry zředění roztoku transportovaného z HÚ

advektivním prouděním podzemní vody k drenážní oblasti. Ředění bylo stanoveno v procentech z poměru maximální koncentrace vypočtené před vstupem do drenážní báze a maximální koncentrace v úrovni HÚ (-69 m n.m.). Pro HÚ v lokalitě Janoch (ETE-jih) byla nejnižší míra ředění stanovena na 0,1 % (indikátor K5g, Tab. 7). Rozsahy kontaminačního mraku a vypočtené relativní koncentrace v úrovni úložiště a v přípovrchové zóně jsou prezentovány v Obr. 8.



Obr. 8 Rozložení relativních modelových koncentrací v úrovni HÚ (-69 m n.m.) a v přípovrchové vrstvě

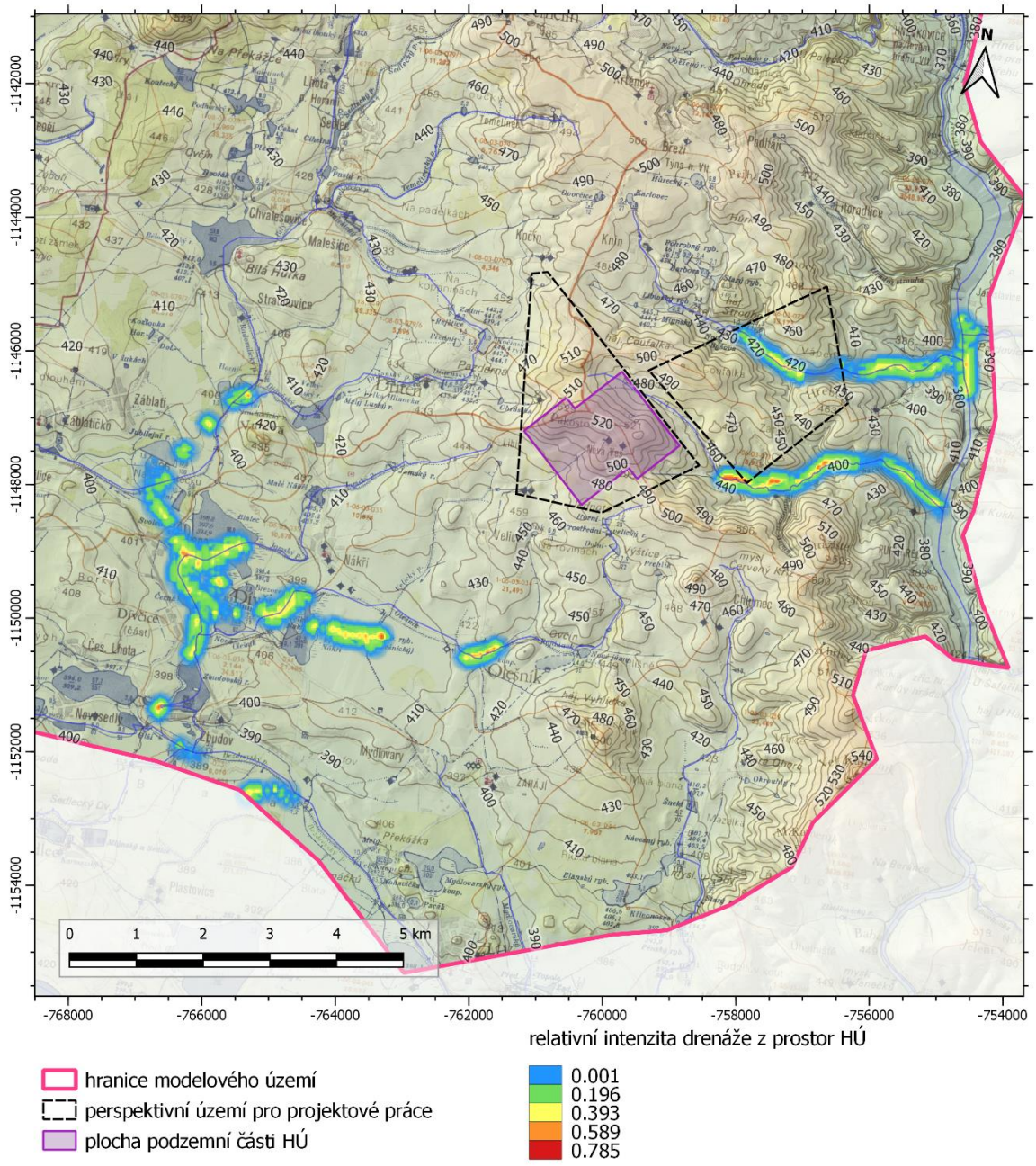
5.2.2 Kritérium K6 Identifikace a umístění drenážních bází

Severozápadní část podzemní plochy HÚ je součástí hydrologického povodí 1-08-03 Blanice a Otava od Blanice po Lomnici, převážná plocha HÚ je situována do povodí 1-06-03 Vltava od Malše po Lužnici.

Drenáž podzemní vody z horninového masivu je zprostředkována přípovrchovou vrstvou zvětralin a rozpojení puklin do povrchových toků. Místa drenáže hlubokého proudění podzemní vody závisí na výrazně heterogenních a anizotropních odporových parametrech horninového prostředí. Drenážní oblasti hlubší zóny lze očekávat v korytech vodních toků a v místech jejich křížení s významnými zlomovými zónami – k tomu dochází v případě Jamského potoka u obce Dívčice a rovněž v případě toků Rachačka a Strouha. Další oblasti, do kterých jsou drénovány podzemní plochy HÚ se nachází v lokalitách s vysokou hydraulickou vodivostí svrchní zóny a nízkým hydraulickým potenciálem.

Předpokládané drenážní oblasti pro HÚ projektované v úrovni -69 m n.m. byly stanoveny modelem proudění s využitím metody particle tracking. Místa a intenzita drenáže z úrovně HÚ v drenážních bázích jsou znázorněny na Obr. 9.

K drenáži podzemní vody protékající prostorem projektového HÚ dochází do relativně velké plochy a podílí se na ní celkově 7 toků (Obr. 9, **indikátor K6a Počet drenážních toků**, Tab. 7). Bílý potok, Bezdrevský potok, Vltava a Strouha se podílí na odvodnění pouze relativně malých ploch podzemních prostor HÚ (v jednotkách procent). Do oblasti východně od HÚ je tokem Rachačka drénována většina (34 %) podzemní vody protékající plochou HÚ (**indikátor K6b Zastoupení drenáže z plochy HÚ v jediném toku**, Tab. 7).



Obr. 9 Vypočtená místa drenáže pro podzemní vodu z projektovaného HÚ na lokalitě Janoch (ETE-jih)

K nejvýznamnějšímu odvodnění prostor HÚ do oblasti hydrogeologického rajonu Budějovické pánve dochází do Jamského potoka (19 % plochy HÚ) a zejména toku Olešník (33 %) v okolí rybníku Velké Nákří. Ty společně s Bezdrevským a Bílým potokem drénují 54 % plochy HÚ a řadí se do povodí Bezdrevského potoka (indikátor **K6c Zastoupení drenáže z plochy HÚ v jediném povodí,** Tab. 7).

Oblasti drenáže jsou vypočteny do úrovně od 375 m n.m. (v místě soutoku toku Rachačka s Vltavou) po 435 m n.m. (západní část drenáže do toku Rachačka). Nejmenší horizontální vzdálenost HÚ od drenáže (**indikátor K6d Horizontální vzdálenost HÚ od drenáže**, Tab. 7) vychází dle modelu proudění 760 m na toku Rachačka (Obr. 9) a k drenáži přímo v nadloží plochy

HÚ, na lokalitě Janoch (ETE-jih) nedochází. Nejvzdálenější místa drenáže se nachází 7 km od hranice podzemní části HÚ v okolí obce Zbudov.

5.3 Expertní zhodnocení lokality

5.3.1 Nejistoty spojené s hodnocením hydrogeologických kritérií

Veškerá hydrogeologická data pocházejí z povrchu nebo přípovrchové zóny. Žádný z dosavadních hydrogeologických průzkumů či výzkumů nedosáhl hloubek plánovaného HÚ, kde lze očekávat rozdílné hydraulické vlastnosti hornin. Pro komplexní hydrogeologické zhodnocení chybí data o hlubokých hydrogeologických strukturách, zejména o výskytu, orientaci a hydraulických vlastnostech vodivých zlomů a poruchových zón v hloubkách HÚ. Hodnocení hydrogeologických poměrů v hloubce úložiště může proto vycházet pouze z interpretace povrchových dat, analogie nebo odborného odhadu.

5.3.2 Vyhodnocení kritérií ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ (vylučující kritéria)

Vzhledem k výše zmíněným faktům (kap. 5.1) je možno konstatovat, že nebyly identifikovány žádné vlastnosti lokality, které by vylučovaly umístění HÚ.

