

HODNOCENÍ POTENCIÁLNÍCH LOKALIT HÚ Z HLEDISKA KLÍČOVÝCH KRITÉRIÍ DLOUHODOBÉ BEZPEČNOSTI

LOKALITA HORKA

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

Praha, 2020

NÁZEV ZPRÁVY: Hodnocení potenciálních lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Horka.

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: SÚRAO-2019-3183)

Bibliografický zápis:

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., MIXA P., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., UHLÍK J., JANKOVEC J., MILICKÝ M., BAIER J., BURIÁNEK D., DUDÍKOVÁ B., DUŠEK K., FRANĚK J., GVOŽDÍK L., HEJTMÁNKOVÁ P., HOLEČEK J., JELÉNEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KUČERA R., KUNCEOVÁ E., PETYNIÁK O., POLÁK M., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., ŠVAGERA O., VERNER K., VOJTĚCHOVÁ H. (2020): Hodnocení potenciálních lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Horka. – MS SÚRAO, TZ 452/2020

ŘEŠITELÉ:

ÚJV Řež, a. s.¹, ČGS², PROGEO, s. r. o.³

AUTORSKÝ KOLEKTIV: Havlová V.¹, Pertoldová J.², Mixa P.², Hroch T.², Štědrá V.², Uhlík J.³, Jankovec J.³, Milický M.³, Baier J.³, Buriánek D.², Dudíková B.², Dušek K.², Franěk J.², Gvoždík L.³, Grundloch J.², Holeček J.², Jelének J.², Jelínek J.², Kachlíková R.², Kučera R.², Kunceová E.², Petyniak O.², Polák M.³, Rapprich V.², Rukavičková L.², Švagera O.², Vojtěchová H.¹,

Lukáš Vondrovic

Manažer projektu (SÚRAO)

31.1.2020

Václava Havlová

Manažer projektu (ÚJV Řež, a.s)

31.1.2020

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.....	21
4.1.4	Indikátor K3c Stupeň duktilní deformace	21
4.2	Kritérium K4 Variabilita geologických vlastností.....	22
4.2.1	Indikátor K4a Prostorová variabilita horninového prostředí.....	22
4.2.2	Indikátor K4b Petrologická variabilita hornin.....	22
4.3	Expertní zhodnocení lokality.....	23
4.3.1	Nejistoty spojené s hodnocenou oblastí	29
4.3.2	Vyhodnocení kritérií ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ (vylučující kritéria)	30
4.3.3	Hodnocení vybraných kritérií pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění	30
5	Hydrogeologické charakteristiky.....	32
5.1	Vylučující kritéria	34
5.1.1	Přítomnost zvodní v izolační části úložiště	34
5.1.2	Obtížnost vytvoření hydrogeologických modelů a predikce vývoje hydrogeologických poměrů v lokalitě	34
5.2	Kritéria pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ	34
5.2.1	Kritérium K5 Charakteristika proudění vody v okolí HÚ a transportní charakteristiky.....	34
5.2.2	Kritérium K6 Umístění a identifikace drenážních bází.....	40
5.3	Expertní zhodnocení lokality.....	42
5.3.1	Nejistoty spojené s hodnocením hydrogeologických kritérií.....	42
5.3.2	Vyhodnocení kritérií ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ (vylučující kritéria)	42
5.3.3	Hodnocení vybraných kritérií pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ	43
6	Kritérium K7 Seismická a geodynamická stabilita.....	45
6.1	Vylučující kritéria	45

6.1.1	Zemětřesení a přítomnost potenciálně aktivních zlomů pro období statisíců let (seismická stabilita)	45
6.1.2	Pokles nebo výzdvih povrchu území (vertikální pohyby zemské kůry).....	46
6.1.3	Postvulkanické jevy	46
6.2	Kritéria pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ	47
6.2.1	Indikátor K7a Hodnota maximálního horizontálního zrychlení	47
6.2.2	Indikátor K7b Výškový gradient	47
6.2.3	Indikátor K7c Procentuální podíl plochy reliéfu postiženého a přetvořeného mladými cykly zpětné eroze a svahovými deformacemi	47
6.2.4	Indikátor K7d Výskyt vulkanických hornin paleogenního až holocenního stáří a kyselek	47
6.3	Expertní zhodnocení	48
6.3.1	Nejistoty spojené s hodnocenou oblastí	48
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	49
7	Kritérium K8 Charakteristiky, které by mohly vést k narušení hlubinného úložiště budoucími aktivitami člověka	50
7.1	Vylučující kritéria	51
7.1.1	Poddolovaná území a stará a opuštěná důlní díla	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 Horka	53
7.3.1	Nejistoty spojené s hodnocenou oblastí	54
7.3.2	Vyhodnocení kritérií ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ.....	54
7.3.3	Hodnocení vybraných kritérií pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ	54
8	Celkové zhodnocení lokality Horka ve vztahu k vylučujícím kritériím a kritériím porovnávacím	56

Seznam použitých zkratk:

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 resistivity 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
PÚZZK	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).

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, dlouhodobá bezpečnost, třebíčský pluton, moldanubikum, Horka

Abstract

This report summarizes the available data from Horka 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. 2019). 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, long term safety, Trebic pluton, Moladnubian zone, Horka site

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, nepříjatelných 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 lokalit 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 (zprávy 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 Horka.

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 hlubinného úložiště (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 by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka a jejich indikátorů uvedených níže na lokalitě Horka je 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 Horka je realizováno na území 3D detailního hydrogeologického modelu (Uhlík et al. 2018), který byl aktualizován (Uhlík 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 Doplnku 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 odpovídajícím 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 kritérií oblasti **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 1147534 Y 643926;
- X 1143338 Y 644966;
- X 1140466 Y 642450;
- X 1141700 Y 638870;
- X 1147044 Y 640781.

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

Horka-jih

- X 1145127 Y 641885;
- X 1146161 Y 640495;
- X 1147021 Y 640797;
- X 1147161 Y 641748;
- X 1146547 Y 642330.

Horka-severozápad

- X 1140522 Y 642393;
- X 1141859 Y 641145;
- X 1144509 Y 642093;
- X 1145635 Y 643633;
- X 1145195 Y 644468;
- X 1144276 Y 644695;
- X 1143719 Y 644116;
- X 1142074 Y 643430.

Horka-severovýchod

- X 1142662 Y 640963;
- X 1142211 Y 639984;
- X 1142466 Y 639171;
- X 1143697 Y 639607;
- X 1144469 Y 641651.

3 Přehled hodnocených kritérií významných z hlediska dlouhodobé bezpečnosti HÚ

Metodika postupu hodnocení je uvedena ve zprávě Vondrovic et al. (2019). V následující tabulce 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). Nepříjemná 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 magnitudy 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)

ID	Název kritéria	Popis kritéria/ hodnota	Zdroj	Hodnocené území
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)
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

ID	Název kritéria	ID	Název indikátoru	Charakter požadavku
		K4b	Petrologická variabilita hornin	Vylučující/porovnávací
K5	Charakteristika proudění vody v okolí HÚ a transportní charakteristiky	K5a	Doba dotoku z HÚ do oblasti drenáže	Porovnávací
		K5b	Rychlost proudění v úrovni úložiště (m.rok^{-1})	Porovnávací
		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 ($\text{l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$)	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

Geologicky je lokalita Horka situována do oblasti budované variskými granitoidy, které náleží do moldanubické oblasti. Zmíněné plutonické horniny vystupují v rozsáhlém tělese, které je situováno mezi obcemi Polná, Velká Bíteš a Jaroměřice nad Rokytou, a je označeno jako třebíčský masiv. Toto těleso intruduje do metamorfovaných vulkanosedimentárních komplexů moldanubika. Na základě rozdílné litologie a tektonometamorfního vývoje může být moldanubikum (např. Schulmann et al. 2005) zjednodušeně rozděleno na: (I) drosendorfskou jednotku, zahrnující horniny jednotvárné a pestré litologie metamorfované v podmínkách střední kůry, a (II) gföhlskou jednotku reprezentovanou horninami exhumovanými ze spodnokorových úrovní. Polygon perspektivního území pro geologické charakterizační práce byl navržen v severní části třebíčského masivu tak, aby vedle plánovaného HÚ obsáhl také případné instalace na povrchu – zejména povrchový areál HÚ. Díky zvolené pozici je polygon budován jedním dominantním horninovým typem – durbachity, které představují z hlediska petrografického a strukturního relativně homogenní prostředí. Lokálně jsou poměrně hojné žíly leukogranitů a aplitů. Křemenné žíly a známky hydrotermálních alterací jsou na studovaných profilech vzácné. Vyvřelé horniny jsou lokálně postižené intenzivním zvětváváním a místy kryté nepříliš mocným sedimentárním pokryvem kvartérního stáří.

Popis geologické stavby

Data obsažená ve zprávě Franěk et al. (2018) byla na základě nových výzkumů (Mixa et al. 2019) revidována a upravena. Nové geologické a geofyzikální práce nepřinesly významné změny v pohledu na litologickou variabilitu, ale výrazně zpřesnily informace o pozici hlavních tektonických linií a stupni tektonického porušení v oblasti lokality Horka (Mixa et al. 2019).

Z pohledu regionální geologie náleží studované území k moldanubiku (Mísař 1983), přesněji řečeno, je situováno v severovýchodní části třebíčského masivu (Obr. 1). Geologická situace je v této oblasti poměrně jednoduchá. Z předkvartérních regionálně geologických jednotek je zastoupen především třebíčský pluton a jeho žilný doprovod. Metamorfované horniny moldanubika vystupují severně od perspektivního území pro budoucí geologické charakterizační práce.

Dominantním litologickým typem popisované části třebíčského plutonu jsou amfibol-biotitické místy až biotitické melagranity až melasyenity. Třebíčský pluton (stáří 340 Ma, Holub 1997) je mělce uložené tabulární těleso (Leichmann et al. 2016). Kontakt hornin třebíčského plutonu s metamorfovanými horninami moldanubika je ostrý, místy tektonicky modifikovaný. V oblasti vytyčených geofyzikálních profilů došlo díky novým terénním pracím ke zpřesnění geologické stavby (Mixa et al. 2019). Jedná se zejména o potvrzení relativně homogenních texturních charakteristik melagranitů až melasyenitů. Naprosto dominují amfibol-biotitické melagranity až melasyenity, které obsahují vyrostlice draselného živce o délce 1 až 2 cm. Slabě porfyrické variety jsou poměrně vzácné (malé množství vyrostlic na 1 m²). V melagranitech až melasyenitech vystupují až 40 cm velké oválné jemnozrnné mafické enklávy. Méně často se

vyskytují xenolity migmatitů, které mohou mít vzácně rozsah i několik stovek metrů. Tyto xenolity však patrně nemají příliš velký hloubkový dosah (cca 5–15 m). Obsahy radioaktivních prvků (U, Th, K) v melagranitech a melasyenitech jsou vysoké a závisí na obsazích draselného živce (hlavní nositel K) a množství biotitu, který uzavírá většinu akcesorických minerálů s vysokým obsahem U a Th (například zirkon, monazit, allanit, thorit, uraninit). Při zvětrávání se celkový obsah radioaktivních prvků v detritu mírně snižuje.

Třebíčský pluton intruduje drosendorfskou a gföhlskou jednotku moldanubika (Schulmann et al. 2005). Metamorfované horniny jsou reprezentovány MP-HT (střednětlakými a vysokoteplotními) metamorfovanými horninami drosendorfské jednotky, kam náleží horniny strážeckého moldanubika, a HT-HP (vysokoteplotními a vysokotlakovými) horninami gföhlské jednotky. Jedná se o horniny v severním kontaktu třebíčského plutonu reprezentující migmatizované biotitické ruly až anatektické migmatity s konkordantně uloženými pruhy amfibolitů, erlanů, granulitů a granulitových rul. Pruhy hornin se liší stupněm migmatizace a texturními znaky, jsou uloženy ve směru SZ–JV a zapadají k jihu pod třebíčský pluton (Duda et al. 1975). Různé stupně migmatizace střídající se často v řádech metrových i menších poloh vysvětlují Weiss a Rejl (1972) nejméně dvoufázovou migmatizací, starší regionální, mladší kontaktní při intruzi třebíčského plutonu.

Především v třebíčském plutonu se běžně vyskytují drobné žíly aplitů, pegmatitů a granitů (dominují zejména muskovit-biotitické granity, často s turmalínem). Poměrně hojné jsou nepříliš mocné křemenné žíly. Jejich pozice v oblasti vytyčených geofyzikálních profilů většinou nebyla na předchozích mapách v měřítku 1 : 50 000 list 23-42 Třebíč (Veselá et al. 1987), 24-31 Velké Meziříčí (Mísař et al. 1993a, b) přesně zakresleny. V oblasti geofyzikálních profilů se délka těchto žil aplitů a granitů pohybuje od 5 do 950 m a šířka většinou nepřesahuje 2 m (ale jsou zde i drobná tělesa granitů, která mají mocnost kolem 80 m). Nově se například podařilo vymapovat drobné těleso středně zrnitých biotitických granitů východně od obce Budíkovice. Křemenné žíly a známky hydrotermálních alterací jsou na studovaných výchozech vzácné a v oblasti perspektivního území pro budoucí geologické charakterizační práce málo významné (byl zjištěn asi 1 m mocný žilník tvořený křemennými žilami o mocnosti několik cm).

Lokálně nalezneme drobné výskyty sedimentárního pokryvu kenozoického stáří. Fluviální (hlíny, hlinité písky, písky až písčité štěrky) stejně tak jako splachové a svahové sedimenty (převážně písčítokamenité) mají malou mocnost (většinou maximálně několik m). V půdních sondách a v zářezech železničních tratí je patrné, že se mocnost zvětralin melagranitů až melasyenitů pohybuje v rozsahu od 1 do 5 m.



Zlomové struktury regionálního měřítka v okruhu 25 km

V širším regionu (okruh 25 km od lokalizace zájmového území) se vyskytují křehké deformační zóny (Obr. 2), které odrážejí tektonickou aktivitu v závěrečném období variských orogenních procesů a v období mezozoika až terciéru během alpské orogeneze (Mixa et al. 2019). Pozice většiny zlomů (Obr. 2) jsou přejaty z geologických map, protože nově zjištěné změny v jejich průběhu jsou v tomto měřítku zanedbatelné. Východní a jihozápadní část oblasti obsahuje více indicií o sklonech některých zlomů, a to zejména díky průzkumům na uranové

rudy (např. Hlisnikovský 1993, 1996) či geologickým a geofyzikálním mapám a vysvětlivkám (např. Weiss a Rejl 1972).

Mezi nejvýraznější strukturu patří zlomy s průběhem ~SV–JZ. Druhou skupinou výrazného křehkého porušení v regionálním měřítku jsou zlomy s průběhem ~SSV–JJZ, důležité jsou také zlomy tzv. sudetského směru (~SZ–JV), např.: sázavský a jaroměřický zlom. V jižní části třebíčského plutonu jsou poměrně důležité zlomy směru ZSZ–VJV a Z–V.

Zlomy orientované ve směru ~SV–JZ (vidonínský, ořechovský-vidonínský nebo bítešský zlom) jsou většinou popisovány jako subvertikální, avšak například interpretace MRS ořechovského zlomu nevylučuje lokálně také strmé upadání k SSZ. Vidonínský zlom byl původně identifikován v moldanubiku mezi Ronovem a Víckovem (Hrušková et al. 1962) a Bubeníček (1968) ověřil jeho pokračování k JZ (označen jako ořechovský zlom). U Dolních Heřmanic je na tuto poruchu vázána výrazná silicifikace. Bítešský zlom zase reprezentuje sv. hranici třebíčského masivu.