Tab. 6 Vyhodnocení vylučujících kritérií pro oblast Hydrogeologické charakteristiky pro lokalitu ETE-jih. ID je zachováno dle zdroje (Vondrovic et al. 2019)

ID	Kritérium	Hodnocení
2.2.1	Přítomnost zvodní v izolační části úložiště	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
2.2.2	Obtížnost vytvoření HG modelu a predikce vývoje HG poměrů v lokalitě	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.

5.3.3 Hodnocení vybraných kritérií pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ

Pro hodnocení hydrogeologických poměrů a vybraných kritérií pro posouzení vhodnosti lokality Janoch (ETE-jih) pro situování HÚ byl vytvořen aktualizovaný detailní hydrogeologický model, který reprezentuje aktuální znalost poměrů proudění podzemní vody v lokalitě ve vztahu k hlubinnému proudění podzemní vody. Hodnoty Indikátorů uvedených v Tab. 7 jsou vyhodnoceny z výsledků modelového řešení proudění podzemní vody a transportu látek. **Popis výběru jednotlivých indikátorů a metodiky jejich vyhodnocení (sloupec známka) je uveden ve zprávě Vondrovic et.al. (2019).**

Tab. 7 Vybrané indikátory kritérii Hydrogeologické charakteristiky pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ a jejich hodnocení pro lokalitu ETE-jih

ID	Název kritéria/ Indikátoru	*Hodnoty*	*Známka*
	Střední úroveň HÚ (m n.m.)	***-69***	
	Plocha ukládacích prostor HÚ (km²)	***2,369***	
K5	**Kritérium: Charakteristika proudění vody v okolí HÚ a transportní charakteristiky**		
K5a	Doba dotoku z HÚ do oblasti drenáže (roky)	39 164	1,0
K5b	Rychlost proudění v úrovni úložiště (m.rok^{-1})	0,13	1,0
K5c	Propustnost v prostoru HÚ (m.s^{-1})	8,3.10^{-10}	1,0
K5d	Sestupná vertikální složka proudění (% plochy HÚ)	99	1,0
K5e	Maximální propustnost poruchových zón do 500 m od hranice HÚ (m.s^{-1})	8,6.10^{-9}	1,3
K5f	Specifický průtok v prostoru HÚ (l.s^{-1}.km^{-2})	9,6.10^{-3}	1,4
K5g	Poměr ředění (%)	0,1	1,0
K6	**Kritérium: Identifikace a umístění drenážních bází**		
K6a	Počet drenážních toků	7	1,0
K6b	Zastoupení drenáže z plochy HÚ v jediném toku (% plochy HÚ)	34	1,0
K6c	Zastoupení drenáže z plochy HÚ v jediném povodí (% plochy HÚ)	54	1,0
K6d	Horizontální vzdálenost HÚ od drenáže (m)	760	1,4

Rozdíly hodnot indikátorů mezi lokalitami jsou ovlivněny celou řadou faktorů. Primárně rozložením propustnosti horninového masivu, gradienty proudění do míst drenáže a v neposlední řadě i polohou hlubinného úložiště. Konceptuálně propustnost horninového masivu v modelech klesá s hloubkou a je zadána s ohledem na průběh zlomů, litotypy hornin a morfologii terénu (Uhlík et al., 2018). Proudění podzemní vody souvisí s rozdíly hladin v úrovni infiltračních oblastí v okolí úložiště a v oblastech drenáže. Komplexně se tak při proudění podzemní vody uplatňuje morfologie terénu utvářená erozními procesy v návaznosti na geometrii říční sítě. Poloha podzemní části hlubinných úložišť je vymezena průběhem ověřených a předpokládaných zlomů v perspektivním území pro projektové práce.

Zejména u hodnot indikátorů v blízkosti mediánu platí interpretace, že kombinace výše uvedených faktorů ovlivňujících proudění a transport je obdobná jako u dalších lokalit.

Lokalita ETE-jih se při srovnání s ostatními hodnocenými lokalitami vyznačuje výrazně vhodnými hodnotami indikátorů kritérií K5 i K6. Kromě indikátorů K5e, K5f a K6d, které jsou ale rovněž hodnocené nadprůměrně, řadí všechny indikátory ETE-jih na první místo. V celkovém hodnocení tak ETE-jih tvoří do jisté míry specifickou lokalitu. K tomu přispívá kombinace několika příznivých faktorů. Plocha úložných prostor HÚ je situována pod nevýrazné lokální terénní vyvýšeniny, přes které se táhne rozvodnice třetího řádu. To má za následek sestupné proudění, které probíhá téměř na celé ploše úložných prostor HÚ (99 %) a řadí ETE-jih z pohledu indikátoru **K5d** k výborným lokalitám. Plochý reliéf lokality vede k relativně malým výškovým rozdílům mezi místy

infiltrace a drenáže. To ve spojitosti s nízkou, a pro umístění HÚ příhodnou, hydraulickou vodivostí horninového masivu tvořeného pararulami (indikátor **K5c** – $K_{z\ max}$ = 8,3.10^{-10} m.s^{-1}), a dotací s průměrnou hodnotou 1,5 l.s^{-1}.km^{-2}, má za důsledek pomalé sestupné proudění podzemní vody plochou úložných prostor HÚ. Tyto skutečnosti se odráží ve výrazně příznivém hodnocení z hlediska indikátorů **K5b** a **K5f**. Poloha podzemních částí HÚ pod rozvodnicí, jejíž přítomnost se odráží v hladině podzemní vody i v úrovni HÚ, má za následek sestupné proudění významné části podzemní vody až k bázi modelového prostoru s minimální propustností horninového masivu. Zde navíc na základě stávajících dat nedochází k výraznějšímu příspěvku tektoniky, což se odráží v příznivém hodnocení z hlediska indikátoru **K5e**. Podzemní voda drénující se z podzemní části HÚ se po sestupu dále pohybuje rozdílnými směry do poměrně vzdálených drenážních bází. Nejblíže se místa drenáže HÚ nachází až v horizontální vzdálenosti 760 m (**K6d**) v toku Rachačka, který zároveň tvoří dominantní recipient (**K6b**). Tyto charakteristiky společně vedou k dlouhým dobám dotoku (**K5a**), které ve srovnání s ostatními lokalitami výrazně vybočují a jsou velmi příznivé. Říční síť v oblasti metamorfované části HGR 2160 jihozápadně od projektového umístění HÚ (kam je odvodněno mírně nadpoloviční množství vody z podzemní části HÚ – **K6c**) je hustě větvená s poměrně malými drenážními oblastmi příslušnými jednotlivým tokům. Důsledkem toho je (oproti ostatním lokalitám) nejvyšší počet drenážních toků (**K6a**), které zprostředkovávají plošně rozprostřenou drenáž. Kombinace rovnoměrného rozdělení podzemní vody mezi drenážní povodí s relativně dlouhou linií drenáže na toku Rachačka, kde jsou detekovány maximální koncentrace, vede k výraznému naředění koncentrace potenciálního kontaminantu v přípovrchové vrstvě a nadprůměrnému hodnocení lokality i z hlediska indikátoru **K5g**.

6 Kritérium K7 Seismická a geodynamická stabilita

Geologická stavba území k umístění hlubinného úložiště musí zaručit stabilitu hlubinného úložiště po dobu nejméně statisíců let. Podle § 18, odst. 2, písm. g), i), či j) vyhlášky č. 378/2016 Sb., musí být posouzen výskyt endogenních a exogenních jevů (g) předpokládaný vývoj klimatu (i), či zranitelnost horninového prostředí z hlediska dlouhodobých klimatických změn (j). Podle IAEA hostitelské prostředí (IAEA 2011a) pro hlubinné úložiště by nemělo být náchylné k postižení budoucími geodynamickými procesy a následnými jevy a jinými faktory (např. změnou klimatu, neotektonickými pohyby, vysokou seizmicitou) do té míry, že by tyto vlivy mohly nepřijatelně poškodit bezpečnostní funkce celého úložného systému. Na základě předchozích poznatků (Pačes et al. 2010) plyne, že v ČR mohou být důležité především následující vlivy:

1. zemětřesení vyšší intenzity a přítomnost potenciálně aktivních zlomů (seismická stabilita);
2. pokles nebo výzdvih povrchu území (geodynamická stabilita);
3. postvulkanické jevy.

Podle odst. 3 §9 vyhlášky č. 378/2016 Sb. je charakteristikou dalších geodynamických jevů a geotechnických parametrů základových půd, při jejímž dosažení je umístění jaderného zařízení zakázáno, výskyt vulkanických hornin pliocenního až holocenního stáří nebo projevů postvulkanické činnosti, zejména výronu plynů anebo minerálních vod, spojených s minulou vulkanickou aktivitou, do vzdálenosti 5 km.