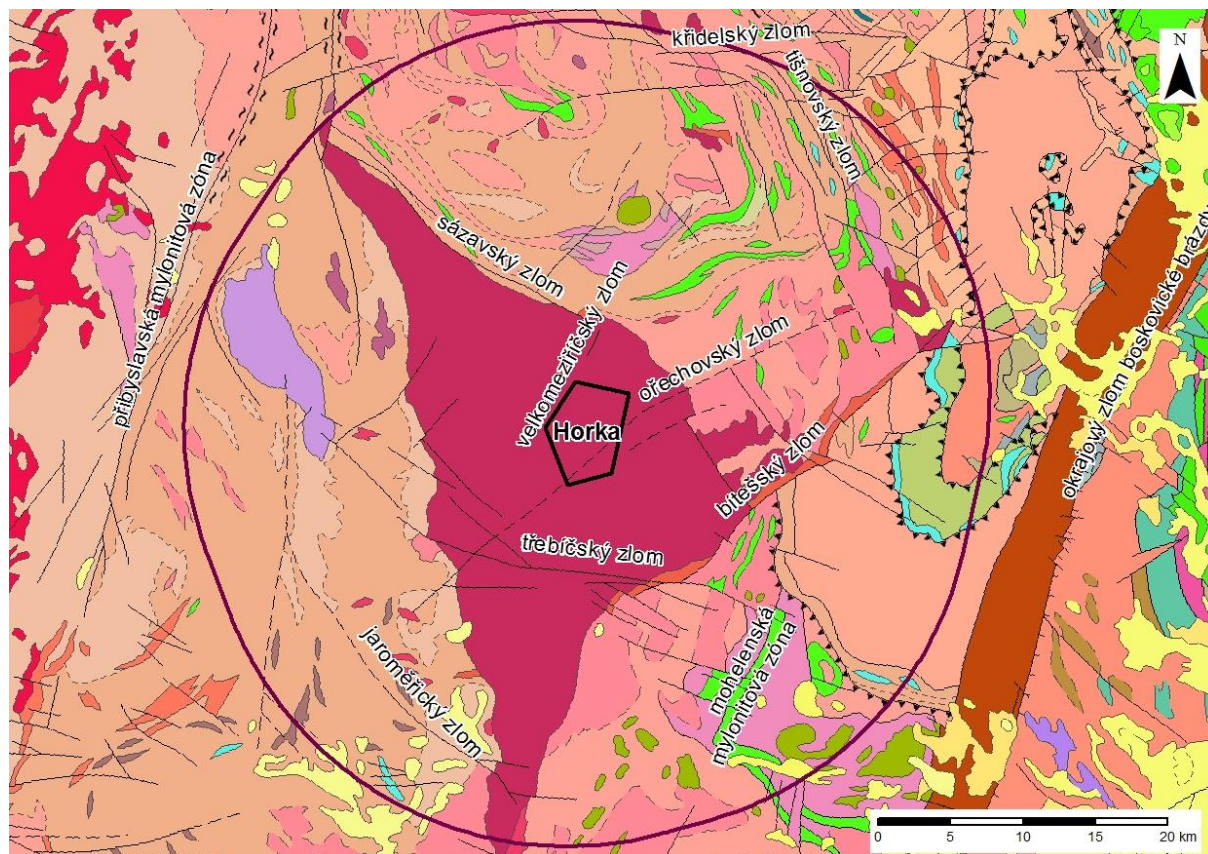
Zlomy orientované ~SSV–JJZ jsou paralelní s přibyslavskou mylonitovou zónou. Typickým příkladem je velkomeziříčský zlom, který probíhá od Velkého Meziříčí přes Hodov a Nárameč a jeho směr byl zjištěn na základě změny průběhu aplitových žil. Průběh zlomu byl ověřen geofyzikálními profily (HOR-01, HOR-02A, HOR-02B, HOR-02C, HOR-02D, HOR-02E, HOR-09, HOR-03A, HOR-03B, HOR-03C). Sklon zlomu se může mírně měnit, většinou ale upadá pod úhlem 85–65° k SZ, mocnost tektonizované zóny varíruje od 80 do 300 m. Iniciální fáze deformace patrně proběhla za poměrně vysokých teplot, jak indikuje duktilní deformace zřetelná podle usměrnění vyrostlic živečů.

Zlomy směru ZSZ–VJV a Z–V jsou reprezentovány například třebíčským zlomem, který se ve střední části masivu projevuje úzkým rovnoběžným pásmem minima tíhového pole. Tento zlom má také jako jedna z mála tektonických struktur významnější morfologické projevy (zejména v segmentu procházejícím městem Třebíč).

Sázavský zlom je lokalizován při severním okraji třebíčského masivu. Na tento SZ–JV orientovaný významný hlubinný zlom je mimo jiné vázána hydrotermální mineralizace (např. Franěk et al. 2018).

Při severním okraji popisovaného území vystupuje řada zlomových struktur, které jsou subparalelní s tišnovským (~SZ–JV) nebo křídelským (~ZJZ–JSJ) zlomem.

Hlavní tektonické zóny, jako jsou sázavský (SZ–JV), bítešský (SV–JZ) a třebíčský (V–Z) zlom, do perspektivních území pro projektové práce vůbec nezasahují.



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

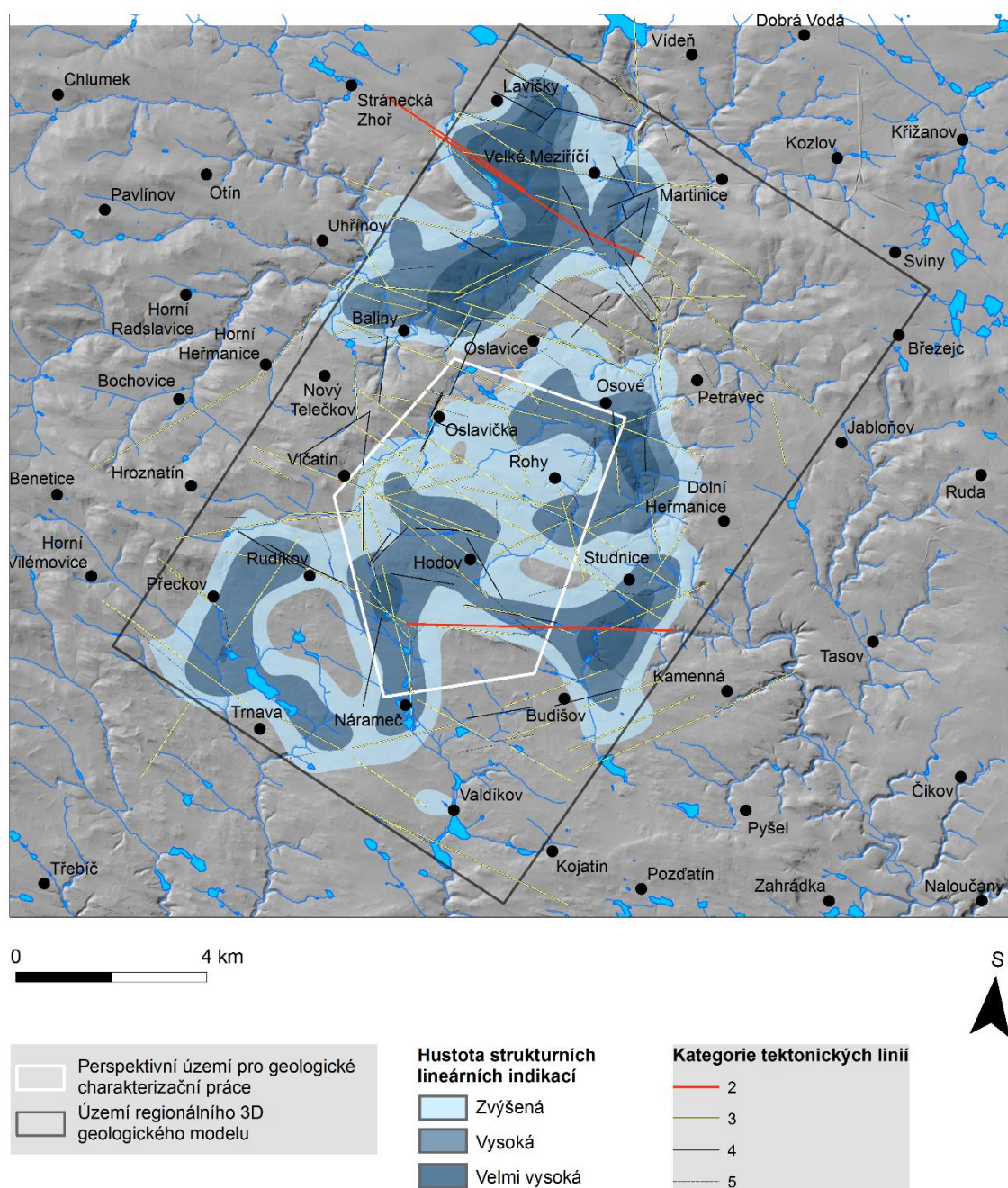
Morfotektonické zhodnocení území regionálního 3D geologického modelu

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 zájmové lokality bylo provedeno na základě morfostrukturní analýzy digitálního modelu reliéfu 4. generace (DMR 4G), radarových družicových dat ALOS-PALSAR 2 a leteckých stereoskopických snímků. Morfostrukturní analýzou a interpretací uvedených dat byly získané výsledky validovány za použití existujících strukturně-geologických, tektonických a geofyzikálních dat. Provedená morfostrukturní analýza zájmového území věcně a metodicky navazuje na předcházející geologické úkoly realizované v rámci programu GeoBariéra (Skořepa et al. 2005). 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, studiím 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.

Výsledná síť strukturních lineárních indikací (Obr. 3) vznikla expertním zhodnocením výsledných sítí vytvořených výše zmíněnými metodami. Jednotlivé identifikované lineární indikace detekované různými metodami byly navzájem konfrontovány a validovány s daty letecké geofyziky a geologickými strukturními daty. Validované lineární indikace byly následně klasifikovány do definovaných kategorií míry křehkého porušení (Marek et al. 2005; Woller 2006).

Hustotní mapa vykazuje vysokou míru detekovaných lineárních struktur (Obr. 3). Rozložení strukturních lineárních indikací je nerovnoměrné a odpovídá pozici hustotních maxim. Vyskytuje se zde celkem pět maxim s velmi vysokou hustotou, z toho čtyři maxima jsou nepravidelně propojena a zaujímají většinu plochy detailního území. Páté rozsáhlé maximum se rozkládá na severu zájmového území v okolí Velkého Meziříčí.

Obecně lze říct, že analýza DPZ vykazuje zvýšené množství detekovaných strukturních lineárních indikací zejména ve střední a severní části oblasti. Nicméně ve zkoumaném území nebyla detekována jediná strukturní lineární indikace 1. kategorie (Marek et al. 2005; Woller 2006), pouze dvě lineární indikace 2. kategorie, přičemž jedna zasahuje do detailního území. Kromě východní části je zájmové území rovnoměrně pokryto hustou sítí lineárních indikací 3. kategorie.



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 (převzato z Kopačkové et al. 2017); bodové symboly reprezentují centroidy katastrů obcí.

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.

Z hlediska identifikace zlomů a širších poruchových zón přineslo podrobné geologické mapování na profilech a aplikace geofyzikálních měření velké množství nových informací. Na perspektivním území pro geologické charakterizační práce lokality Horka byly v rámci předchozích projektů (Franěk et al. 2018, Mixa et al. 2019) mapovány zlomové struktury, nízkoteplotní mylonitové a kataklastické zóny. Z celkového počtu bylo 7 zlomů zařazeno do 1. kategorie – regionální zlomy a 17 zlomů do 2. kategorie – významné lokální zlomy.

Vývoj řady zlomů je polyfázový, takže výraznější zlomové struktury bývají doprovázeny mylonitizací a kataklastickou deformací, případně lokálně hydrotermální mineralizací. V některých případech jsou kataklastické zóny v okolí zlomů provázeny silicifikací, žilníky křemene, případně nehojně hematizací. Příkladem může být silicifikovaná kataklastická zóna zjištěná na profilu HOR-03B, která je orientovaná ve směru SSZ–JJV (dokumentační bod 140GCB0293 jihozápadně od okraje perspektivního území pro geologické charakterizační práce). U kataklazovaných hornin pozorujeme rozlámání na ostrohranné klasty (kataklastická brekcie). U mylonitizace se vytváří okatá nebo jemně zrnitá páskovaná stavba a hornina nabývá zelenavý vzhled (amfibol a biotit se mění na chlorit). Mocnost těchto poruch odhadujeme na základě rešeršních dat a terénních výsledků v řádech centimetrů až několika metrů, větší mocnost mají pouze mylonitové a zlomové zóny (například valdíkovská mylonitová zóna dosahuje místy až kolem 300 m). Podle nově provedeného geofyzikálního měření má charakter mylonitových nebo zlomových zón většina hlavních tektonických linií. Bez detailnějšího průzkumu (kopané sondy) však z obvykle nezřetelných geofyzikálních projevů můžeme často jen spekulovat, zda se skutečně jedná o projev tektonického porušení, nebo zda je mocnost měřené geofyzikální diskontinuity indikací hlubokého zvětrávání podél relativně úzkých poruch. Na popisovaném území lokality Horka dominují zlomové struktury – nízkoteplotní mylonitové a kataklastické zóny (Franěk et al. 2018) v několika dominantních směrech.

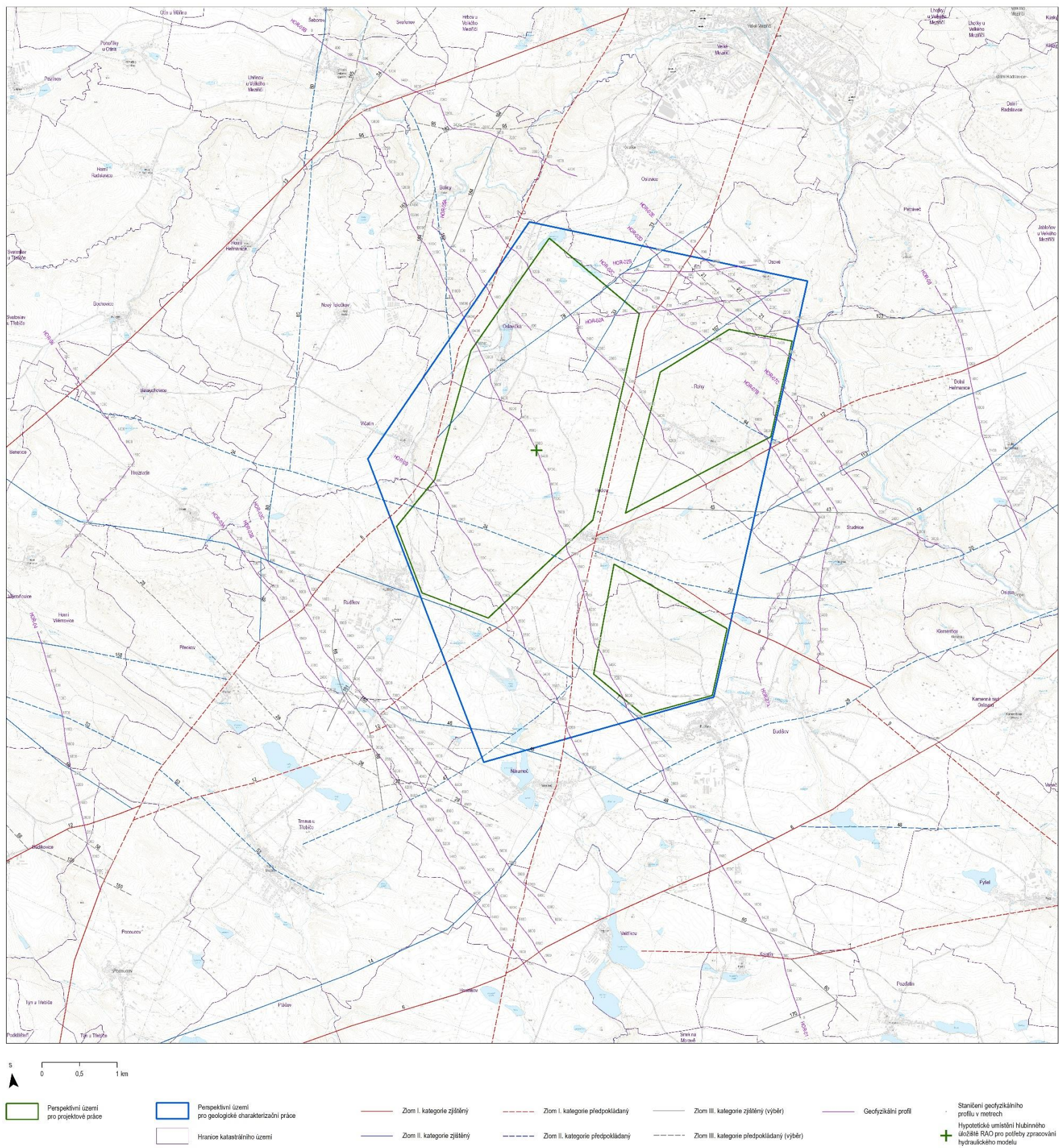
Dominantními strukturami v oblasti jsou zlomy **ID 2**, **ID 8** regionálního charakteru (1. kategorie), s délkou přes 10 km, a orientací přibližně SSV–JJZ. Zlom **ID 2** je také známý jako velkomeziříčský zlom a probíhá od Velkého Meziříčí přes Hodov a Nárameč. Průběh zlomu byl dokumentován geofyzikálními profilem HOR-01, HOR-02A, HOR-02B, HOR-02C, HOR-02D, HOR-02E, HOR-09, HOR-03A, HOR-03B, HOR-03C. Sклон zlomu se může mírně měnit, většinou ale upadá pod úhlem 85–65° k SZ, mocnost tektonizované zóny varíruje od 80 do 300 m. Iničiální fáze deformace patrně proběhla za poměrně vysokých teplot, jak indikuje duktilní deformace zřetelná podle usměrnění vyrostlic živců 124/88 (dokumentační bod 140GCB0278). **ID 8**: vlčatínský zlom probíhá od Velkého Meziříčí přes Vlčatín až k třebíčskému zlomu a byl identifikován na základě výskytu kataklastických hornin v okolí Oslavic. Průběh zlomu byl ověřen na základě mírného posunu na hranici dvou litologií a kombinací geofyzikálních metod DOP, MRS a ERT, možná, ale neprokázaná, je i vazba jednoho pramene s vydatností 0,5 l/sec na tento zlom.