Zhodnocení lokality z hlediska geodynamické stability dle vyhlášky č. 378/2016 Sb. zahrnuje vliv geodynamických jevů na pozemek jaderného zařízení, jako je vliv eroze a akumulace sedimentů, možnost zaplavení pozemku a posouzení svahových pohybů snižující jadernou bezpečnost. Vylučujícím kritériem je umístění lokality, kde pohyby zemské kůry jsou větší než 1 mm ročně, což znamená, že by v důsledku zahloubení drenážního systému a následných denudačních procesů v daném území došlo k exhumaci potenciálního úložiště za 500 tisíc let. Dalším vylučujícím kritériem jsou lokality s výskytem postvulkanických jevů (výrony plynů, horké vody atd.).

Zhodnocení geodynamické stability vychází ze studie erozní stability perspektivních lokalit HÚ VJP v ČR (Hroch a Pačes 2015). K vyhodnocení geodynamické charakteristiky zájmového území byla použita dostupná archivní data, geomorfologická analýza území zahrnující přítomnost zarovnaných povrchů a jejich pozice k úrovni dnešní erozní báze, a posouzení projevů „mladých“ cyklů zpětné eroze.

6.1 Vylučující kritéria

6.1.1 Zemětřesení a přítomnost potenciálně aktivních zlomů pro období statisíců let (seismická stabilita)

Pro vyhodnocení potenciálně aktivních zlomů na konkrétní lokalitě nejsou k dispozici relevantní data o stáří a aktivitě studovaných tektonických poruch (tektonická síť Mixa et al. 2019). Pro hodnocené území této lokality není indikována aktivita zlomu v období posledních 2,6 milionu let. Pokud není indikována ani prokázána aktivita zlomu v období posledních 2,6 milionu let, předpokládá se, že neexistuje.

6.1.2 Pokles nebo výzdvih povrchu území (vertikální pohyby zemské kůry).

Údaje o rychlosti zahlubování říčního systému nejsou z konkrétního okolí území lokality k dispozici. Archivní údaje o rychlosti zahlubování drenážního systému jsou dostupné pouze v regionálním měřítku.

Na základě studia výškového rozdílu peneplenizovaných povrchů a zachovalých fluviálních sedimentů uvádějí Balatka a Kalvoda (2008) rychlosti zahlubování v průběhu pleistocénu 0,02-0,86 mm/rok. Korelací labských a vltavských teras odhadují Tyráček et al. (2004) průměrnou rychlost výzdvihu centrální části Českého masivu ve spodním pleistocénu na 0,04 mm/rok a během středního a svrchního pleistocénu až 0,15 mm/rok.

Dosavadní studie, vycházející z metod založených na datování pomocí izotopů ^{10}Be a ^{26}Al, jsou dostupné jen z širší oblasti Českého masivu. Z jihozápadního okraje Českého masivu jsou odhady rychlosti eroze 0,023-0,027 mm/rok (Schaller et al. 2001), z oblasti Šluknovského výběžku jsou v průběhu středního a svrchního pleistocénu odhady eroze stanoveny na 0,025-0,027 mm/rok (Nývlt 2008). Uvedené oblasti, kde byly tyto metody využity, sice nevykazují identické geologické charakteristiky se studovanou lokalitou, ale jsou umístěny v podobné geomorfologické pozici. Na lokalitě lze z tohoto důvodu očekávat podobné rychlosti eroze a denudace, a proto jsou tyto údaje v hodnocení lokalit zohledněny. Z výše uvedených údajů vyplývá, že hodnoty vertikálních pohybů zemského povrchu, resp. **rychlosti zahlubování drenážního systému, nepřekračují hodnoty 1 mm/rok pro dané modelové území.**

6.1.3 Postvulkanické jevy

Lokalita se nachází mimo oblasti kenozoického vulkanismu spojeného s vývojem oherského riftu a rozptýleného alkalického magmatizmu Českého masivu nebo karpatského oblouku. V okruhu 5 km od PÚPP nejsou známy projevy vulkanické ani post-vulkanické aktivity pliocenního až holocenního stáří (např. Schovánek 1978a, Schovánek 1978b, Navrátilová et al. 2017). **Z hlediska post-vulkanických jevů nejsou na PÚPP překročena vylučující kritéria.**

6.2 Kritéria pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ

6.2.1 Indikátor K7a Hodnota maximálního horizontálního zrychlení

Studie seismické stability zahrnuje výsledky pravděpodobnostního hodnocení seismického ohrožení vypracované Málkem et al. (2018). Seismické ohrožení lokality je dáno zvláště vzdáleností od prvních dvou významných zón a četností slabých blízkých zemětřesení. V rámci studie byl zkompilován katalog historických zemětřesení pro region do vzdálenosti 300 km od PÚPP s dolním magnitudovým limitem 3,9. Hodnota byla stanovena pro 50% pravděpodobnost a dobou opakování 10^5 let a byly určeny křivky seismického ohrožení pro kvantily 16 %, 50 %, 84 % a průměr. Spodní hranice roční četnosti byla uvažována 10^{-6}. Seismické ohrožení lokality je dáno zvláště vzdáleností od prvních dvou významných zón a četností slabých blízkých zemětřesení.

Hodnota maximálního horizontálního zrychlení získaná z pravděpodobnostní metody pro 50% pravděpodobnost a dobou opakování 10^5 let činí **1,61 m.s^{-2}**.

6.2.2 Indikátor K7b Výškový gradient

Území lokality Janoch (ETE-jih) se nachází v povodí řeky Vltavy, západní část území je odvodňována Temelínským a Dříteňským potokem do řeky Blanice a následně do Vltavy, jižní část levostrannými přítoky Bezdrevského potoka. Východní část území je odvodňována samotným tokem Vltavy a jejími bočními přítoky. V oblasti lze vymezit dvě hlavní úrovně zarovnaných povrchů. V oblasti rozvodí se v nadmořské výšce cca 500 m n. m. nachází vyšší úroveň, která je vyvinuta převážně na horninách moldanubika. Nižší úroveň zarovnaného povrchu je vázána na povrch Českobudějovické pánve v nadmořských výškách 400 až 450 m n. m. Obě úrovně jsou odděleny mírně ukloněnými ústupovými svahy. Povrch zarovnaných povrchů je charakteristický plochým reliéfem, který není vystaven intenzivním projevům zpětné eroze. Na vyšší úrovni zarovnaného povrchu, která je vázána na horniny moldanubika, jsou často vyvinuty zbytky fosilních zvětralin, na nižší úroveň je vázán výskyt křídových a terciérních sedimentů představující výplň českobudějovické pánve (Navrátilová et al. 2017). Na severozápadě území je v horninách podolského komplexu vyvinut zvlněný povrch etchplainu, který rovněž není postižen intenzivními projevy zpětné eroze (Navrátilová et al. 2017).

Lokální erozní báze pro západní a jihozápadní oblast představuje povrch českobudějovické pánve v nadmořské výšce cca 400 až 450 m n. m, pro východní část úroveň povrchu nivy řeky Vltavy v nadmořské výšce cca 350 až 360 m n. m. **Maximální výškový rozdíl mezi úrovní zarovnaného povrchu a příslušnou erozní bází činí 150 m.**

6.2.3 Indikátor K7c Procentuální podíl reliéfu postiženého mladými cykly zpětné eroze a svahovými deformacemi

Projevy zpětné hloubkové eroze se uplatňují ve východní části území vázané na říční údolí Vltavy a její boční přítoky s erozními svahy. Tyto svahy jsou charakteristické vyššími úklony v úpatních částech, výraznými horními hranami, které tvoří zřetelné morfologické rozhraní se zarovnanými povrchy a přítomností erozních údolí s příčným profilem tvaru písmene V a s omezeným výskytem údolních akumulací. V uzávěrech erozních údolí jsou vyvinuta čela zpětné eroze projevující se jako výrazné obloukové uzávěry často s výraznou hranou (Navrátilová et al. 2017).

Oblasti odvodněné přítoky Blanice a Bezdrevského potoka (západní a jihozápadní část území) nevykazují výraznou intenzitu zpětné eroze, svahy zpravidla dosahují malých úklonů a údolí mají většinou charakter mělkých otevřených depresí. **Plocha území postižené mladými cykly zpětné eroze je cca 30 %.**

6.2.4 Indikátor K7d Výskyt vulkanických hornin paleogenního až holocenního stáří a kyselek

Na základě dostupných dat (např. Schovánek 1978a, Schovánek 1978b, Štědrá et al. 2015, Navrátilová et al. 2017) nejsou v okruhu 5 km od PÚPP známy projevy vulkanické ani post-vulkanické aktivity paleogenního až holocenního stáří. V okruhu 25 km od PÚPP nebyly zjištěny žádné výskyty kyselek (Kolářová 1978).

6.3 Expertní zhodnocení

Pokud vyhodnotíme všechny výše uvedené podklady, lze konstatovat, že na základě dat dostupných pro komplexní hodnocení nebyla zjištěna vylučující kritéria pro umístění HÚ.