Výrazně jsou zastoupeny dextrální zlomy regionálního charakteru (1. kategorie) s délkou přes 10 km, které jsou strmého sklonu v průběhu ~SV–JZ. Dobrým příkladem je valdíkovský zlom (**ID 6**) který byl identifikován na základě SV–JZ orientovaného pásma kataklastických hornin a zlomů mezi Tasovem a Valdívkem. Průběh zlomu se pak podařilo ověřit metodami DOP a MRS na několika geofyzikálních profilech. Reaktivace za nízkých teplot je indikována přítomností křehkých dislokací provázených kataklázou. Vidonínský zlom (**ID 12**) je orientovaný ve směru SV–JZ a byl původně identifikován v moldanubiku mezi Ronovem a Víckovem (Hrušková et al. 1962). Bubeníček (1968) ověřil jeho pokračování k JZ (označen jako ořechovský zlom). U Dolních Heřmanic je na tuto poruchu vázána výrazná silicifikace. Průběh zlomu byl ověřen geofyzikálními pracemi a podle silicifikace, která je na tuto poruchu vázána. Lze předpokládat subvertikální orientaci tohoto zlomu, avšak interpretace MRS nevylučuje lokálně strmé upadání k SSZ. Bochovický zlom (**ID 13**) je orientovaný ve směru SV–JZ a byl již dříve identifikován na základě porušení aplitových žil a podle plošně paralelního uspořádání vyrostlic živců (Stárková a Zrůstek 1977). Nově byl průběh zlomu ověřen geologickým mapováním (dokumentační bod 140GCB0182) a geofyzikálními metodami DOP, MRS, gravimetrie. Zlom 2. kategorie **ID 167** byl definován na základě morfologie (orientace údolí) a potvrzen metodou DOP a MRS.

Zlomy orientované ve směru ~SV–JZ a SSV–JJZ modifikují poněkud starší zlomy 1. a 2. kategorie orientované ~ZSZ–JVJ až SZ–JV. Typickým příkladem je zlom **ID 9** interpretovaný na základě archivních dat jako zlomová zóna s četnými radiometrickými anomáliemi (Franěk et al. 2018). Nově byl průběh zlomu zachycen metodou DOP a gravimetrií. Geofyzikálními metodami (Duras a Bláha 2018) bylo ověřeno také sz.–jv. orientované zlomové pásmo **ID 1** s patrně subvertikální orientací. Zlom **ID 24** s předpokládanou subvertikální orientací byl ověřen metodami DOP a MRS. Zlom **ID 94** směru SZ–JV byl identifikován metodou DOP a jeho sklon byl odhadnut na základě známé orientace okolních zlomů.

Typickým příkladem zlomu orientovaného ~VSV–ZJZ je vanečský zlom (**ID 7**) u jižního okraje strukturně tektonického schématu, který je zachycen pouze metodou DOP na geofyzikálním profilu HOR-01. Zlomy 2. kategorie s podobnou orientací jsou poměrně hojné na východním a jižním okraji popisovaného území. Jedná se například o zlom **ID 14**, který byl v terénu ověřen přítomností dislokace (dokumentační bod 140GCB0157) porušující aplitové žíly a na základě měření metodou DOP. **ID 19** je vsv.–zjz. orientovaný zlom, který byl v terénu ověřen na základě přítomnosti poklesové dislokace v kombinaci s měřením metodou DOP. Zlom **ID 47** směru VSV–ZJZ byl v terénu ověřen na základě přítomnosti asi 2 m mocné kataklastické zóny a metodou DOP. Zlomy podobné orientace také najdeme v zakončení některých sv.–jz. orientovaných zlomů. Jedná se například o zlom **ID 33**, který byl identifikován metodami DOP a MRS.

LOKALITA HORKA – TEKTONICKÉ SCHÉMA 1 : 25 000



Obr. 4 Strukturní schéma zlomů na lokalitě Horka (upraveno dle Mixa et al. 2019 a Pertoldová et al. 2019).

4.1.3 Indikátor K3b Stupeň křehkého porušení masivu – puklinové systémy

Na základě terénních měření (Kabele et al. 2018 a Franěk et al. 2018) byly identifikovány hlavní typy extenzních puklin, kde dominují subvertikální struktury nad subhorizontálními, které jsou sice četné, ale jsou většinou výsledkem exfoliačních procesů a nelze očekávat jejich výskyt v hlubších úrovních masivu. Strmé pukliny jsou bez minerální výplně (sklon 70–90°), probíhají ve směru SV–JZ, SZ–JV a tvoří pravidelný ortogonální systém. Jsou doplněny o strmé struktury průběhu V–Z a S–J. Pukliny se středními sklony (sklon 60–40°) upadají generelně k V, SZ a JV. Pukliny subhorizontální (sklon 30–0°) se na lokalitě vyskytují minimálně (mimo exfoliací) a upadají stejnými směry jako pukliny středního sklonu. Dle geofyzikálního měření provedeného na lokalitě (Mixa et al. 2019) jsou projevy křehkých poruch (pukliny/puklinové systémy), nevyskytujících se v přímém okolí identifikovaných zlomů, značně lokalizované. To může svědčit o vzniku pravidelných diskretních ploch většího rozsahu. Tyto poznatky jsou ve shodě s pozorováním na lokalitě Na Skalním (EDU-západ).

Hodnocení parametru P_{21} udává hodnoty souhrnné délky puklin na jednotku plochy výchozu (m/m^2) a přímo odpovídá terénním pozorováním na jednotlivých výchozech v horninovém prostředí perspektivním pro budování HÚ (durbachity). Tento dataset byl získán jednotnou metodikou napříč 7 lokalitami dokumentovanými rámci DFN modelů (Kabele et al. 2018). Vypočtené hodnoty byly váženy relevancí výchozů s rozptylem hodnot 1 – drobný nevýznamný erodovaný výchoz až 10 – významný zlom. Hodnota parametru P_{21} je u této lokality 0,9 m/m^2 . Tato hodnota je velmi podobná hodnotám získaným z dat na lokalitách Hrádek, Magdaléna a Březový potok. Na rozdíl od těchto lokalit je zde méně patrný vliv přípovrchového zvětralinového pláště, který byl na ostatních lokalitách geofyzikou detekován.

4.1.4 Indikátor K3c Stupeň duktilní deformace

Perspektivní území pro projektové práce HÚ a blízké okolí je situováno v horninách třebíčského plutonu. Třebíčský pluton je synkinematická (syn-exhumační) intruze, horniny lokálně zachovávají subvertikální stavby přetištěné mladší plochou až subhorizontální foliací (Franěk et al. 2018). Jedná se o planární přednostní prostorovou orientaci vyrostlíc K-živce a biotitu, která je označována jako magmatická foliace. Místy nesou tyto stavby doklady mladší deformace a rekrystalizace.

Relativně nejstarší foliace magmatického až subsolidového charakteru byly identifikovány zejména podél severního okraje třebíčského plutonu. Jejich orientace je subparalelní vůči intruzivním kontaktům durbachitů. Tyto foliace upadají pod strmými úhly k ~JJV až JJZ. Směrem do vnitřní části tělesa nabývají tyto stavby reliktního charakteru. Relativně mladší naloženou stavbou magmatického až submagmatického charakteru jsou foliace upadající pod strmými úhly k východu. Superpozice této mladší stavby je neostrá. Třetí generací naložených staveb magmatického až submagmatického charakteru jsou foliace upadající pod mírnými úhly k ~V až SSV. V popisované části třebíčského plutonu se vyskytují žíly leukokratních granitů, aplitů a pegmatitů o mocnosti v řádech centimetrů až několika metrů. Žíly mají převážně intruzivní kontakty, které upadají poměrně homogenně pod strmými úhly k ~J až JJZ.

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

V perspektivním území pro geologické charakterizační práce na lokalitě Horka bylo shromážděno relativně dostatečné množství povrchových geologických dat, hloubková data bohužel často chybí. Také není možné v terénu ověřit průběh a šířku řady důležitých dislokací. Lokalita je situována v třebíčském plutonu (stáří 340 Ma, Holub et al. 1997), což je mělce uložené tabulární těleso trojúhelníkovitého tvaru. Třebíčský pluton intruduje drosendorfskou a gřóhlskou jednotku moldanubika (Schulmann et al. 2005). Kontakt hornin třebíčského plutonu s metamorfovanými horninami moldanubika je ostrý, místy tektonicky modifikovaný.

Na povrchu perspektivního území pro budoucí geologické charakterizační práce na lokalitě Horka jsou dominantním horninovým typem amfibolicko-biotitické až biotitické melasyenity až melagranity třebíčského plutonu. Tyto horniny se mohou členit na strukturní podtypy podle zrnitosti a procentuálního zastoupení porfyrických vyrostlic živců. Jen vzácně jsou přítomny větší xenolity migmatitů (většinou od několika cm do několika m) nebo mikrogranulární mafické enklávy (od několika cm do několika dm). Těleso třebíčského plutonu je charakteristické variabilitou hustot melasyenitů až melagranitů a komplikovaným průběhem regionálních i lokálních gravimetrických anomálií. Tyto rozdíly patrně souvisí s magmatickým vývojem tohoto tělesa, kde se lokálně vytvářely živcem a amfibolem bohaté kumulátové domény. Na povrchu však tyto kumuláty pozorujeme pouze v rozsahu jednotlivých výchozů (až několik m dlouhé šmouhy s vysokým obsahem vyrostlic draselného živce). Přesto na základě existujících dat můžeme říci, že do hloubky nejméně 1 km je vertikální distribuce horninových těles podobná situaci popsané na povrchu. Distribuce horninových těles ve větších hloubkách je však zatížena výraznou mírou nejistoty.

Běžně se vyskytují drobné žíly aplitů, pegmatitů a granitů (dominují zejména muskovit-biotitické granity, často s turmalínem). Poměrně hojné jsou nepřítliš mocné křemenné žíly.

Pokryvné útvary mají na území malý rozsah a jedná se hlavně o svahové a fluviální sedimenty kvartérního stáří. Na základě vrtného průzkumu (viz Skořepa et al. 2003) byla zjištěna mocnost kvartérních sedimentů od 3 do 5 m. Podlošní durbachity bývají postižené zvětráváním maximálně do hloubek několika m.

Prostorová variabilita horninového prostředí je tedy na lokalitě Horka nízká.

4.2.2 Indikátor K4b Petrologická variabilita hornin

Na perspektivním území pro projektové práce HÚ lokality Horka dominují amfibol-biotitické, hrubě až středně zrnité melasyenity až melagranity s porfyrickou texturou. Základní hmota je tvořena biotitem (s vysokým zastoupením flogopitové komponenty), amfibolem (dominuje aktinolit), K-živcem, plagioklasem a variabilním množstvím křemene. Obsah křemene je těsně

nad hranicí 10 mod. %, což by odpovídalo křemenným melasyenitům, monzogranitům, křemenným monzonitům až syenogranitům. Vzácně mohou také odpovídat svým modálním složením granodioritům až křemenným monzodioritům (např. Hlisenkovský 1996; Skořepa et al. 2003). Chemické složení plagioklasu (15–40 mod. %) se pohybuje mezi oligoklasem až andezínem. Draselný živec (20–43 mod. %) téměř vždy převládá nad plagioklasem. Z tmavých minerálů zpravidla převládá biotit (15–40 mod. %) nad amfibolem (obvykle do 12 mod. %). Klinopyroxen se vyskytuje vzácně. Draselný živec tvoří až 4 cm dlouhé perthitické vyrostlice, často s mikroklinovým mřížováním. Hypautomorfní amfibol tvoří až 3 mm dlouhé sloupce a svým chemickým složením se blíží aktinolit. Biotit často vystupuje v podobě drobně lupenitých agregátů, které jsou místy postiženy slabou chloritizací. Z akcesorických minerálů je běžný hlavně apatit, dále zirkon, allanit, někdy je přítomen titanit, magnetit, pyrrhotin, vzácně též thorit a uraninit. Hrubozrnná porfyrická varieta křemenného melasyenitu až monzogranitu vystupuje ve formě neostře omezených ostrůvkovitých těles.

Durbachity obsahují mafické enklávy a xenolity většinou s eliptickým průřezem. Mafické enklávy svým petrografickým složením často odpovídají jemnozrnným syenitům bez vyrostlic, někdy se však svým složením blíží biotit-amfibolickým až amfibol-biotitickým gabrům nebo monzogabrům. Místy se vyskytují také xenolity hornin, které pocházejí z okolního moldanubika (ruly, migmatity, amfibolity a erlany).

Durbachity jsou proráženy nepravidelně distribuovanými žilami a tělesy granitů, aplitů a pegmatitů, jejich mocnost většinou nepřesahuje 8 m. Jejich význam pro petrologickou variabilitu popisované oblasti je tedy malý.

4.3 Expertní zhodnocení lokality

V následujícím textu jsou shrnuty pouze hlavní argumenty expertního týmu využitě 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), Duras a Bláha 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 Horka je charakterizována intruzí spodnokarbonského třebíčského durbachitového plutonu do prostředí moldanubika. Lokalita Horka se nachází v severní části plutonu, takže pouze na sever od lokality se vyskytují horniny drosendorfské skupiny s převažujícími migmatitizovanými pararulami, méně pak gföhlské ruly. Na ostatní světové strany je lokalita obklopena durbachity třebíčského plutonu.

Indikátor K3a: Stupeň křehkého porušení masivu – zlomové struktury

Známka 2,8 řadí lokalitu Horka na třetí místo stran postižení lokality zlomovými strukturami. Nutno přitom mít na mysli, 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 že se tudíž hodnoty devíti lokalit musí pohybovat v intervalu 2 až 5.

V hodnoceném území strukturně tektonického schématu je přítomno 7 zlomů 1. kategorie (ID 2, 6, 7, 8, 9, 12 a 13). Vlastním perspektivním územím pro geologické charakterizační práce probíhají tři zlomy 1. kategorie (ID 2, 8 a 12), z nichž ID 8 těsně sleduje západní hranici polygonu perspektivního území pro projektové práce a zlomy ID 2 směru S–J a ID 12 směru SV–JZ procházejí středem perspektivního území pro geologické charakterizační práce a oddělují polygony perspektivních území pro projektové práce. Zlomy 1. kategorie jsou obecně geofyzikálními měřeními ověřeny jen nevýrazně a na lokalitě Horka bylo mimořádně obtížné interpretovat naměřené hodnoty v rozhodnutí, zda se jedná o projev zlomu nebo pouze puklinové zóny (též viz níže v textu). Zlomy jsou na povrchu geologickým mapováním dokumentovány pouze sporadicky, terén není dobře odkryt a na zlomech nebývají běžně přítomny žíly hydrotermálního křemene, alterací či pramenních vývěrů tak, jak je tomu na jiných lokalitách.

Některé struktury interpretované jako zlomy vykazují indikace deformace za poměrně vysokých teplot (tedy v iniciační fázi vmístění plutonu), jak indikuje duktilní deformace zřetelná podle usměrnění vyrostlic živců (ze zlomů 1. kategorie ID 2), následně doprovázená tvorbou puklinovým systémem, jak to dokumentují výsledky geofyzikálních anomálií DOP (extenzivní mělké zóny snížených odporů).

Řada struktur 1. kategorie (ID 7, ID 8, ID 9), zčásti archivně převzatých z průzkumů Československého uranového průmyslu, nevykazuje v terénu žádnou geologickou indikaci a struktury byly interpretovány jako zlom pouze na základě různě více či méně výrazných odporových anomálií, někdy doprovázených zónami snížených seismických rychlostí.

Pouze zlomy ID 6 a ID 13 (1. kategorie), ležící nicméně značně vzdáleny od okraje perspektivního území pro geologické charakterizační práce (ID 6 cca 2,5 km jjv. od jižního okraje, ID 13 cca 3 km sz. od západního okraje), vykazují všechny významné indikace zlomové struktury – tj. jsou doloženy geologickým mapováním, jsou na nich pramenní vývěry (v případě ID 6 dokonce s hydrogeologickým vrtem s vydatností 2 l/s), a i v geofyzice se projevují výraznými anomáliemi DOP a MRS.

Dále se na hodnoceném území strukturně tektonického schématu vyskytuje celkem 17 zlomů 2. kategorie, z toho 11 zlomů 2. kategorie zasahuje různou délkou do perspektivního území pro geologické charakterizační práce. Z toho svojí významnější částí průběhu zasahuje do zmíněného území pouze 7 zlomů 2. kategorie ID 1, 24, 20, 78, 94, 167, 33. Okrajovou částí svého průběhu pak zasahují do perspektivního území pro geologické charakterizační práce 4 zlomy 2. kategorie ID 47, 48, 113, 162. Šest zlomů 2. kategorie ID 14, 29, 19, 53, 158, 80 se

vyskytuje na ploše strukturně tektonického schématu mimo perspektivní území pro geologické charakterizační práce.

Pro stanovení známky hodnotící zlomové poškození lokality Horka byl vzat v úvahu nejen prostý počet zlomů a jejich lokalizace, byly zohledněny rovněž poznatky o intenzitě anomálních projevů v geofyzikálních měřeních a stupeň ověření geologickým mapováním.

S ohledem na specifickou situaci na lokalitě Horka uvádíme následující podrobné vysvětlení k interpretaci geofyzikálních anomálií.

Masivní neporušené durbachity na lokalitách Horka a Na Skalním (EDU-západ) vykazují standardní elektrické odpory 800-2000 ohmm, na Magdaléně pak okolo 600-2000 ohmm. Oproti granitům mají durbachity generelně nižší odpory, což odpovídá i laboratorním výsledkům (byla zjištěna vyšší vodivost – obrácená hodnota k odporu). Na některých zlomech (např. výše zmíněném ID 6 kříženém profilem HOR-01 na staničení 2280 nebo 10 380) je patrný pokles odporu k 50 ohmm, což indikuje podrcenou a zvodnělou zónu – projev zlomové struktury. Nicméně na většině ostatních výše zmíněných zlomů nejsou poklesy vodivosti takové, aby se jednoznačně jednalo o poruchu ve smyslu mechanického porušení durbachitu zlomem. Jedná se například o lokality:

zlom / profil / staničení:

ID 1/ HOR-03A/6800 m,

ID 2/ HOR-09/4200 m,

ID 2/ HOR-11/3030 m,

ID 7/ HOR-01/800 m,

ID 8/ HOR-03A/1450 m.

Na těchto staničeních se odpory pohybují v hodnotách mezi 350–900 ohmm, kterou nelze jednoznačně interpretovat jako zlomově porušenou zónu, může se jednat o puklinový tah nebo hlubší selektivní zvětrávání durbachitu. Odpory na jasných zlomech se pohybují obvykle v hodnotách do 100 ohmm, v případě významných zlomových zón s hydraulickou funkcí (jako např. v granitech lokality Čihadlo lodhérovské zlomové pásmo nebo na lokalitě Hrádek dolnohuťský zlom) klesají razantně odpory až na hodnoty 10-20 ohmm.

Při interpretaci rychlosti seismických vln v mělké refrakční seismice je situace na lokalitě Horka též specifická. Rychlost seismických vln v neporušeném durbachitu dle laboratorních měření by měla dosahovat cca 6000 m/s. Této rychlosti je na Horce dosaženo jen zcela ojediněle, převažují průměrné rychlosti 2600-3200 m/s. Na lokalitě Horka se vyskytují na geofyzikálních profilech rozsáhlé metráže (i tisíce metrů) vykazující poklesy rychlosti seismických vln na 1200–1600 m/s, což by odpovídalo spíše sedimentům než intruzivním horninám. Proto se domníváme, že na lokalitě Horka nelze unikátně použít mělkou refrakční seismiku pro interpretaci zlomů, ale že naměřená data nám signalizují plošně rozšířené zvětrávání durbachitu řádově do 50-100 m hloubky.

Jak je z výše uvedeného patrné, dokumentace zlomů na lokalitě Horka je mimořádně komplikovaná, a to jak kvůli nedostatku geologických projevů zlomů při geologickém mapování, tak s ohledem na nevýrazné projevy v geofyzikálních anomáliích. Řada zlomů 1. i 2. kategorie byla zkusmá konzervativně jako zlomy, i s vědomím značné míry nejistoty, zda se nejedná pouze o puklinové tahy nebo partie hlouběji zvětralého durbachitového regolitu.

Z tohoto důvodu je také většina nejistých partií zlomů zkeslena jako zlomy předpokládané (tj. neověřené). Z téhož důvodu byly některé poruchové zóny delší než 1 km zařazeny do 3. kategorie, protože při rozhodování, zda geofyzikálně zjištěnou oslabenou zónu vůbec interpretovat jako zlom či spíše jako puklinový tah, byl preferován zmíněný konzervativní přístup a zkeslena byla zlomová linie, nicméně adekvátně vyjádřená v kategorii 3. zároveň vybrané zlomy zařazené do 3. kategorie byly – v rámci zmíněného konzervativního přístupu – doporučeny k zařazení do konstrukce hydraulických modelů a modelů proveditelnosti.

Při hodnocení lokality bylo expertním týmem přihlédnuto ke všem výše uvedeným aspektům, Byl konsensuálně akceptován názor, že ve srovnání s ostatními lokalitami (kde nebylo tolik archivních dat z průzkumů Československého uranového průmyslu) byla autorem strukturně-tektonického schématu správně zkeslena zlomová síť vysoce konzervativním způsobem. Tento přístup je důležitý mj. i kvůli signálu pro případný budoucí výzkum – nicméně s vědomím, že řada pravděpodobných zlomů 1. a 2. kategorie se nemusí při dalších výzkumech prokázat jako zlomové zóny, ale může být potvrzena jen jako pukliny nebo hlubší selektivní zvětrávání durbachitu.

Při zohlednění všech výše uvedených nejistot proto byla expertním týmem lokalitě Horka stanovena známka 2,8, která je horší než zlomově málo porušené lokality Janoch (ETE-jih) (2,0) a Hrádek (2,3), která ale reflektuje pozitivní nejistotu vůči intenzivnějším, a dobře ověřeným, zlomovým sítím na lokalitách tvořených granitoidy, jako jsou Čertovka (3,3), Březový potok (3,5), Čihadlo (3,8) a Magdaléna (3,5). Lokalita Na Skalním (EDU-západ) má výrazně odlišný strukturně zlomový plán proti Horce a vyznačuje se dobře prokázanou a dokumentovanou sítí významných zlomů 1. a 2. kategorie, proto získala známku o celý stupeň horší 3,9. Ačkoliv samotný počet zlomů není rozhodujícím pro stanovení známky, i v porovnání v počtu zlomů 2. kategorie na Horce (celkem 17) je patrná slabší míra postižení lokality (počty zlomů 2. kategorie na některých jiných hodnocených lokalitách: Březový potok 26, Čertovka 32, Čihadlo 23, Na Skalním (EDU-západ) 50, Kraví hora 25 nebo Hrádek 14). Nutno ale zdůraznit, že při stanovování známky byl vzat v potaz i charakter zlomové sítě obou hodnocených kategorií, stupeň ověření, lokalizace zlomů a intenzita jejich projevů atd. – tedy nikoliv pouze prostý počet.

Zmíněný konzervativní přístup interpretace zlomů na slabých geofyzikálních anomáliích, které by mohly být na lépe odkrytých lokalitách možná ověřeny jako puklinové tahy nebo pouze hlouběji zvětralé zóny, vedl k interpretaci tektonického schématu s počtem a vedením zlomů, jež reflektují nejkritičtější hodnocenou variantu. I přesto byl na lokalitě Horka identifikován ve srovnání s ostatními lokalitami relativně malý počet zlomů 2. kategorie a dá se navíc předpokládat, že některé z nich při provedení dalších výzkumů a případně technických prací by mohly být potvrzeny jako puklinové tahy nebo zóny zvětrávání – nikoliv zlomy.

Indikátor K3b: Stupeň křehkého porušení masivu – puklinové systémy

Zámka 3,0 řadí lokalitu Horka do středu hodnocených lokalit, na stejnou úroveň jako obdobnou durbachitovou lokalitu Na Skalním (EDU-západ) (známka 3,0).

Při stanovení známek indikátoru K3b bylo přihlédnuto jednak k velikosti parametru P_{21} (*souhrnná délky stop puklin [m] na jednotku plochy, tj. rovinu proloženou horninovým výchozem [m²]*), a jednak k ověření charakteru puklin geofyzikálním měřením.

Tab. 4 Vyhodnocení parametru P_{21} .

	Březový potok	Čertovka	Čihadlo	Horka	Hrádek	Kraví hora	Magdaléna
parametr P_{21}	1,15	0,67	1,51	0,90	1,12	0,58	0,92

Dominantním souborem extenzních puklin v horninách zájmového území jsou převážně subvertikální pukliny bez minerální výplně, které tvoří převážně pravidelný ortogonální systém. Pukliny exfoliačního charakteru ploché orientace jsou často vázané jen na přípovrchové partie horninových komplexů. V případě studované části třebíčského plutonu byly identifikovány dva hlavní trendy v orientaci extenzních puklin, a to o průběhu ~SSV–JJZ a systém kolmý v průběhu ~ZSZ–VVJ. Na základě získaných dat bylo dle prostorové orientace identifikováno celkem 7 populací puklin (Franěk et al. 2018), z nichž se nejčastěji vyskytují strmé pukliny (sklon 70–90°) upadající k S, J, SZ, JV, SV, JZ, V a Z, pukliny se středními sklony (sklon 60–40°) upadají generelně k V, SZ a JV. Pukliny sub-horizontální (sklon 30–0°) se mimo zvětrávání vzniklých exfoliačních puklin, které byly z měření vyloučeny, na lokalitě vyskytují minimálně a upadají stejnými směry jako pukliny středního sklonu. Tyto puklinové sety byly ověřeny jak při tvorbě DFN modelů, tak při geologickém mapování spojeném s geofyzikálním výzkumem. Geofyzikální měření dokumentují rozsáhlé úseky profilů se slabými, několik set metrů mocnými, anomáliemi zvýšených odporů v DOP, někdy doprovázených, snížením seismických vln v MRS. Hloubka těchto anomálií bývá obvykle ve vyšších desítkách metrů. Tyto anomálie budou pravděpodobně odpovídat regionálním puklinovým systémům, protože nejsou vázány jednoznačně na přítomnost zlomu a s ním spojeného tektonického porušení okolní horniny, případně mohou být dalšími detailnějšími výzkumy identifikovány jako produkt hlubšího zvětrávání durbachitu.

S ohledem na průměrnou hodnotu parametru P_{21} i obdobné poměry s lokalitou Na Skalním (EDU-západ), kde byly puklinové sety detailně dokumentovány zejm. výzkumem Hanžla et al. (2017, 2018) a následně byla lokalita Horka stanovena známka 3,0, totožná jako lokalita Na Skalním (EDU-západ). Obě lokality jsou si – na rozdíl od zlomové sítě – v postižení puklinovými systémy velice podobné, proto obdržely stejné známky.

Obdobně hodnocené lokality tvořené granitoidy Hrádek a Březový potok se známkou 3,3 vykazují vyšší parametr P_{21} – 1,12 resp. 1,15. Čihadlo má pak hodnotu P_{21} nejvyšší (1,51), což bylo potvrzeno i geologickým mapováním a geofyzikálním výzkumem. Proto byla lokalita Čihadlo posouzena jako nejvíce postižená rozpukáním a byla jí stanovena známka 4. Naopak nejlepší známka pro Čertovku reflektuje nejnižší parametr P_{21} také potvrzenou i výsledky aktuálních geofyzikálních a spojených geologických výzkumů.

Indikátor K3c: Stupeň duktilní deformace

Stupeň duktilní deformace durbachitů v hodnocené ploše perspektivního území pro projektové práce a blízké okolí byl expertním týmem hodnocen známkou 2. Tato známka odpovídá též hodnocení geologicky obdobné lokality Na Skalním (EDU-západ) (durbachity třebíčského plutonu) a je mírně horší než všechny lokality tvořené granity (známky v intervalu 1,0 – 1,5).

Důvodem je přítomnost dvou dobře vyvinutých odlišných generací duktilních staveb magmatické a deformační, definovaných především orientací minerálů, zejm. porfyrických draselných živců a biotitu. Magmatická foliace dominantně upadá pod strmými úhly k ~JJV až JJZ. Relativně mladší deformační stavby zapadají pod malými úhly k SV a částečně modifikují orientaci původní magmatické foliace.

S ohledem na dobře vyvinuté dva systémy foliací byla lokalitě Horka stanovena známka 2 (stejně jako lokalitě Na Skalním (EDU-západ)), odlišující tyto dvě durbachitové lokality od lokalit tvořených granity, které mají obvykle vyvinut jen jeden systém magmatických staveb, navíc často jen slabě.