6.3.1 Nejistoty spojené s hodnocenou oblastí

- Pro vyhodnocení potenciálně aktivních zlomů nejsou k dispozici relevantní data o stáří a aktivitě tektonických struktur. Pro další fáze hodnocení je vhodné realizovat studium zahrnující tektonické mapování, detailní geomorfologickou a morfotektonickou analýzu, včetně monitoringu pomocí aplikace optických metod a DPZ, případně místní seismickou sítí.
- Kritéria a indikátory geodynamické stability vychází především z vizuální geomorfologické interpretace daného území. Zdroje dat o rychlosti denudačních procesů, vertikálních pohybech povrchu a rychlosti zahlubování drenážního systému jsou velmi heterogenní a do jisté míry nespolehlivé, vyplývající z krátkého intervalu měření či účelu pořízení dat. Některé datové zdroje jsou ve vzájemném rozporu v závislosti na použité metodice.
- Archivní údaje o rychlosti zahlubování drenážního systému pochází ze studií v regionálním měřítku a nejsou specifikovaná na jednotlivá dílčí povodí. Nejmodernější studie, vycházející z metod založených na datování pomocí izotopů ^{10}Be a ^{26}Al, jsou dostupné jen z širší oblasti Českého masivu. Chybí tak detailnější analýzy vývoje drenážních systémů v dotčených povodích včetně moderního datování povrchů.

6.3.2 Vyhodnocení kritérií ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ (vylučující kritéria)

Vyhodnocení kritéria Stabilita lokality Janoch (ETE-jih) ve vztahu k legislativním požadavkům je uvedeno v Tab. 8.

Tab. 8 Vyhodnocení vylučujících kritérií pro oblast Seismická a geodynamická stabilita pro Janoch (ETE-jih). ID je zachováno dle zdroje (Vondrovic et al. 2019)

ID	Kritérium	Hodnocení
2.3.1.	Zemětřesení a přítomnost potenciálně aktivních zlomů pro období statisíců let (seismická stabilita)	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
2.3.2.	Pokles nebo výzdvih povrchu území (vertikální pohyby zemské kůry)	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
2.3.3.	Postvulkanické jevy	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.

6.3.3 Hodnocení vybraných kritérií pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ

Popis výběru jednotlivých indikátorů a metodiky jejich vyhodnocení je uveden ve zprávě Vondrovice et al. (2019). Vyhodnocení vybraných indikátorů kritérií pro oblast Stabilita lokality Janoch (ETE-jih) je uvedeno v Tab. 9.

Tab. 9 Vybrané indikátory kritérii Seismická a geodynamická stabilita pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ a jejich hodnocení pro lokalitu Janoch (ETE-jih)

ID	Indikátor kritéria	Hodnota indikátoru	Známka
K7a	Hodnota maximálního horizontálního zrychlení získaná z pravděpodobnostní metody pro 50 % pravděpodobnost a dobou opakování 10^5 let	1,61 $m.s^{-2}$	3,4
K7b	Výškový rozdíl mezi úrovní jednotlivých zarovnaných povrchů a úrovní lokální erozní báze (čím menší výškový rozdíl, tím příznivější hodnota porovnávajícího kritéria	150 m	1,6
K7c	Procentuální podíl plochy reliéfu postiženého a přetvořeného mladými cykly zpětné eroze a svahovými deformacemi (menší podíl rozlohy těchto povrchů k celkové ploše lokality představuje příznivější hodnotu porovnávajícího kritéria)	cca 30 %	2,3
K7d	Výskyt vulkanických hornin paleogenního až holocenního stáří a kyselek	jev se nevyskytuje	1

7 Kritérium K8 Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka

Kapitola hodnotí **perspektivní území pro geologické charakterizační práce** (PÚGChP) pro lokalitu Janoch (ETE-jih) podle SÚRAO MP.22 (Vokál et al. 2017) a podle metodiky hodnocení (Vondrovic et al. 2019) ve třech kritériích:

1. Přítomnost poddolovaných území a starých a opuštěných důlních děl na pozemku pro povrchová zařízení.
2. Ložiskové poměry na lokalitě (dobývací prostory, CHLÚ a prognózy nerostných surovin).
3. Přítomnost zdrojů podzemní vody či geotermální energie.

Podle vyhlášky č. 378/2016 Sb., § 18, odst. 2) to představuje:

o) výskyt současné a budoucí lidské aktivity, která je způsobilá narušit izolační vlastnosti úložného systému, zejména využití hostitelské horniny těžbou nerostných surovin nebo využíváním geotermální energie nebo využíváním systému pro podzemní zásobníky plynu,

p) výskyt změn v hostitelském a okolním geologickém prostředí vzniklých vrtnou a báňskou činností v průzkumné fázi umísťování hlubinného úložiště, při kterých by vznikly nové preferenční cesty pro migraci radioaktivních látek.

Podle odst. 3 § 9 vyhlášky č. 378/2016 Sb. je charakteristikou dalších geodynamických jevů a geotechnických parametrů základových půd, při jejímž dosažení je umístění jaderného zařízení zakázáno, výskyt jevů podle odstavce 2 písm. c) jako krasové jevy, hlubinné doly, podzemní zásobníky plynu či jiné stavby, vybudované v podzemních prostorech, pozůstatky historické těžby na pozemku jaderného zařízení, nebo mimo pozemek jaderného zařízení, hrozí-li propad nebo deformace povrchu území k umístění s vlivem na jadernou bezpečnost.

Tato kapitola shrnuje rešeršní údaje o lokalitě Janoch (ETE-jih) z hlediska výskytu současné a budoucí lidské aktivity, která je způsobilá narušit izolační vlastnosti úložného systému, zejména účelové využití hostitelské horniny spojené s ložiskovou či důlní aktivitou a přítomností zdrojů podzemní vody či geotermální energie. K tomu slouží bodové a plošné archivní údaje o předchozích průzkumech a zásazích do horninového prostředí. Dříve sledované informace o zásahu do horninového prostředí formou vrtů nejsou nadále považovány za významný parametr pro nebezpečí průniku člověka do HÚ.

Kapitola je postavena na rešerši dat a na metodice vyhledávání archivních dat různého formátu a stáří.

Zdrojové datové sady jsou připraveny pro využití během následných etap hodnocení lokalit a jejich výběru.

7.1 Vylučující kritéria

7.1.1 Poddolovaná území a stará a opuštěná důlní díla (vylučující kritérium)

Ve vymezeném PÚGChP nebyla registrována žádná poddolovaná území ani důlní díla, takže ani v tomto bodu nenastává žádný střet či předpoklad narušení úložiště aktivitami člověka v budoucnosti.

Prostor dále na severozápad směrem k Vodňanům a sz. nad Lhotu pod Horami byl od středověku rozdělen na četné menší průzkumné důlní licence na zlato. Podél těšínovského zlomu směru SV–JZ, vyhojeného polyfázovými výplněmi, byly nedaleko vrchu Kometa těženy hornicky křemenné žíly s Au-sulfidickou mineralizací. Tato území, alespoň dle dochovaných historických map, nezasahují do sledovaného území lokality Janoch (ETE-jih), ale blízkost rozptýlené zlaté mineralizace v širším okolí je třeba vést v patrnosti.

7.1.2 Přítomnost zásob nerostných surovin

7.1.2.1 Ložisková území

K sestavení ložiskové části kapitoly byly využity údaje SurIS a elaboráty geologického průzkumu. Geologickým průzkumem docházelo v průběhu doby ke stanovení ložisek a prognózních zdrojů nerostných surovin, z nichž některé byly později přehodnoceny nebo odepsány.