Indikátor K4a: Prostorová variabilita horninového prostředí

Hodnocené území – tj. perspektivní území pro projektové práce a blízké okolí – se jeví jako horninově velmi homogenní (na rozdíl od zbytku lokality), a proto byla lokalitě pro kritérium K4a stanovena známka 1,2, po lokalitě Hrádek (1,0) druhá nejlepší z hodnocených lokalit. Hodnocené území je tvořeno jednou hlavní litologií a sice durbachitem (resp. hrubě zrnitým porfyrickým melanokratickým granitem až syenitem) třebíčského plutonu. V této hornině se vyskytují na hodnoceném území pouze nehojné drobné magmatické enklávy o velikosti cm – dm, dále ojedinělé křemenné žíly v cm mocnosti a rovněž ojedinělé žíly leukokratických muskovit-biotitických granitů s turmalínem, mocnosti obvykle do 10 m. Jiné horninové typy nebyly na perspektivním území pro projektové práce a blízkém okolí zjištěny ani geologickým mapováním, ani geofyzikálním měřením.

Na lokalitě Horka se ve větším množství vyskytují žilné roje leukogranitů až aplitů v–z. směru, - tyto jsou ale dokumentovány v katastrech obcí Kamenná nad Oslavou a Budišov mimo hodnocené území, cca 1,5–3 km východně. Západně od hodnoceného území v okolí obcí Budíkovice a Horní Vilémovice byly vymapovány drobné intruze středně zrnitých biotitických granitů o velikosti do několika set metrů - lokality ale leží až při západní hranici území 3D modelu, cca 4–5 km od okraje perspektivního území pro geologické charakterizační práce. Jižně od jižní hranice hodnoceného území v katastrech obcí Hostákov a Kojatín a dále 4 km západně od území v katastru obce Bochovice byly popsány několik metrů mocné křemenné žíly.

Jak je z uvedeného výčtu patrné, vlastní hodnocené perspektivní území pro projektové práce a blízké okolí je tvořeno homogenním durbachitem (hrubě až středně zrnitým porfyrickým melasyenitem až melagranitem) jen s nehojnými drobnými mafickými enklávami a ojedinělými žilami křemene a granitů. Proto byla expertním týmem stanovena lokalitě Horka známka 1,2 – jen o 0,2 bodu horší než hodnocení ideálně homogenního granitu bez žil a xenolitů lokality Hrádek (1,0). Jako nevýznamně horší byly hodnoceny lokalita Na Skalním (EDU-západ) (2,0 – proti Horce větší množství leukokratických granitových a aplitových žil a žilníků a drobné granodioritové intruze), lokalita Magdaléna (3,7 – proti Horce významně větší množství leukokratických granitových žil a žilníků) a lokalita Čihadlo (2,0 – proti Horce přítomny xenolity biotitických migmatitů).

Indikátor K4b: Petrologická variabilita hornin

Argumentace je obdobná se zdůvodněním indikátoru K4a. Durbachit lokality Horka představuje litologicky ideálně homogenní prostředí tvořené amfibolicko-biotitickými durbachity (středně až hrubě zrnitými melasyenity až melagranity s porfyrickou texturou). Jiné horninové typy jsou vzácné – viz popis u kritéria K4a. Druhou nejlepší lokalitou je lokalita

Hrádek (nevýznamně nižší známka 1,4), která také neobsahuje prakticky žádné odlišné horniny (xenolity, žíly aj.), varírují v ní nicméně porfyrické a neporfyrické texturní typy. Lokalita Na Skalním (EDU-západ), lokalizovaná též do durbachitů třebíčského plutonu, vykazuje větší texturní i litologickou pestrost – lokálně plynule přechází z dominantní variety porfyrického melasyenitu do světlejších melagranitů, leukokratnějšího a minoritního středně až hrubě zrnitého biotitického syenitu až granitu místy s amfibolem, střídají se variety lokálně porfyrických a lokálně neporfyrických durbachitů – proto jí byla stanovena známka 2,5.

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.

Třebíčský masiv je mělce uložené tabulární těleso trojúhelníkovitého tvaru. Na základě expertního odhadu založeného na strukturních měřeních lze předpokládat mocnosti durbachitů okolo několika km. Míru pravdivosti tohoto odhadu je nutno ověřit podrobnými geofyzikálními a vrtnými pracemi (viz kapitoly 4.1.1).

Nově zjištěné údaje (Mixa et al. 2019) potvrzují poměrně vzácný výskyt lokálních nehomogenit v durbachitech, jako jsou větší (velikosti kolem několika m) xenolity migmatitů a mikrogranulární enklávy.

Jistý problém představuje přítomnost křemenných, pegmatitových, aplitových a granitových žil. Lokálně jsou tyto žíly poměrně hojné (až desítky žil na km²), avšak mají většinou nepatrnou mocnost (do několika m). Podle hojnosti těchto žil v různých částech třebíčského masivu se zdá, že jejich mocnost a četnost s hloubkou poněkud klesá. Také distribuce a mocnost hydrotermálních žil se může měnit. Nově byla také zjištěna drobná tělesa granitů o velikosti do několika stovek m² (Mixa et al. 2019). Tyto litologické nehomogenity však mají pouze lokální význam a s ohledem na reologickou podobnost granitů s dominantní litologií nezhoršují kvalitu homogenity horninového prostředí (viz kapitoly 4.2.2).

Přípovrchová zóna (1–5 m) je často postižena poměrně intenzivním zvětráváním. Rozsahy kvarterních sedimentů jsou malé (většinou se jejich mocnosti pohybují v prvních metrech).

Stanovit přesnou míru rozpuštění horninového masivu v hloubce plánovaného HÚ je obtížné. Strukturní data pořízená na povrchu nicméně přináší reálný obraz o podobě a hustotě puklinových systémů v přípovrchové zóně zkoumaného masivu. Výskyt puklin podobných orientací i ve větší hloubce však lze pouze předpokládat (viz kapitoly 4.1.3).

U mnoha poruch ověřených v rámci geologických a geofyzikálních prací nebylo možné určit, zda se jedná o zlomy či puklinová pásma, případně určit jejich hydraulickou funkci.

Nejistota spojená s hodnocením oblasti spočívá v neznalosti úhlů a směrů upadání řady zlomů (viz kapitoly 4.1.2). U některých zlomů se podařilo tuto nejistotu v průběhu terénního průzkumu a geofyzikálních měření snížit (Mixa et al. 2019).

Nejistotou je také stáří pohybu na některých zlomech. Také je nutné zpřesnit řadu informací z geomorfologického vývoje dané oblasti (viz kapitoly 4.1.2).

Nejistoty jsou spojené i s průběhem zvodnělých poruchových zón v hloubce úložiště. Další upřesnění je žádoucí (viz kapitoly 4.1.2).

Nové geofyzikální práce byly zaměřeny mimo jiné i na ověření průběhu zlomů, které potenciálně zasahují do těchto území. Ve všech případech došlo oproti předchozím výzkumům k zahuštění sítě zjištěných tektonických poruch. Mimo měřené geofyzikální profily tedy panuje v určení přesné pozice a hustoty zlomů určitá nejistota.

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. 5. Pokud vyhodnotíme všechna výše zmíněná fakta, charakterizující lokalitu z hlediska geologických charakteristik, nebyl zjištěn důvod pro vyloučení lokality k dalšímu 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. 5 Vyhodnocení vylučujících kritérií pro oblast Geologické charakteristiky pro lokalitu Horka. 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

Kapitola „Geologické charakteristiky“ obsahuje výčet a popis geologických faktorů, které byly zvoleny jako indikátory pro hodnocení vhodnosti lokality Horka pro umístění 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 4, stručné shrnutí v kapitole 4.3) na 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. Lokality se navzájem výrazně liší množstvím i kvalitou geologických informací (např. mapy různého měřítka, odlišný počet chemických analýz atd.) a nelze je tedy zcela přesně porovnávat exaktními a kvantitativními postupy. Proto bylo zvoleno porovnání formou expertního odhadu na základě diskuse specialistů a jejich shody.

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

Tab. 6 Vybrané indikátory kritérií Geologické charakteristiky pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ a jejich hodnocení pro lokalitu Horka. ID viz (Vondrovic et al. 2019)

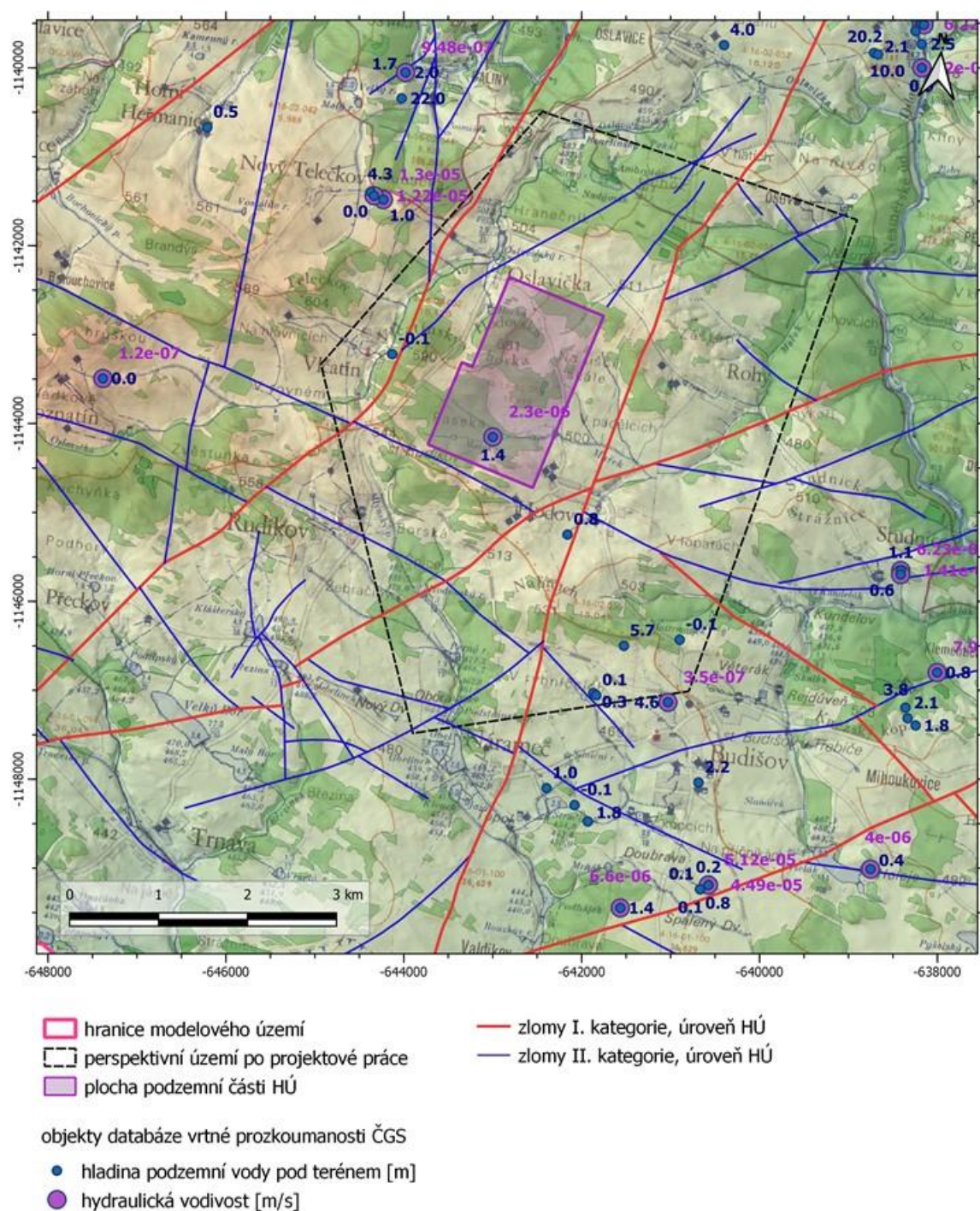
ID	Indikátory kritérií	Známka
K3a	Stupeň křehkého porušení masivu – zlomové struktury (1 – nejnižší až 5 – nejvyšší)	2,8
K3b	Stupeň křehkého porušení masivu – puklinové systémy (1 – nejnižší až 5 – nejvyšší)	3
K3c	Stupeň duktilní deformace (1 – nejnižší až 5 – nejvyšší)	2
K4a	Prostorová variabilita horninového prostředí (1 – nejnižší až 5 – nejvyšší)	1,2
K4b	Petrologická variabilita hornin (1 – nejnižší až 5 – nejvyšší)	1

5 Hydrogeologické charakteristiky

Podle hydrogeologické rajonizace (vyhláška č. 5/2011 Sb.) území lokality Horka spadá do hydrogeologického rajonu 6550 Krystalinikum v povodí Jihlavy. Horninové prostředí je tvořeno dominantně amfibol-biotitickými melagranity až melasyenity (durbachity) třebíčského plutonu.

Hydrogeologická prozkoumanost území je, vzhledem k malému vodárenskému významu prostředí durbachitů třebíčského plutonu, nízká a značně nerovnoměrná. Několik hydrogeologických zpráv a posudků lokálního charakteru shrnuje výsledky průzkumných prací zaměřených na získání či ověření zdrojů podzemní vody pro domovní či obecní zásobování. Pro širší zájmovou oblast třebíčského masivu jsou k dispozici pouze omezené bodové informace do hloubky max. prvních desítek metrů (Obr. 5). Vrtý s údaji o hydrogeologii jsou většinou situovány poblíž lidských sídel, konkrétně největší počet z nich je v okolí obce Budišov. Hydraulické vodivosti byly zjištěny v rozmezí tří řádů (10^{-5} m.s^{-1} až 10^{-7} m.s^{-1}) v závislosti na hydrogeologické pozici vrtu (drenážní, resp. infiltrační oblast) a tektonickém postižení oblasti. Vrtý, které zastihly přípovrchovou zónu rozvolnění puklin s aktivním oběhem podzemních vod, mají řádově vyšší hydraulickou vodivost ve srovnání s horninovým prostředím v hloubce projektovaného HÚ.

Zdrojem podzemní vody na lokalitě je srážková infiltrace, ke které dochází v celé ploše území. Rozložení efektivní infiltrace je prostorově variabilní, průměrná velikost byla v detailním hydrogeologickém modelu zadána $2,5 \text{ l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$ dle údajů podzemního odtoku v Krásný et al. (1982).



Obr. 5 Hydrogeologické údaje v databázi vrtné prozkoumanosti ČGS. Pro účely hodnocení byly zlomové struktury třetí kategorie doporučené pro zahrnutí do hydraulického modelu dle kapitoly 4.3, indikátoru K3a a zavedeny do modelu jako zlomy druhé kategorie.

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 menší, než jsou maxima dosahovaná v přípovrchové zóně (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 otevřených puklinách a poruchových zónách.

V evidenci ISVS – VODA (www.voda.gov.cz, údaje za rok 2018) pro polygon perspektivního území pro projektové práce žádné odběry evidovány nejsou. V širší oblasti perspektivního území pro projektové práce lokality Horka jsou evidovány pouze lokální málo významné odběry využívající přípovrchové zdroje podzemní vody. Existující odběry ani dosavadní provedené průzkumné hydrogeologické práce nesignalizují možnosti využití podzemní vody hlubokého oběhu pro vodohospodářské využití ani existenci významných zdrojů podzemní vody v hlubší části horninového masivu.

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

Pro hodnocení hydrogeologických poměrů na lokalitě Horka byl zpracován aktualizovaný detailní hydrogeologický model (Uhlík et al. 2020), který reprezentuje aktuální představu 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 postačují pro realizaci komplexního hydraulického modelu. Vývoj hydrogeologických poměrů v lokalitě úzce souvisí s vývojem klimatu a průběhem budoucího antropogenního ovlivnění horninového masivu v posuzované lokalitě. Oba faktory lze v realizovaném hydraulickém modelu lokality Horka zohlednit. Vyhodnocení vylučujících kritérií je zpracováno 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

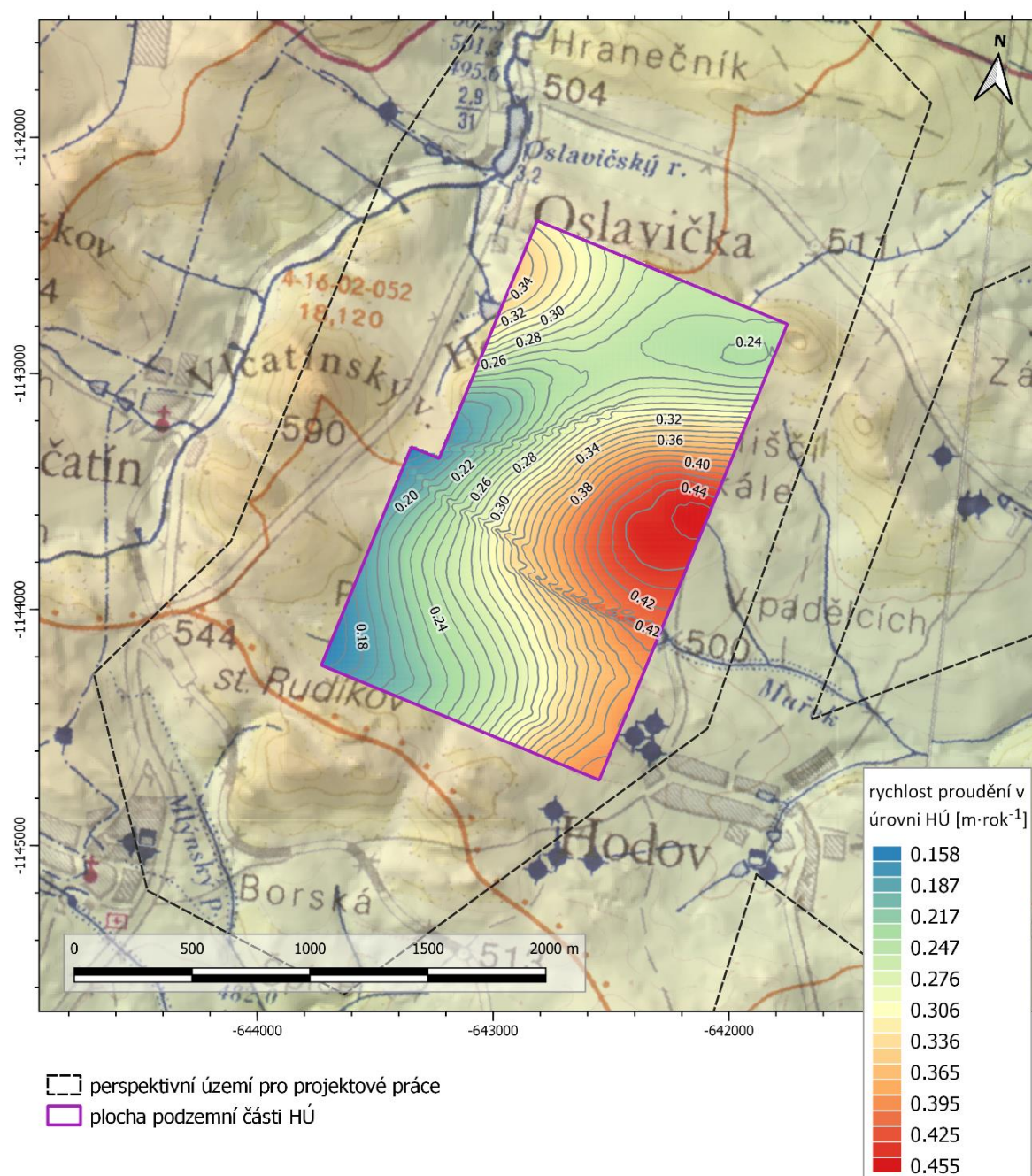
5.2.1.1 Indikátor K5a Doba dotoku z HÚ do oblasti drenáže

Advektivní doby dotoku podzemní vody mezi prostorem HÚ a oblastmi drenáže jsou v modelových simulacích proudění podzemní vody stanoveny metodou particle tracking (Muffels et al. 2014). Uplatněn je tak schematizovaný výpočet transportních cest pro konzervativní (nesorbující a nereagující stopovač/kontaminant) při reprezentaci prostředí hydrogeologického masivu s uplatněním konceptu ekvivalentního pórového média.

Rychlost proudění v úseku mezi prostorem potenciálního úložiště ($-34,5$ 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 desítek až stovek metrů za rok. Pro úroveň HÚ jsou modelem stanoveny rychlosti proudění nejčastěji v řádu prvních desítek centimetrů za rok. Hydraulickou souvislost prostoru projektovaného HÚ s drenážními bázemi charakterizuje doba dotoku. První kvartil doby dotoku pro prostor podzemní části HÚ v lokalitě Horka byl modelem vypočten $2\,889$ roků (indikátor K5a, Tab. 8). Rozsah dob dotoku se pro prostor HÚ v lokalitě Horka pohybuje v rozmezí $2\,070$ až $24\,600$ let (mezidecilové rozpětí intervalu výsledků $Q_{0,1} - Q_{0,9}$).

5.2.1.2 Indikátor K5b Rychlost proudění v úrovni úložiště

Rychlost proudění podzemní vody v úrovni úložiště ovlivňuje velikost hmotnostního toku kontaminace z prostor HÚ. Rychlost proudění v úrovni HÚ souvisí s hydraulickým gradientem a morfologií terénu. Rozložení rychlostí proudění v úrovni a prostoru HÚ vypočtených modelem proudění je vykresleno na Obr. 6. Rozsah vypočtených rychlostí proudění v prostoru podzemní části HÚ vychází v relativně úzkém rozpětí $0,16 - 0,46$ m.rok⁻¹. Jako hodnota indikátoru je využito maximum (Indikátor K5b, Tab. 8).



Obr. 6 Rozložení průměrných modelových rychlostí proudění ($\text{m} \cdot \text{rok}^{-1}$) v prostoru HÚ

5.2.1.3 Indikátor K5c Propustnost v prostoru HÚ

Uvažovaná propustnost horninového masivu v prostoru HÚ (indikátor K5c, Tab. 8) i maximální propustnost poruchových zón do 500 m od hranice HÚ (indikátor K5e, Tab. 8) souvisí s koncepcí stanovení modelových hydraulických vodivosti zlomových pásem a jednotlivých identifikovaných litotypů hornin, která je podrobně popsána ve zprávě Uhlíka et al. (2018).

Při hodnocení hydrogeologických vlastností lokality Horka 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. Modelová hydraulická vodivost v přípovrchové vrstvě se v prostoru perspektivního území pro projektové práce pohybuje v rozsahu $5 \cdot 10^{-9}$ až $2 \cdot 10^{-5} \text{ m.s}^{-1}$, přičemž reálně i v přípovrchové vrstvě lze předpokládat pokles hydraulické vodivosti s hloubkou.

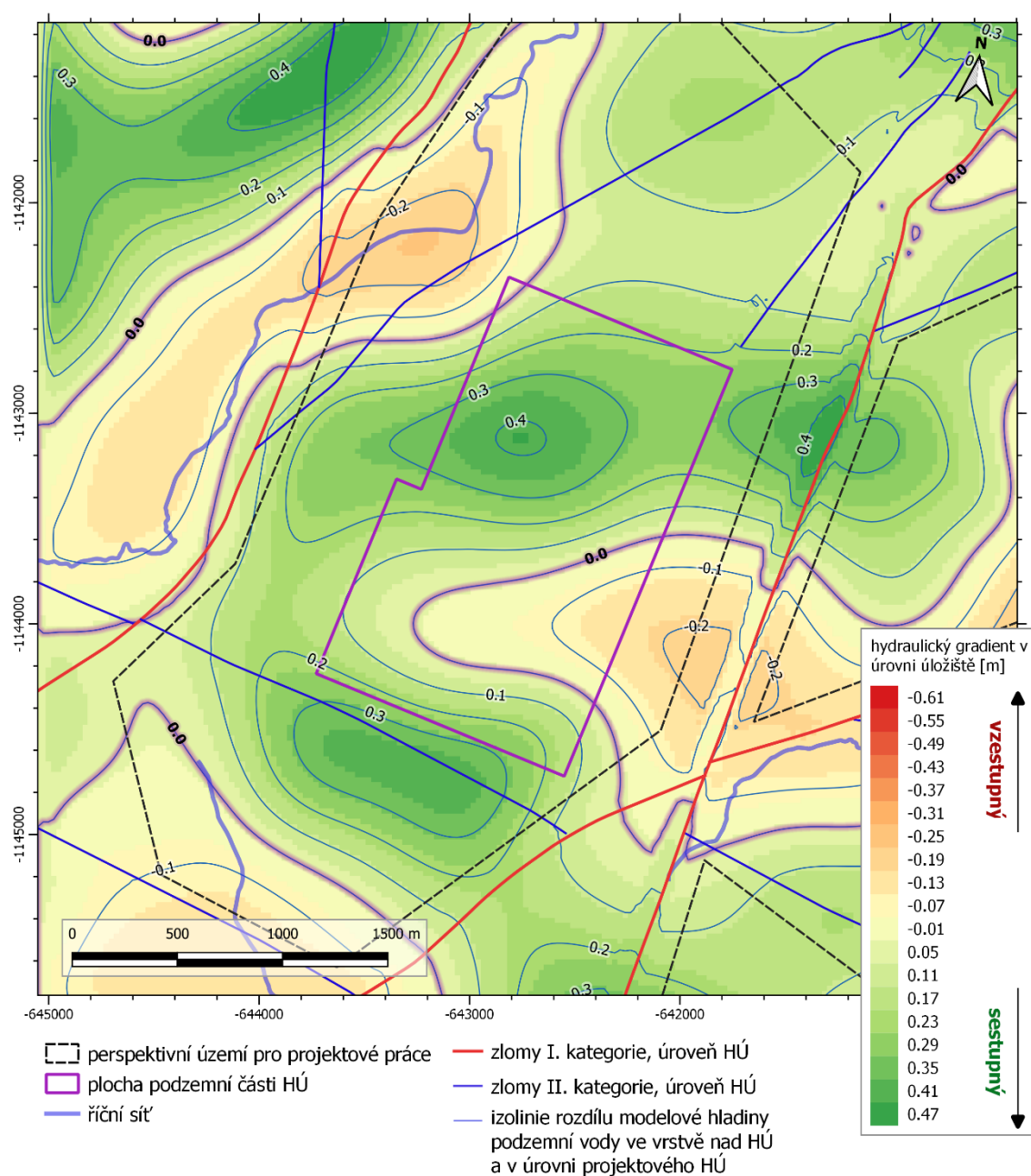
Spodní (podstatně mocnější) část profilu tvoří krystalinické horniny, které lze z hydrogeologického hlediska popsat jako heterogenní málo propustné puklinové prostředí. Ve zpracovaném hydraulickém modelu využitém pro hodnocení je zadán pokles hydraulické vodivosti v masivu s hloubkou jak v oblastech 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 zadány v rozsahu $2,6 \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$ až $3,5 \cdot 10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$. Jako hodnota indikátoru je uplatněna maximální hodnota (indikátor K5c, Tab. 8).

5.2.1.4 Indikátor K5d Sestupná vertikální složka proudění

V modelu proudění podzemní vody je simulováno nasycené proudění podzemní vody s volnou hladinou v přípovrchové vrstvě. V modelovém území 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 dána rozpukáním ve vazbě na tektonické postižení. V tektonických zónách, které efektivně propojují oblasti s různou hydraulickou výškou, dochází k deformaci tlakového pole proudění podzemí vody daného primárně úrovní terénu.

Izolinie rozdílu hladiny podzemní vody v modelové vrstvě nad úrovní HÚ a v úrovni HÚ jsou dokumentovány na Obr. 7. Z obrázku je patrné, že v prostoru podzemní části HÚ převládá sestupná složka proudění podzemní vody, kdy maxima jsou vázána na elevaci Hodovská horka a na nepojmenované elevace mezi Rudíkovem a Hodovem. Sestupná složka proudění se podle výsledků modelu uplatňuje na 81 % plochy podzemní části HÚ (indikátor K5d, Tab. 8).

Oblast vzestupného proudění v ploše HÚ modelové práce identifikovaly v pramenní oblasti Mařku. Rozsáhlejší oblast drenáže (a vzestupného proudění) v okolí HÚ je předpokládána v údolí Oslavičky u Vlčatína při spojitém napojení na pramenní oblast Mlýnského potoka (Obr. 7).



Obr. 7 Hydraulický gradient v úrovni HÚ (-34,5 m n. m.)

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.

Úložná plocha HÚ (Obr. 7) je situována mezi poruchové zóny první a druhé kategorie (dle Anderssona et al., 2000). Západní a východní omezení HÚ je dáno zlomy první kategorie (ID 8 a 2, 12). Zlom ID 2 kříží Mařek a v širším prostoru tohoto křížení je z modelových prací předpokládána drenáž prostoru HÚ (Obr. 9). Jako rizikovou lze pro lokalitu Horka zejména označit existenci propustných poruchových zón propojujících podzemní prostory HÚ s pramenní oblastí Mařku. Do 500 m od okraje HÚ se největší propustnosti zlomových zón mohou vyskytovat na linii zlomu ID 12, kde tento zlom vstupuje do 500 m obálky úložiště. Maximální modelová hodnota propustnosti na linii zlomu je zadána $1,9 \cdot 10^{-8} \text{ m.s}^{-1}$ (Tab. 8, indikátor K5e). Na zlomu ID 2 sledujícím východní okraj HÚ ve vzdálenosti 580 m jsou zadány maximální hodnoty modelové propustnosti horninového masivu obdobné.

5.2.1.6 Indikátor K5f Specifický průtok v prostoru HÚ

Celková bilance množství podzemí vody v lokalitě Horka je odvozována z map specifického odtoku podzemní vody (Krásný et al. 1982). Průměrná modelová hodnota doplňování podzemní vody ze srážkové infiltrace má proto velikost $2,5 \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. V detailním hydrogeologickém modelu je rozložení srážkové infiltrace plošně variabilní. Hodnoty zadané dotace zásob podzemní vody korelují s hodnotami srážkového normálu. Rozložení normálu poskytl ČHMÚ.

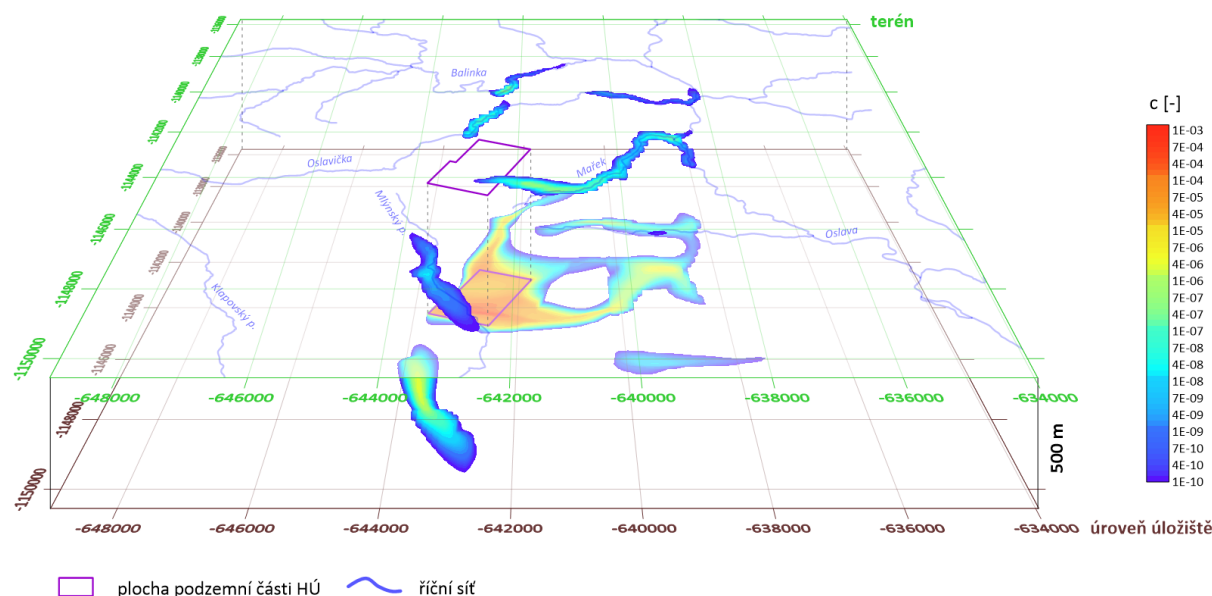
Do podzemní vody (v celé ploše modelu 264 km^2) v detailním hydrogeologickém modelu infiltruje 659 l.s^{-1} . Značná část infiltrované podzemí vody se účastní pouze mělkého oběhu v přípovrchové vrstvě. Pouze 70 l.s^{-1} je modelem stanovený přetok z první (přípovrchové) vrstvy do vrstvy podloží, reprezentující již hydrogeologický masiv. Více do hloubky horninového masivu se velikost proudění dále podstatně zmenšuje.