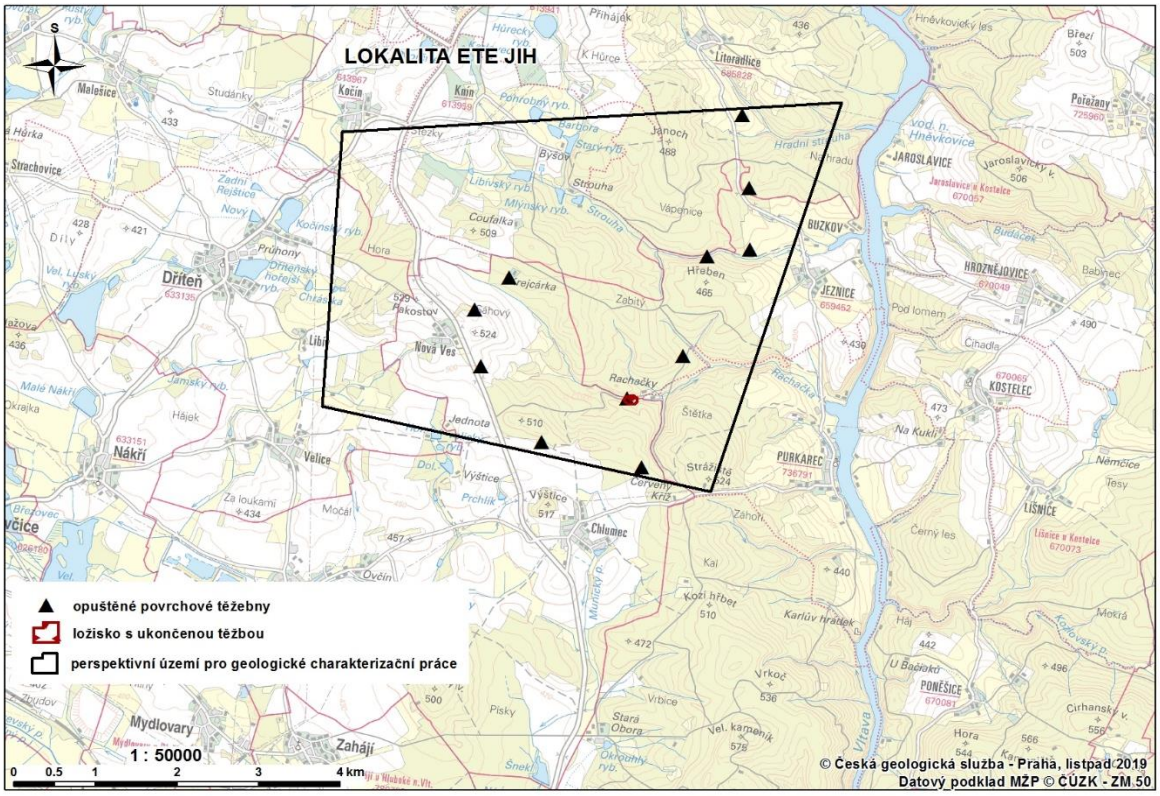
Ojedinělý zdroj nerostných surovin je ve vymezeném perspektivním území ETE-jih přítomen v jednom ložisku v jv. části území, kde byl těžen stavební kámen (Obr. 10).

Zrušené ložisko stavebního kamene U 5136600 Chlumec leží v jz. části perspektivního území pro geologické charakterizační práce ETE-jih asi 0,2 km jz. od hájenky Rachačky na s. svahu zalesněného údolí. Ložiskovou výplň tvoří jemně až středně zrnitý mramor s pyroxenem, tvořící dle odhadu 50 m širokou vložku v okolních rulách. Těžená mocnost byla kolem 25 m. Hornina je masivní až lavicovitě odlučná, na ložisku je možno pozorovat hojné zkrasovění. Skrývka je tvořena svahovými hlínami o mocnosti 0,1–2 m. Těžba probíhala ve stěnovém lomu o rozměrech 90×40×25 m. Surovina je vhodná pro drcené kamenivo, na kryty a podklady vozovek, živičné kryty, do betonů a na železniční kolejové lože (Tichý 1970).

V širším okolí za hranicemi vymezeného potenciálního území byly v minulosti těženy také terciérní štěrkopísky, lignit a diatomit.

7.1.2.2 Prognózní zdroje

V souvislosti s ust. § 18 odst. 2 písm. o) vyhlášky č. 378/2016 Sb. byla zjišťována i další místa zdrojů nebo dřívější těžby nerostných surovin. V ploše PÚGChP se dle Tichého (1970) nalézá 11 těžeben (Obr. 10), z nichž jedna je součástí ložiska U 5136600 Chlumec. Zbylé lokality představují lokální, dávno opuštěné lomy na stavební kámen a drcené kamenivo založené v pararulách, erlanech, ortorulách a granitoidech, popř. v písčitých eluviích hornin s převahou křemenoživcové složky (nekvalitní písek). Všechny tehdy zkoumané těžebny jsou z dnešního pohledu nevhodné k využití, což se může v budoucnu změnit.



Obr. 10 Situace ložiskových objektů a těžeben v PÚGChP lokality ETE-jih

Ložiskové objekty a vymezené zásoby surovin nepředstavují na vymezeném PÚGChP ETE-jih konflikt s možným narušením úložiště budoucími aktivitami člověka, spojenými s ložisky surovin.

7.1.3 Přítomnost zdrojů podzemní vody či geotermální energie

Přítomnost zdrojů podzemní vody je hodnocena v navazující práci Krajíčka et al. (2020).

Pro charakteristiku geotermálního potenciálu území jsou v této zprávě uvedeny dva základní parametry jako vstupní hodnoty pro porovnání specifik každé lokality – tepelný tok na povrchu a teplota v hloubce 500 m pod povrchem.

Lokalita ETE–jih leží v území s mírně podprůměrným zemským tepelným tokem okolo 50-60 mW.m^{-2} (Dědeček et al. 2020). Kritérium tepelného toku nemá z hlediska hodnocení lokalit stanovený limit a má pouze porovnávací charakter, který není vylučující.

Pro lokalitu ETE–jih je možné za základní teplotní pozadí v hloubce 500 m považovat teplotu blízkou 16–18 °C, přičemž je nutno počítat s jistou mírou nepřesnosti výpočtu způsobenou nedostatkem vstupních dat v dané oblasti. Andersson et al. (2000) doporučuje vhodnou teplotu horninového prostředí pro úložiště vyhořelého jaderného paliva nižší než 25 °C a tento limit lokalita splňuje. Podle Čermáka (1979) je hodnota průměrného tepelného toku v Českém masivu 68±24 mW.m^{-2}. Nejvyšší hodnoty tepelného toku v severní části Českého masivu 80–100 mW.m^{-2} jsou vázané na vyšší radioaktivitu variských granitů smrčinsko-krušnohorského batolitu a krkonošsko-jizerského kompozitního masivu. Faktorem ovlivňujícím přítomnost geotermální energie je též přirozená radioaktivita hornin. Pro lokalitu Janoch (ETE-jih), bohužel, nejsou dostupné informace o koncentraci přirozených radioizotopů horninového prostředí, ani o radiogenní produkci tepla. Je žádoucí tuto informaci doplnit novými analýzami. Vzhledem k

podprůměrnému tepelnému toku a nízké teplotě horninového prostředí v hloubce 500 m je riziko konfliktu využívání geotermální energie pro průmyslové účely na této lokalitě minimální.

V českém legislativním rámci pojem „zdroj geotermální energie“ není zakotven. Do budoucna je nutno stanovit kritéria, co je za zdroj geotermální energie považováno. Při relativním posouzení významu možných zdrojů geotermální energie v lokalitě Janoch (ETE-jih) je třeba vyjít z platných definic pojmů a legislativy, pravděpodobnost střetu je zde nízká.

Mezi výskyty současné a budoucí lidské aktivity, která je způsobilá narušit izolační vlastnosti úložného systému, je zahrnuta přítomnost zdrojů geotermální energie (odst. 4 c § 18 vyhlášky č. 378/2016 Sb.). S ohledem na současný stav poznání nebyla přítomnost průmyslově využitelného zdroje geotermální energie na lokalitě Janoch (ETE-jih) prokázána a nebezpečí proniknutí člověka do úložiště nebo změny horninového masivu z důvodů využívání geotermálního potenciálu je velmi málo pravděpodobné.

7.2 Kritéria pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ

7.2.1 Indikátor K8a Ložiskové poměry na lokalitě

Hodnocení ložiskových poměrů a poddolování je hodnoceno jako součást vyhodnocení vylučujících kritérií v kapitole 7.1.1 a 7.1.2.

7.3 Expertní zhodnocení lokality Janoch (ETE-jih)

Pokud vyhodnotíme všechny výše uvedené podklady, lze konstatovat, že na základě všech dostupných dat zpracovaných v kapitole 7 věnované charakteristikám, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka, nebyla na základě dostupných dat zjištěna vylučující kritéria pro umístění HÚ.

Shrnutí výsledků hodnocení kategorie „Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka“ pro porovnávací kritérium K8a je uvedeno ve finální tabulce (Tab. 11) se zavedením vyhodnocení dle bodové škály (1–5).

7.3.1 Nejistoty spojené s hodnocenou oblastí

Hodnocená oblast a její ložiskové parametry v současném pojetí existence a ochrany nerostných surovin nepředstavují střety s kritériem vhodnosti pro parametr „Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka“. Větší pravděpodobnost střetu může nastat při novém vymezení typu surovin či ložiskových území, nebo při nových průzkumných aktivitách zaměřených na blízkou zlatou mineralizaci v budoucnosti. Popis výběru jednotlivých indikátorů a metodiky jejich vyhodnocení je uveden ve zprávě Vondrovic et al. (2019).

Pokud vyhodnotíme všechny výše uvedené podklady, lze konstatovat, že na základě všech dostupných dat zpracovaných v kapitole 7 „Pravděpodobnost průniku člověka do hlubinného úložiště“ nebyla na základě dostupných dat zjištěna vylučující kritéria pro umístění HÚ.

7.3.2 Vyhodnocení kritérií ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ (vylučující kritéria)

Vyhodnocení kritéria K8 „Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka“ ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality Janoch (ETE-jih) pro umístění HÚ je uvedeno v Tab. 10.

Přítomnost zdrojů podzemní vody je hodnocena v práci Krajíčka et al. (2020).