Specifický průtok podzemní vody prostorem podzemní části HÚ vychází $2,3 \cdot 10^{-2} \text{ l.s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ (indikátor K5f, Tab. 8).

5.2.1.7 Indikátor K5g Poměr ředění

Pro posouzení vhodnosti lokality Horka 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 vyčísleno v procentech z podílu maximální koncentrace v přípovrchové vrstvě a v prostoru podzemní části HÚ. Pro lokalitu Horka byla míra ředění stanovena hodnotou 0,1 % (indikátor K5g, Tab. 8). Rozsahy kontaminačního mraku a vypočtené relativní koncentrace v úrovni úložiště a v přípovrchové zóně jsou vykresleny na Obr. 8.



Obr. 8 Rozložení relativních modelových koncentrací v úrovni HÚ (-34,5 m n. m.) a v přípovrchové vrstvě

5.2.2 Kritérium K6 Umístění a identifikace drenážních bází

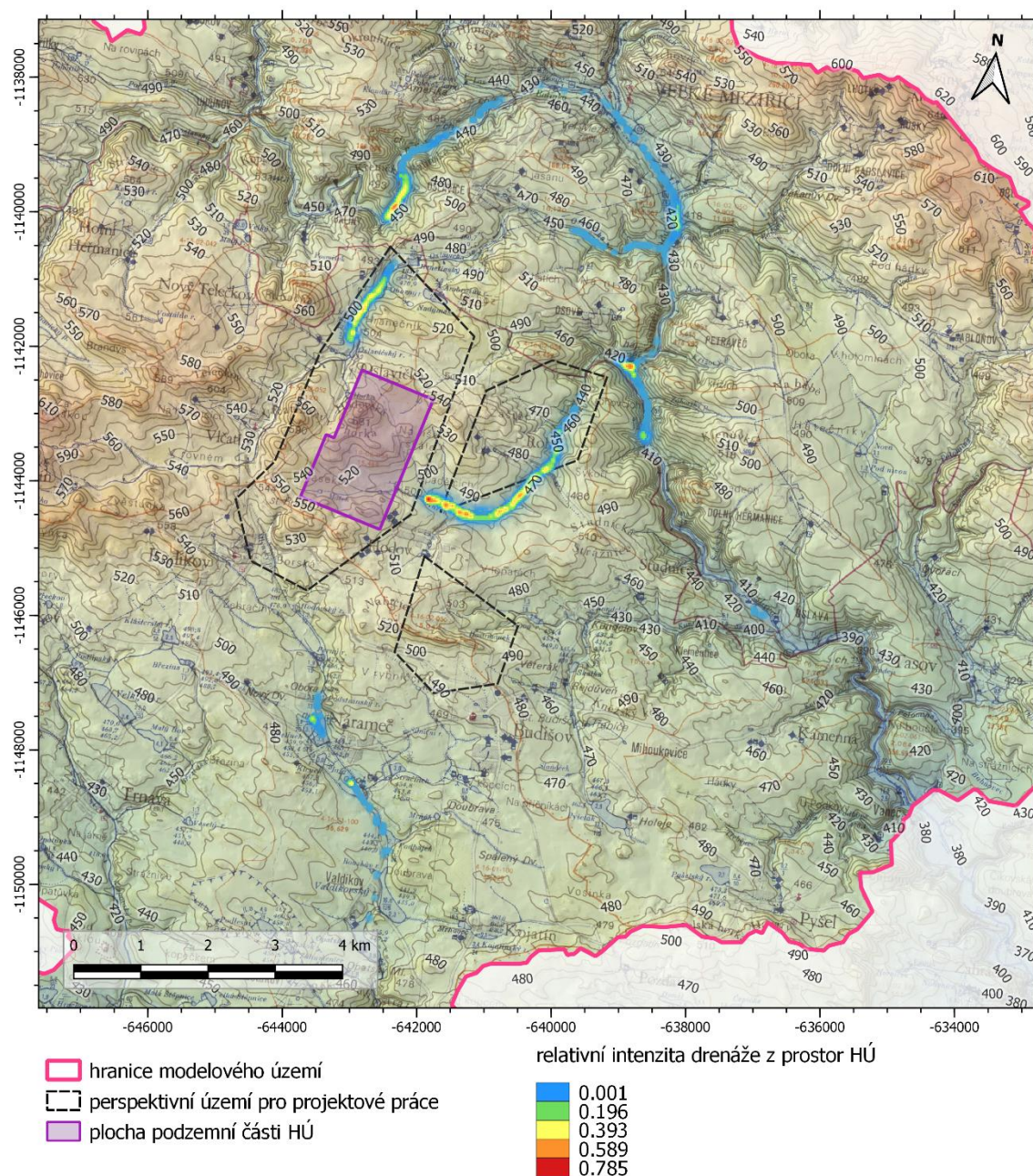
Říční síť v lokalitě Horka náleží do povodí Jihlavy. Prostor potenciálního HÚ odvodňuje Oslava (s přítoky Oslavička, Balinka a Mařek) na západě, severu a východě. Jižní partie HÚ odvodňuje Mlýnský potok. Mlýnský potok i Oslava jsou levostranné přítoky Jihlavy.

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 údolích tektonicky predisponovaných vodních toků, na křížení toků a významných zlomových zón a obecně v zahluubených údolích. Předpokládané drenážní oblasti pro HÚ projektované v úrovni -34,5 m n. m. byly stanoveny modelem proudění s využitím metody particle tracking. Místa a současně intenzita drenáže podzemní vody z prostoru HÚ jsou znázorněny na Obr. 9.

K drenáži podzemní vody protékající prostorem projektového HÚ dochází do 5 toků – (**indikátor K6a Počet drenážních toků**, Tab. 8).

Z hlediska zastoupení drenáže z prostor HÚ v jediném toku dominuje Mařek. Do něj je podle realizovaných výpočtů odvodněno 81 % podzemní části HÚ (**indikátor K6b Zastoupení drenáže z plochy HÚ v jediném toku**, Tab. 8). Zbýlá část plochy HÚ připadá na povodí Balinky (9 %), Oslavičky (5 %), Oslavy (4 %) a Mlýnského p. (1 %).

Celkem je v povodí Oslavy drénováno 99 % plochy podzemní části HÚ (**indikátor K6c Zastoupení drenáže z plochy HÚ v jediném povodí** (Tab. 8). Zbýlá část plochy HÚ je odvodněna do Mlýnského potoka.



Obr. 9 Vypočtená místa drenáže podzemní vody z projektovaného HÚ na lokalitě Horka

Drenáž z prostoru HÚ je vlivem hydrogeologických poměrů i vlivem geometrie úložiště značně rozptýlená. Největší intenzita drenáže z prostor HÚ je modelem predikována pro počáteční úsek Mařky (Obr. 9).

Nejblíže k okraji HÚ se drenáž z prostor HÚ vyskytuje v povodí Oslavičky ve vzdálenosti 480 m (indikátor K6d Horizontální vzdálenost HÚ od drenáže, Tab. 8). Drenáž z HÚ v povodí Mařky nastává ve vzdálenosti jen o 10 m větší.

5.3 Expertní zhodnocení lokality

5.3.1 Nejistoty spojené s hodnocením hydrogeologických kritérií

Veškerá vstupní hydrogeologická data lokality pocházejí z povrchu, nebo přípovrchové zóny. V prostoru durbachitového masivu žádný z dosavadních hydrogeologických průzkumů či výzkumů nedosáhl hloubek plánovaného HÚ, kde lze očekávat rozdílné hydraulické vlastnosti oproti přípovrchové zóně.

Pro komplexní hydrogeologické zhodnocení chybí data o hlubokých hydrogeologických strukturách, zejména o výskytu, orientaci a hydraulických vlastnostech zlomů a poruchových zón v hloubkách HÚ. Aktuální hodnocení hydrogeologických poměrů v hloubce úložiště může proto vycházet pouze z interpretace povrchových dat, analogie nebo odborného odhadu. Možnost porovnat hydrogeologické poměry kandidátních lokalit HÚ pomocí zpracovaných hydrogeologických modelů zajistilo metodicky shodné vypořádání všech nejistých dat.

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. 7 Vyhodnocení vylučujících kritérií pro oblast Hydrogeologické charakteristiky pro lokalitu Horka. 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 posouzení vhodnosti situovat hlubinné úložiště do lokality Horka byl v softwaru MODFLOW-USG vytvořen aktualizovaný 3D detailní hydrogeologický a schematizovaný transportní model lokality. Oba modely jsou základním nástrojem pro interpretaci hydrogeologických poměrů lokality ve vazbě na dlouhodobou bezpečnost projektovaného hlubinného úložiště. Modelové výpočty popisují geosféru (vzdálené pole interakcí) a nezahrnují vliv inženýrských bariér.

Známky indikátorů (Tab. 8) reprezentují vzájemné porovnání hodnot indikátorů devíti posuzovaných lokalit. **Výběr jednotlivých indikátorů a metodiky jejich vyhodnocení (sloupec známka) je uveden ve zprávě Vondrovic et al. (2019).**

Tab. 8 Vybrané indikátory kritérií Hydrogeologické charakteristiky pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ a jejich hodnocení pro lokalitu Horka

ID	Název kritéria / Indikátoru	Hodnoty	Známka
	Střední úroveň HÚ (m n.m.)	-34,5	
	Plocha ukládacích prostor HÚ (km²)	2,497	
K5	Kritérium: Charakteristika proudění vody v okolí HÚ a transportní charakteristiky		
K5a	Doba dotoku z HÚ do oblasti drenáže (roky)	2 889	4,8
K5b	Rychlost proudění v úrovni úložiště (m.rok ⁻¹)	0,46	1,6
K5c	Propustnost v prostoru HÚ (m.s ⁻¹)	3,5.10 ⁻⁹	3,7
K5d	Sestupná vertikální složka proudění (% plochy HÚ)	81	2,0
K5e	Maximální propustnost poruchových zón do 500 m od hranice HÚ (m.s ⁻¹)	1,9.10 ⁻⁸	2,5
K5f	Specifický průtok v prostoru HÚ (l.s ⁻¹ .km ⁻²)	2,3.10 ⁻²	2,9
K5g	Poměr ředění (%)	0,1	1,0
K6	Kritérium: Identifikace a umístění drenážních bází		
K6a	Počet drenážních toků	5	2,3
K6b	Zastoupení drenáže z plochy HÚ v jediném toku (% plochy HÚ)	81	3,8
K6c	Zastoupení drenáže z plochy HÚ v jediném povodí (% plochy HÚ)	99	4,9
K6d	Horizontální vzdálenost HÚ od drenáže (m)	480	2,7

Rozdíly hodnot indikátorů mezi lokalitami jsou ovlivněny celou řadou faktorů. Primárně rozložením propustnosti horninového masivu, hydraulickými gradienty a v neposlední řadě i polohou hlubinného úložiště. Propustnost horninového masivu v modelech klesá s hloubkou a je zadána s ohledem na průběh zlomů, litotypy hornin a úroveň terénu (Uhlík et al., 2018). Hydraulický gradient je určován rozdíly v úrovni infiltračních oblastí v okolí úložiště a oblastí drenáže. Komplexně se tak při proudění podzemní vody uplatňuje morfologie terénu utvářená erozními procesy. Poloha podzemní části hlubinných úložišť je vymezena v perspektivním území pro projektové práce s ohledem na průběh ověřených a předpokládaných zlomů.

Zejména u hodnot indikátoru v blízkosti mediánu platí interpretace, že kombinace výše uvedených faktorů ovlivňujících proudění a transport způsobuje obdobné poměry jako u dalších lokalit. Zhodnocení indikátorů je v následujících odstavcích zaměřeno především na interpretaci hodnot a odpovídajících známek v krajních oblastech škály („silné“ a „slabé“ vlastnosti lokality).

V porovnání s dalšími lokalitami jsou v rámci kritéria K5 poměry na lokalitě Horka výrazně lépe hodnoceny v rámci tří indikátorů K5b, K5d a K5g (Tab. 8). K vhodnému poměru nařazení kontaminace z prostoru úložiště přispívá to, že nedochází k soustředěné drenáži do krátkého úseku toku (K5g). Propustnost prostoru hlubinného úložiště vychází z jediného litotypu a toky s regionálním drenážním účinkem nejsou v těsné blízkosti úložiště, proto vypočtené rychlosti proudění v úrovni a prostoru HÚ nevykazují anomálie a jejich maximum (indikátor K5b) náleží do skupiny lokalit s příznivou známkou. Sestupná složka proudění (indikátor K5d) je přítomna ve značné části plochy podzemní části úložiště, protože podzemní část hlubinného úložiště je situována v rozsáhlejší elevaci terénu bez výskytu drenážních úseků říční sítě regionálního významu. To má příznivý vliv i na rychlostní pole proudění podzemní vody v prostoru HÚ (indikátor K5b).

Z hlediska posuzování propustnosti zlomových zón (K5e) a průtoku úložištěm (K5f) je lokalita hodnocena průměrně. Hodnoty indikátorů i kombinace faktorů, která je ovlivňuje, jsou obdobné jako na dalších lokalitách.

Jako zhoršené vychází hydrogeologické poměry lokality Horka v rámci indikátorů K5c a K5a. Propustnost horninového masivu v úrovni úložiště (K5c), stanovená expertním odhadem, je pro durbachit ve srovnání s lokalitami s granitovým masivem vyšší. Vypočtená doba dotoku z úložiště do oblasti drenáže (indikátor K5a) patří k nejmenším, ale výrazněji oproti většině lokalit nevybočuje. Nepříznivá známka (4,8) je způsobena „anomálně“ příznivou hodnotou vypočtené doby dotoku na lokalitě Janoch (ETE-jih), kde doba dotoku vychází řádově větší.

V rámci kritéria K6 je lokalita Horka hodnocena převážně jako podprůměrná (Tab. 8). Téměř celý prostor úložiště je odvodněn v jediném povodí Oslavy (indikátor K6c) a nedochází tak k výhodnějšímu rozdělení drenáže do více povodí. Poměry lokality jsou zhoršené i vzhledem k většímu zastoupení drenáže z prostoru úložiště v jediném toku (indikátor K6b), do Mařku je odvodněno 81% plochy úložiště. Pět drenážních toků (indikátor K6a) a horizontální vzdálenost okraje úložiště od nejbližšího místa drenáže 480 m (indikátor K6d) řadí lokalitu mezi průměrné.

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 poškození budoucími geodynamickými procesy a následnými jevy a jinými faktory (např. změnou klimatu, neotektonickými pohyby, vysokou seizmicitou) do té míry, že by tyto vlivy mohly nepříjemně 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 k dispozici. Archivní údaje o rychlosti zahlubování drenážního systému jsou dostupné pouze v regionálním měřítku.