Tab. 10 Vyhodnocení vylučujících kritérií pro oblast Charakteristiky, které by mohly vést k narušení budoucími aktivitami člověka pro lokalitu Janoch (ETE-jih). ID je zachováno dle zdroje (Vondrovic et al. 2019)

ID	Kritérium	Hodnocení
2.4.1	Přítomnost starých důlních děl	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
2.4.2	Přítomnost zásob nerostných surovin	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
2.4.3	Přítomnost zdrojů podzemní vody či geotermální energie	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.

7.3.3 Hodnocení vybraných kritérií pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ

Popis výběru jednotlivých indikátorů a metodiky jejich vyhodnocení je uveden ve zprávě Vondrovice et al. (2019).

Vyhodnocení vybraných parametrů indikátorů pro oblast faktorů, které zvyšují pravděpodobnost budoucího narušení úložiště člověkem na lokalitě Janoch (ETE-jih), je uvedeno v Tab. 11 se zavedením vyhodnocení dle bodové škály (1–5). Ve sledovaných parametrech ložiskové situace a poddolování jsou indicie ložiskové situace a poddolování jednoznačně nevýznamné a negativní.

Tab. 11 Vybrané indikátory kritérii Charakteristiky, které by mohly vést k narušení budoucími aktivitami člověka pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ a jejich hodnocení pro lokalitu Janoch (ETE-jih)

ID	Indikátor kritéria	Hodnocení	Známka
K8a	Ložiskové poměry na lokalitě	nevýznamný	2

8 Celkové zhodnocení lokality Janoch (ETE-jih) ve vztahu k vylučujícím kritériím a kritériím porovnávacím

Charakterizace a vyhodnocené lokality Janoch (ETE-jih) ve vztahu k hodnoceným kritériím významným z hlediska dlouhodobé bezpečnosti HÚ vychází z aktualizované metodiky hodnocení lokalit Vondrovic et al. (2019).

V tabulce Tab. 12 je shrnuto vyhodnocení vylučujících kritérií, významných pro dlouhodobou bezpečnost, pro tuto lokalitu. Hodnocení jednotlivých indikátorů kritérií pro vzájemné porovnání lokalit je shrnuto v každé relevantní kapitole této zprávy.

Tab. 12 Výsledné vyhodnocení vylučujících kritérií z hlediska dlouhodobé bezpečnosti pro lokalitu Janoch (ETE-jih)

Kategorie kritérií	Kritérium	Charakter požadavku	Kvantifikace / trend kritéria
Geologické charakteristiky lokalit	Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků	Vylučující	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
	Variabilita vlastností	Vylučující	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
Hydrogeologické vlastnosti lokality	Přítomnost zvodní v izolační části úložiště	Vylučující	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
	Obtížnost vytvoření hydrogeologických modelů a predikce vývoje hydrogeologických poměrů v lokalitě	Vylučující	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
Stabilita lokality	Zemětřesení a přítomnost potenciálně aktivních zlomů pro období statisíců let (seismická stabilita)	Vylučující	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.

Kategorie kritérií	Kritérium	Charakter požadavku	Kvantifikace / trend kritéria
	Pokles nebo výzdvih povrchu území (vertikální pohyby zemské kůry)	Vylučující	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
	Postvulkanické jevy	Vylučující	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka	Přítomnost starých důlních děl	Vylučující	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
	Přítomnost zásob nerostných surovin	Vylučující	Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno.
	Přítomnost zdrojů podzemní vody či geotermální energie	Vylučující	Přítomnost zdrojů podzemní vody je hodnocena v práci Krajíčka et al. (2020) Zjištěné informace o posuzované vlastnosti lokality spíše vedou k závěru, že požadavek bude splněn (příležitost převažuje nad rizikem), tj. nebyla zjištěna vlastnost lokality, při jejímž překročení je umístění úložiště zakázáno

Z výsledků tohoto hodnocení je jednoznačně patrné, že na lokalitě Janoch (ETE-jih) nebyla identifikována žádná vlastnost, které by ji vylučovala pro umístění HÚ.

Citace a seznam literatury

ANDERSSON J., STRÖM A., SVEMAR C., ALMÉN K.-E., ERICSSON L. E. (2000): What requirements does the KBS-3 repository make on the host rock? Geoscientific suitability indicators and criteria for siting and site evaluation. – SKB Technical Report TR-00-12, Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company, Stockholm, Sweden, 148 s.

BALATKA B., KALVODA J. (2008): Evolution of Quaternary river terraces related to the uplift of the central part of the Bohemian Massif. – Geografie – Sbornik České geografické společnosti, 113, 3, Praha, 205–222.

BURJAK M. (2013): Strukturní vývoj, magnetická stavba a mechanismus exhumace Podolského komplexu. MS dipl. práce. – Přír. fak. Univ. Karl. Praha.

ČERMÁK V. (1979): Geothermal studies and heat flow map of Czechoslovakia. In: ČERMÁK V. (ed): Geodynamic investigations in Czechoslovakia. Final Report. – Veda, Bratislava, 129–132.

DĚDEČEK P., UXA T., HOLEČEK J. (2020): Geotermické zhodnocení potenciálních lokalit HÚ na základě dostupných údajů. – MS SÚRAO, TZ 486/2020.

FARYAD W. S., ŽÁK J. (2016): High-pressure granulites of the Podolsko complex, Bohemian Massif: An example of crustal rocks that were subducted to mantle depths and survived a pervasive mid-crustal high-temperature overprint. – Lithos, 2016, 246–260.

FRANĚK J., BUKOVSKÁ Z., BURIÁNEK D., DUDÍKOVÁ SCHULMANNOVÁ B., GRUNDLOCH J., HOLEČEK J., JELÉNEK J., JELÍNEK J., KLOMÍNSKÝ J., KRYŠTOFOVÁ E., KUČERA R., KUNCEOVÁ E., KŮRKOVÁ I., NAHODILOVÁ R., PACHEROVÁ P., PERTOLDOVÁ J., PEŘESTÝ V., RUKAVIČKOVÁ L., SOEJONO I., ŠVAGERA O., VERNER K., ŽÁČEK V. (2018): Závěrečná zpráva 3D strukturně – geologické modely potenciálních lokalit HÚ. – MS SÚRAO, TZ 229/2018, Praha, 594 str.

GUSTAFSON G., LIEDHOLM M. (1989): Groudwater Flow Calculation on a Regional Scale at The Swedish Hard Rock Laboratory. SKB Progress Report 25-88-17, Stockholm.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., POLÁK M., ŘÍHA J., ČERVINKA R., ČERNÝ M., DUDÍKOVÁ SCHULMANNOVÁ B., DUDKOVÁ I., DUŠEK K., FRANĚK J., GONDOLLI J., GVOŽDÍK L., HOKR M., HOLEČEK J., JANKOVEC J., JELÉNEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KALÁB Z., KLAJMON M., KLOMÍNSKÝ J., KOLOMÁ K., KOUŘIL M., KRÁLOVCOVÁ J., KUNCEOVÁ E., LEDNICKÁ M., MARYŠKA J., MILICKÝ M., NÝVLT D., ONDRA P., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., STEINOVÁ J., SVOBODA J., ŠÍR P., ŠVAGERA O., UHLÍK J., VAŠÍČEK R., VAVRO M., VERNER K., VOPÁLKA D., ZEMAN J., ZEMAN O. (2018a): Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště. Hodnocení vhodnosti lokality pro umístnění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Čihadlo. – MS SÚRAO, TZ 278/2018, 124 s.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., BAIER J., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., ŘÍHA J., ČERVINKA R., ČERNÝ M., DUDKOVÁ I., DUŠEK K., FRANĚK J., GONDOLLI J., GVOŽDÍK L., HOKR M., HOLEČEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KALÁB Z., KLAJMON M., KOLOMÁ K., KOUŘIL M., KRÁLOVCOVÁ J., KUNCEOVÁ E., MARYŠKA J., MILICKÝ M., NÝVLT D., ONDRA P., POLÁK M., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., STEINOVÁ J., SVOBODA J., ŠÍR P., ŠVAGERA O., UHLÍK J., VAŠÍČEK R., VAVRO M., VOPÁLKA D., ZEMAN J. (2018b): Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště. Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Hrádek. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ 281/2018, 124 s.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., BAIER J., ŘÍHA J., ČERVINKA R., ČERNÝ M., DUDKOVÁ I., DUŠEK K., FRANĚK J., GONDOLLI J., GVOŽDÍK L., HOKR M., HOLEČEK J., JANKOVEC J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KALÁB Z., KLAJMON M., KOLOMÁ K., KOUŘIL M., KRÁLOVCOVÁ J., KUNCEOVÁ E., POLÁK M., MARYŠKA J., MILICKÝ M., NÝVLT D., ONDRA P., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., SOEJONO I., STEINOVÁ J., SVOBODA J., ŠÍR P., ŠVAGERA O., UHLÍK J., VAVRO M., VAŠÍČEK R., VOPÁLKA D., ZEMAN J., ZEMAN O. (2018c): Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště. Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Březový potok. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ 275/2018, 116 s.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., ČERNÝ M., ŘÍHA J., ČERVINKA R., BAIER J., DUDKOVÁ I., DUŠEK K., FRANĚK J., GONDOLLI J., GVOŽDÍK L., HOLEČEK J., HOKR M., JANKOVEC J., JELÉNEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KALÁB Z., KLAJMON M., KOLOMÁ K., KOUŘIL M., KRÁLOVCOVÁ J., KUNCEOVÁ E., KŮRKOVÁ I., MARYŠKA J., MILICKÝ M., NÝVLT D., ONDRA P., PACHEROVÁ P., POLÁK M., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., STEINOVÁ J., SVOBODA J., ŠÍR P., ŠVAGERA O., VAŠÍČEK R., VAVRO M., VOPÁLKA D., UHLÍK J., ZEMAN O., ŽÁČEK V. (2018d): Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště. Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Čertovka. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ 277/2018, 123 s.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., UHLÍK J., ŘÍHA J., ČERVINKA R., BAIER J., BURIÁNEK D., ČERNÝ M., DUDKOVÁ I., DUŠEK K., FRANĚK J., GONDOLLI J., HOKR M., HOLEČEK J., JANKOVEC J., JELÉNEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KALÁB Z., KLAJMON M., KOLOMÁ K., KOUŘIL M., KRÁLOVCOVÁ J., KUNCEOVÁ E., MARYŠKA J., MILICKÝ M., NÝVLT D., ONDRA P., PACHEROVÁ P., POLÁK M., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., STEINOVÁ J., SVOBODA J., ŠÍR P., ŠVAGERA O., VAŠÍČEK R., VAVRO M., VOPÁLKA D., ZEMAN J., ZEMAN O. (2018e): Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště. Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Horka. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ 280/2018, 117 s.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., ČERNÝ M., ŘÍHA J., DUDKOVÁ I., DUŠEK K., FRANĚK J., GONDOLLI J., GVOŽDÍK L., HOKR M., HOLEČEK J., JANKOVEC J., JELÉNEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KALÁB Z., KOUŘIL M., KRÁLOVCOVÁ J., KLAJMON M., KOLOMÁ K., KUNCEOVÁ E., MARYŠKA J., MILICKÝ M., NÝVLT D., ONDRA P., PACHEROVÁ P., POLÁK M., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., STEINOVÁ J., SVOBODA J., ŠÍR P., ŠVAGERA O., VAŠÍČEK R., VAVRO M., VOPÁLKA D., UHLÍK J., ZEMAN J., ZEMAN O. (2018f): Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště. Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Magdaléna. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ283/2018, 122 s.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., VERNER K., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., UHLÍK J., ŘÍHA J., ČERVINKA R., BAIER J., BURIÁNEK D., ČERNÝ M., DUDKOVÁ I., DUŠEK K., FRANĚK J., GONDOLLI J., GVOŽDÍK L., HOKR M., HOLEČEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KALÁB Z., KLAJMON M., KOLOMÁ K., KOUŘIL M., KRÁLOVCOVÁ J., KRYŠTOFOVÁ E., KUNCEOVÁ E., MARYŠKA J., MILICKÝ M., NÝVLT D., ONDRA P., POLÁK M., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., STEINOVÁ J., SVOBODA J., ŠÍR P., ŠVAGERA O., VAVRO M., VOPÁLKA D., VAŠÍČEK R., ZEMAN J., ZEMAN O. (2018g): Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště. Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Kraví hora. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ 282/2018, 130 s.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., JANKOVEC J., ŘÍHA J., ČERVINKA R., BAIER J., ČERNÝ M., DUDKOVÁ I., DUŠEK K., FRANĚK J., GONDOLLI J., GVOŽDÍK L., HANŽL P., HOKR M., HOLEČEK J., HRDLIČKOVÁ K., JELÉNEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KALÁB Z., KLAJMON M., KOLOMÁ K., KRÁLOVCOVÁ J., KOUŘIL M., KRYŠTOFOVÁ E., KUNCEOVÁ E., MARYŠKA J., MILICKÝ M., NÝVLT D., ONDRA P., PACHEROVÁ P., POLÁK M., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., SEDLÁČKOVÁ I., SOEJONO I., STEINOVÁ J., SVOBODA J., ŠÍR P., ŠVAGERA O., VAŠÍČEK R., VAVRO M., VOPÁLKA D., UHLÍK J., ZEMAN J., ZEMAN O. (2018h): Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště. Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita EDU-západ. – MS SÚRAO, TZ 279/20118, 122 s.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., JANKOVEC J., ŘÍHA J., ČERVINKA R., NAHODILOVÁ R., BAIER J., BUKOVSKÁ Z., ČERNÝ M., DUDKOVÁ I., DUŠEK K., FRANĚK J., GONDOLLI J., GVOŽDÍK L., HOKR M., HOLEČEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KALÁB Z., KOLOMÁ K., KLAJMON M., KRÁLOVCOVÁ J., KRYŠTOFOVÁ E., MARYŠKA J., MILICKÝ M., ONDRA P., PACHEROVÁ P., PEŘESTÝ V., POLÁK M., ŘIHOŠEK J., RUKAVIČKOVÁ L., STEINOVÁ J., SVOBODA J., ŠÍR P., UHLÍK J., VAŠÍČEK R., VAVRO M., VOPÁLKA D., ZEMAN O. (2018i): Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště. Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita ETE-jih. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ 284/2018, 118 s.

HROCH T., PAČES T. (2015): Erozní stabilita lokalit. – MS SÚRAO, TZ 25/2015, Praha.

CHLUPÁČ I., ŠTORCH P. (1992): Regional division of the Bohemian Massif in Czech Republic. – Report of Commitee for Regional Geologic Classification. – Čas. Mineral. Geol. 37: 257–275.

JANKOVEC J., KRÁLOVCOVÁ, J., UHLÍK J., MILICKÝ M., GVOŽDÍK L., CHUDOBA, J., ŘÍHA, J., RUKAVIČKOVÁ, L., (2018): Hydrogeologické modely horninového prostředí pro hlubinné úložiště, Pasport detailního modelu – Lokalita Janoch, – MS SÚRAO, TZ 339/2018, Praha.

JANKOVEC, J., UHLÍK J., ČERNÝ, M. (2020): Pasport aktualizovaného detailního hydraulického modelu. Lokalita ETE-jih,. – MS SÚRAO, Technická zpráva v přípravě, Praha.

KABELE P., ŠVAGERA O., SOMR M., NEŽERKA V., ZEMAN J., JELÍNEK J., BUKOVSKÁ Z., SOEJONO I., FRANĚK. J. (2018): Mathematical modelling of brittle fractures in rock mass by means of the DFN method. – MS SÚRAO, TZ 286/2018, Praha, 100 str.

KAŠPAR R., NEDVĚD J., SPĚŠNÝ M. (2019): Ověření geologických struktur lokality ETE-jih geofyzikálními metodami. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ 439/2019, 84 s.

KOLÁŘOVÁ M. (1978): Minerální vody Středočeského a Jihočeského kraje. – MS Čes. geol. služ. Praha.

KOPAČKOVÁ V., JELÍNEK J., ŠVAGERA O., HROCH T., KOUCKÁ L., JELÉNEK J., SKÁCELOVÁ Z., FÁROVÁ K. (2017): Morfostrukturní analýza širšího okolí průzkumných území HÚ pomocí DPZ. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ 115/2017, Praha.

KOTKOVÁ J., HARLEY S. L., FIŠERA M. (1997): A vestige of very high–pressure (ca. 28 kbar) metamorphism in the Variscan Bohemian Massif, Czech Republic. – Eur. J. Mineral. 9, 1017–1033.

KRAJÍČEK L., SKOŘEPA Z., HUBÁČEK O., MAREK P. (2020): Hodnocení potenciálních lokalit HÚ dle klíčových environmentálních kritérií. – MS SÚRAO, TZ 456/2020, Praha

KRÁSNÝ, J., 1981. Mapa odtoku podzemní vody ČSSR 1:1 000 000. Český hydrometeorologický ústav.

LEVÝ O., FILIPSKÝ D., GRINČ M., LINHARTOVÁ R., KAROUS M. (2019): Geofyzikální výzkum hlubokých struktur a geometrie horninového masivu. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ 440/2019, MS SÚRAO, Praha

LOBKOWICZ M., ŠTĚDRÁ V., SCHULMANN K. (1996): Late-Variscan Extensional collapse of the thickened Moldanubian crust in the southern Bohemia. – Journal of the Czech Geological Society 41, 123–138.

MÁLEK J., PRACHAŘ I., VACKÁŘ J., MAZANEC M. (2018): Pravděpodobnostní hodnocení seismického ohrožení lokalit vybraných pro umístění hlubinného úložiště. Expertní posouzení. – MS SÚRAO, TZ 232/2018, Praha.

MAREK J., SKOŘEPA J., NAVRÁTILOVÁ V., SKOPOVÝ J., SLOVÁK J., TESAŘ M., ČERNÝ J. (2005): Kritéria pro zúžení vybraných lokalit a kategorizace tektonických zón zjištěných v rámci projektu. Technická zpráva – MS SÚRAO Praha.

MIXA P., SKÁCELOVÁ Z., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., BURIÁNEK D., DUDÍKOVÁ B., FRANĚK J., HRDLIČKOVÁ K., JELÍNEK J., NAHODILOVÁ R., SOEJONO I., VERNER K., ŽÁČEK V. (2019): Shrnutí výsledků geologických a geofyzikálních výzkumných prací provedených v období 9/2017–6/2019 pro aktualizaci hodnocení potenciálních lokalit hlubinného úložiště RAO. – MS SÚRAO, TZ 412/2019, Praha, 427 s.

MUFFELS C., WANG X., TONKIN M., NEVILLE C. (2014): User's Guide for mod-PATH3DU. S.S. Papadopulos & Associates Inc., Bethesda, Ontario, USA.

NAVRÁTILOVÁ V., NOL O., KAŠPAR R., LANČA D., MIŠUREC J., NEDVĚD J., RAJCHL M., SOSNA K., ŠINDELÁŘ M., TLAMSA J., VOJTĚCHOVSKÁ A. (2017): Zpráva o provedení geologicko-výzkumných prací na lokalitě ETE-jih. – MS SÚRAO, TZ 126/2017, Praha, 280 s.

NÝVLT D. (2008): Paleogeografická rekonstrukce kontinentálního zalednění Šluknovské pahorkatiny. Ph.D. thesis. – Faculty of Science, Charles University, Praha, 103 s.

PAČES T., BÁRTA J., BREITER K., DOBEŠ P., HANÁK J., HAVLOVÁ V., HOLEČEK J., KLOMÍNSKÝ J., LAUFEK F., KOPAČKOVÁ V., KRÁLOVCOVÁ J., LUKEŠ J, MÁLEK J., MARYŠKA J., MRÁZOVÁ Š, PROCHÁZKA J., RUKAVIČKOVÁ L., SEDLÁČEK J., SCHENK V., SIDORINOVÁ T., SKARKOVÁ H., ŠAFANDA J., ULRICH S., VESELOVSKÝ F., VOKÁL A., ZÁRUBA J., ZEMAN A. (2010): Výzkum procesů pole vzdálených interakcí HÚ vyhořelého jaderného paliva a vysoce aktivních odpadů. – (arch. č. SÚRAO 32/10), SÚRAO, Praha.

PERTOLDOVÁ J., MIXA P., BUKOVSKÁ Z., BURIÁNEK D., DUDÍKOVÁ B., FRANĚK J., HRDLIČKOVÁ K., NAHODILOVÁ R., SOEJONO I., VERNER K., ŽÁČEK V., PETYNIAK O., KUČERA R., ŽÁČKOVÁ E., FIFERNOVÁ M., ZEMKOVÁ M. (2019): Lokalizace perspektivních území po geologické charakterizační práce a perspektivních území pro projektové práce HÚ. Důvodová zpráva. – MS SÚRAO, TZ 446/2020, Praha.

SCHALLER M., VON BLANCKENBURG F., HOVIUS N., KUBIK P. W. (2001): Large-scale erosion rates from in situ-produced cosmogenic nuclides in European river sediments, Earth Planet. Sci. Lett. 188, 441-458.

SCHOVÁNEK P. (1978a): Základní geologická mapa ČSSR 1:25 000 22-432 Vodňany. – ÚÚG Praha.

SCHOVÁNEK P. (1978b): Vysvětlivky k základní geologické mapě ČSSR 1:25 000 22-432 Vodňany. – ÚÚG Praha.

ŠPAČEK P., PRACHAŘ I., VALENTA J., ŠTĚPANČÍKOVÁ P., ŠVANCARA J., PISKAČ J., PAZDÍRKOVÁ J., HANŽLOVÁ R., HAVÍŘ J., MÁLEK J. (2011): Quaternary activity of the Hluboká Fault. Final report on research project. – MS ÚFZ MU Brno. 199 s.

ŠTĚDRÁ V., SOEJONO I., PALEČEK M., RAJCHL M., VRÁNA S, ŠTOR T., KAROUS M., NIKL P. (2015): Nezávislé vyhodnocení tektonických poměrů v užší lokalitě elektrárny Temelín. Závěrečná hodnotící zpráva projektu 544002 (oponovaná verze). – ČGS, Praha.

TICHÝ, L. (1970): Inventarisace ložisek stavebních nerostných surovin. Dílčí závěrečná zpráva pro území listu mapy 1 : 50 000 M-33-101-D (Hluboká n. Vlt.). Geoindustria Praha. – MS Čes. geol. služ. – Geofond. Praha.

TYRÁČEK J., WESTAWAY R., BRIDGLAND D. (2004): River terraces of the Vltava and Labe (Elbe) system, Czech Republic, and their implications for the uplift history of the Bohemian Massif. – Proceedings of the Geologists Association, 115, 101–124.

UHLÍK J., ČERNÝ M., BAIER J., MILICKÝ M., POLÁK M., GVOŽDÍK L., KRÁLOVCOVÁ J., GRECKÁ M., RUKAVIČKOVÁ L. (2018): Detailní hydrogeologické modely lokalit. – MS SÚRAO, TZ 323/2018, Praha.

VOKÁL A., POSPÍŠKOVÁ I., VONDROVIC L., KOVÁČIK M., STEINEROVÁ L., DUSÍLEK P., WOLLER F. (2017): Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště. MP.22, revize 3. – MS SÚRAO, Praha.

VONDROVIC L., AUGUSTA J., VOKÁL A., HAVLOVÁ V., KONOPÁČOVÁ K., LAHODOVÁ Z., POPELOVÁ E., URÍK J., BUKOVSKÁ Z., BUTOVIČ A., FRANĚK J., HROCH T., JELÍNEK J., KOBYLKA D., KRAJÍČEK J., MILICKÝ M., MIXA P., PERTOLDOVÁ J., SKOŘEPA Z., ŠTĚDRÁ V., ŠVAGERA J., UHLÍK J., ZAHRADNÍK O. (2019): Metodika zúžení počtu lokalit pro hlubinné úložiště v ČR v letech 2019–2020. – MS SÚRAO, TZ 423/2019, Praha.

VRÁNA S. (1992): The Moldanubian zone in southern Bohemia: polyphase evolution of imbricated crustal and upper mantle segments. – In: Z. Kukal (ed): Proceeding of the 1st International Conference of the Bohemian Massif. 331–336. – Čes. Geol. Úst. Praha.

VRÁNA S., ŠTĚDRÁ V. (ED.) (1997): Geological Model of Western Bohemia Related to the KTB Borehole in Germany. – Journal of Geological Sciences. ČGS. Praha. 240 s.

WELLMANN F., REGENAUER-LIEB K. (2012): Uncertainties have a meaning: Information entropy as a quality measure for 3-D geological models. – Tectonophysics. 526-529. 207-216. 10.1016/j.tecto.2011.05.001.

WOLLER F. (2006): Provedení geologických a dalších prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště. Zkrácená závěrečná zpráva sdružení GEOBARIÉRA. Technická zpráva – MS SÚRAO Praha.

ZAHRADNÍK O. (2020): Doplněk ke studiím umístitelnosti HÚ v kandidátních lokalitách, Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ 442/2019, Praha.

ŽÁK J., SLÁMA J., BURJAK M. (2016): Rapid extensional unroofing of a granite–migmatite dome with relics of high-pressure rocks, the Podolsko complex, Bohemian Massif. – Geological Magazine, 2016, sv. v tisku, doi:10.1017/S0016756816000030, 1–27.

Zákony a vyhlášky

IAEA (2011a): Disposal of Radioactive Waste, Specific Safety Requirements, No. SSR-5, Pub. 1449. – International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA (2011b): Geological disposal facilities, Specific Safety Guide, SSG-14, Pub. 1483, Appendix I" Siting of geological disposal facilities. – International Atomic Energy Agency, Vienna.

IAEA (2016): Site Evaluation for Nuclear Installations, Safety Requirements No. NS-R-3 (Rev. 1), IAEA Safety Standards. – International Atomic Energy Agency, Vienna.

VYHLÁŠKA č. 378/2016 Sb., o umístění jaderného zařízení. In: Sbírka zákonů, 2016. – Částka 151, 5989–5997.

ZÁKON č. 44/1988 Sb., Zákon o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon). In: Sbírka zákonů, 1988. – Částka 8, 175–188, ve znění pozdějších předpisů.

www stránky:

Evidence ISVS – Voda: Evidence odběrů podzemní vody [online], dostupné z www.voda.gov.cz

SURIS - https://mapy.geology.cz/suris/

SÚRAO | SPRÁVA ÚLOŽIŠŤ RADIOAKTIVNÍCH ODPADŮ | NAŠE BEZPEČNÁ BUDOUCNOST

info@surao.cz | **www.surao.cz**