O nízkých rychlostech zahloubení drenážního systému vypovídá také pozice zachovaných spodnopleistocenních teras v soutokové oblasti řek Oslavy a Jihlavy, jejichž báze leží přibližně 60 až 70 m nad současným povrchem nivy (Matějovská a Minaříková 1991; Pálenský et al. 1994). Tento výškový rozdíl odpovídá rychlostem zahloubení říčního systému v řádech setin až prvních desetin milimetrů za rok. Podobným rychlostem zahloubení odpovídá pozice říčních teras v Dyjsko-svrateckém úvalu, kde se báze spodnopleistocenních teras pohybuje ve výškách 30 až 70 m nad současnou nivou a terasy středního pleistocenu jsou umístěny v relativní výšce cca 15 až 25 m vůči současné nivě (Zeman 1973). Podobnou intenzitu zahlubování říčního systému uvádějí Balatka a Kalvoda (2008), kde na základě studia výškového rozdílu peneplenizovaných povrchů a zachovalých fluviálních sedimentů stanovili rychlosti zahlubování v průběhu pleistocénu $0,02\text{--}0,86\text{ mm.rok}^{-1}$. Tyráček et al. (2004) korelací labských a vltavských teras odhadují průměrnou rychlost výzdvihu centrální části Českého masivu ve spodním pleistocénu na $0,04\text{ mm.rok}^{-1}$ a během středního a svrchního pleistocénu až $0,15\text{ mm.rok}^{-1}$.

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 $0,023\text{--}0,027\text{ mm.rok}^{-1}$ (Schaller et al. 2001), z oblasti Šluknovského výběžku jsou v průběhu středního a svrchního pleistocénu odhady eroze stanoveny na $0,025\text{--}0,027\text{ mm.rok}^{-1}$ (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 za 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. Weis a Rejl 1972, Misař 1983). Z hlediska post-vulkanických jevů nejsou na lokalitě 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 zkompileován katalog historických zemětřesení pro region do vzdálenosti 300 km od lokalit 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 **1,26 m.s⁻²**.

6.2.2 Indikátor K7b Výškový gradient

Území Horka leží při rozvodí Oslavy a Mlýnského potoka (přítok Jihlavy). Povrch tvoří zbytky zarovnaných povrchů v úrovni okolo 600 m n. m. (severní část území) a v úrovni 450 až 500 m n. m. (jižní část území). Obě dvě úrovně paleoreliéfu jsou od sebe odděleny ústupovými a erozními svahy. Erozní báze pro území je odvodňováno do řeky Oslavy v nadmořské výšce 390 m n. m. a odpovídá povrchu nivy Oslavy jižně od Tasova, kde dochází k rozšíření říčního údolí. Pro oblast odvodňovanou Mlýnským potokem je erozní báze umístěna v totožné nadmořské výšce (cca 390 m n. m.) a koresponduje s povrchem nivy řeky Jihlavy u obce Vladislav (Hroch a Pačes 2015). **Maximální výškový rozdíl mezi úrovní zarovnaného povrchu a příslušnou erozní bází činí 210 m.**

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

V širším území se podél toků Mlýnského potoka, Oslavy a její přítoků v důsledku zpětné hloubkové eroze vytvořil výrazný erozní reliéf. Projevy zpětné eroze jsou výraznější v povodí Oslavy, kde jsou vytvořena úzká erozní údolí hluboká až 100 m. Podél menších toků jsou v erozních svazích četné erozní strže a rýhy. V horních uzávěrech erozních údolí jsou vytvořena nápadná čela zpětné eroze (Hroch a Pačes 2015, Kopačková et al. 2017). Reliéf přetvářený zpětnou erozí zaujímá cca **20 %** celkové plochy.

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

Na základě dostupných dat (Mísař 1983, Franěk et al. 2018, Mixa et al. 2019) nejsou v okruhu 5 km od PÚPP známy projevy vulkanické ani post-vulkanické aktivity paleogenního až holocenního stáří (např. Cháb et al. 2007). V okruhu 25 km od PÚPP nebyly zjištěny žádné výskyty kyselek (Květ a Kačura 1976).

6.3 Expertní zhodnocení

Pokud vyhodnotíme všechny výše uvedené podklady, lze konstatovat, že na základě všech 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. Vyplývají 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 Seismická a geodynamická stabilita lokality Horka ve vztahu k legislativním požadavkům je uvedeno v Tab. 9.

Tab. 9 Vyhodnocení vylučujících kritérií pro oblast Seismická a geodynamická stabilita pro lokalitu horka. 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

ID	Kritérium	Hodnocení
		(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 (sloupec známka) je uveden ve zprávě Vondrovic et.al. (2019). Vyhodnocení vybraných parametrů indikátorů pro oblast Seismická a geodynamická stabilita lokality Horka je uvedeno v Tab. 10.

Tab. 10 Vybrané indikátory kritérií Seismická a geodynamická stabilita pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ a jejich hodnocení pro lokalitu Horka.

ID	Indikátor kritéria	Hodnota indikátoru	Známka
K7a	Hodnota maximálního horizontálního zrychlení získaná z pravděpodobnostní metody pro 50 % pravděpodobnost a dobou opakování 10^5 let	1,26 m.s ⁻²	2,1
K7b	Výškový rozdíl mezi úrovní jednotlivých zarovnaných povrchů a úrovní lokální erozní báze (čím menší výškový rozdíl, tím příznivější hodnota tohoto porovnávacího kritéria)	210 m	2,9
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 porovnávacího kritéria)	20 %	1,8
K7d	Výskyt vulkanických hornin paleogenního až holocenního stáří a kyselek	jev se nevyskytuje	1

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

Kapitola hodnotí **perspektivní území pro geologické charakterizační práce** (PÚGChP) pro lokalitu Čihadlo podle metodického pokynu 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 Horka 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 budoucího narušení hlubinného úložiště člověkem.

Kapitola je postavena na rešerši dat a 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

Na PÚGChP Horka nejsou registrována žádná stará (SDD) ani opuštěná (ODD) důlní díla a nehrozí tedy střet s vylučujícími podmínkami vyhlášky č. 378/2016 Sb.

Z přehledu provedených průzkumných a mapovacích prací souhrnně zpracovaných v technické rešeršní zprávě (Švagera et al. 2015) vyplývá absence ložiskových průzkumných prací a minimální objem mapovacích a geofyzikálních prací.

7.1.2 Přítomnost zásob nerostných surovin

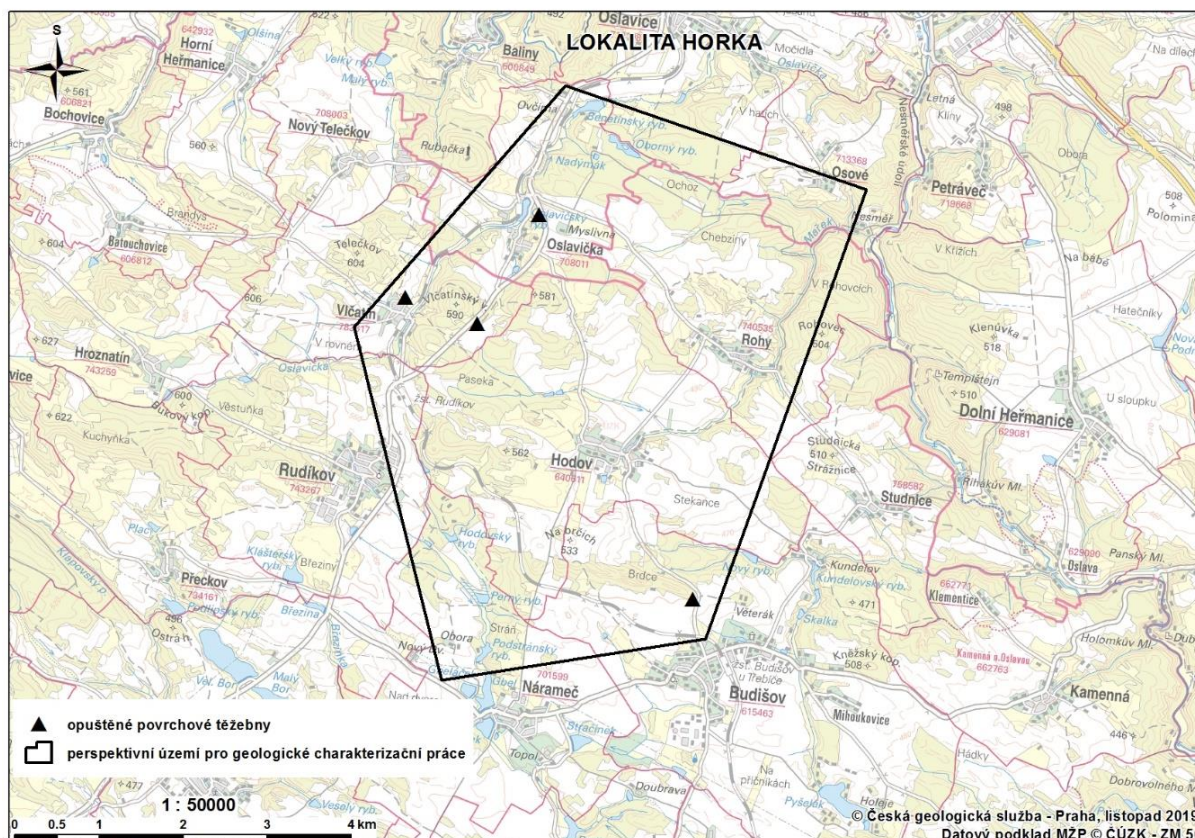
7.1.2.1 Ložisková území

Podle údajů SurlS není na území PÚGChP Horka evidováno žádné ložisko nerostných surovin ani ložisko prognózní. Nacházejí se tu vzácně nevýznamné indicie v místech příležitostné lokální povrchové těžby stavebních surovin (hlíny, písek).

7.1.2.2 Povrchové těžebny

V souvislosti s ustanovením § 18 odst. 2 písm. o) vyhlášky č. 378/2016 Sb. byla zjišťována i další místa zdrojů nebo dřívější těžby nerostných surovin. V ploše perspektivního území pro geologické charakterizační práce se nalézají čtyři místa, kde docházelo k místní těžbě (Obr. 10; Růžicková 1970). Stěnové hliniště pro místní těžbu svahových hlín o rozměrech 50×20×5 m je s. u obce Vlčatín, při z. okraji území. Severně u obce Oslavička leží stěnová pískovna velká asi 100×7×2,5 m, v níž se těžilo písčité eluvium magmatických hornin. Podobná pískovna se nachází u silnice asi 0,8 km v. od Vlčatína. Vocilka (1972) popsal menší eluviální pískovnu, velkou 30×25×1 m, situovanou asi 700 m s. od Budišova. Písčité eluvia magmatitů poskytovala surovinu horší kvality vhodnou jen pro nenáročné využití.

Vyjádření k území z hlediska požadavku § 18 odst. 2 písm. o) a odst. 3 vyhlášky č. 378/2016 Sb.: Posouzením současných údajů ložiskové prozkoumanosti lze konstatovat, že při současné absenci ložisek a prognózních zdrojů nerostných surovin v PÚGChP Horka nedojde budoucí těžbou nerostných surovin k ovlivnění horninového prostředí do hloubky pod zemským povrchem, v níž se předpokládá umístění hlubinného úložiště.



Obr. 10 Ložisková situace s vyznačením povrchových těžeben na lokalitě Horka

7.1.3 Přítomnost zdrojů podzemní vody či geotermální energie

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

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

Pro lokalitu Horka je možné za základní teplotní pozadí považovat teploty horninového prostředí v hloubce 500 m pod povrchem v rozmezí 18 až 24 °C (Dědeček et al. 2020).

Podle Čermáka (1979) je hodnota průměrného tepelného toku v Českém masivu $68 \pm 24 \text{ mW.m}^{-2}$. Nejvyšší hodnoty tepelného toku v severní části Českého masivu $80\text{--}100 \text{ mW.m}^{-2}$ jsou vázané na vyšší radioaktivitu variských granitů smrčinsko-krušnohorského batolitu a krkonošsko-jizerského kompozitního masivu.

Lokalita Horka leží v území s podprůměrným tepelným tokem okolo 60 mW.m^{-2} . Uvážíme-li tepelnou produkci syenitických hornin na lokalitě, byl by tepelný tok v hloubce 500 m po odečtení vlivu horninového masivu v nadloží nižší o dalších $4\text{--}5 \text{ mW.m}^{-2}$.

Faktorem ovlivňujícím hodnoty geotermální energie je přirozená radioaktivita hornin. Petrofyzikální vlastnosti hornin na lokalitě Horka byly zpracovány kolektivem Hanáka et al. (2017). Syenity jsou obecně považovány za horniny s vysokou koncentrací radioaktivních

izotopů. Průměrné hodnoty koncentrací přirozených radioizotopů naměřené na vzorcích ze zájmové lokality jsou následující: eU(Ra) 19 ppm, eTh 41,7 ppm a K 5,62 %.

Vysoké obsahy přirozených radioizotopů jsou příčinou velmi vysoké tepelné produkce, jejíž průměrná hodnota na této lokalitě dosáhla $8,7 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-3}$. Rybach a Čermák (1982) uvádějí průměrnou hodnotu tepelné produkce syenitů Českého masivu $5,3 \mu\text{W}\cdot\text{m}^{-3}$. Z tohoto pohledu se jeví tepelná produkce hornin syenitů na lokalitě Horka jako abnormálně vysoká ve srovnání s ostatními horninami Českého masivu.

Lokalita Horka se nachází v místě s podprůměrnou hustotou tepelného toku a vzorky syenitu vykazují anomální hodnoty tepelné produkce. Naměřené hodnoty tepelné vodivosti jsou výrazně nižší než preferovaná hodnota pro horninové prostředí HÚ. Zde ale třeba počítat s velkou variabilitou tepelných vlastností intruzivních hornin třebíčského masivu.

Riziko konfliktu s využíváním geotermální energie pro průmyslové využití je 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 Horka je nutno 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 Horka prokázána. Nebezpečí narušení úložiště člověkem 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 posuzováno jako součást vyhodnocení vylučujících kritérií v kapitole 7.1.1 a 7.1.2.

7.3 Expertní zhodnocení lokality Horka

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

V lokalitě nejsou indikována důlní díla ani chráněná ložisková území. Celkově lze shrnout, že tato kritéria vhodnosti lokality v kontextu nebezpečí narušení hlubinného úložiště člověkem jsou bez konfliktů s podmínkami pro umístění HÚ, stejně jako potenciální využití geotermální energie.

Shrnutí výsledků hodnocení kategorie „Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka“ je uvedeno v Tab. 11, se zavedením vyhodnocení dle bodové škály (1–5) pro vybrané indikátory kritérií v Tab. 12.

Hodnocení ukazuje, že ve všech položkách bude kritérium vhodnosti pro lokalitu Horka jednoznačně splněno.

7.3.1 Nejistoty spojené s hodnocenou oblastí

Z povahy definice termínu „ložisko nerostných surovin“ nelze vyloučit změny ve využívání známých míst s bývalou těžbou kamene či vymezení nových vhodných lokalit, což může představovat určitou nejistotu při posuzování role ložisek nerostných surovin při zvažování budoucího ložiskového využití potenciálního území na lokalitě Horka. V rámci nejistot by bylo vhodné vzít v úvahu jako vedlejší geofaktor vysokou hodnotu přirozené tepelné produkce zde přítomných syenitových hornin třebíčského masivu.

7.3.2 Vyhodnocení kritérií ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ

Vyhodnocení kritérií K8 „Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka“ ve vztahu k legislativním požadavkům na prokázání vhodnosti lokality pro umístění HÚ je uvedeno v Tab. 11. Přítomnost zdrojů podzemní vody je hodnocena v práci Krajíčka et al. (2020).

Tab. 11 Vyhodnocení vylučujících kritérií pro oblast Charakteristiky, které by mohly vést k narušení budoucími aktivitami člověka pro lokalitu Horka. 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 Vondrovic et al. (2019). Vyhodnocení parametrů vybraných porovnávacích indikátorů pro lokalitu Horka je uvedeno v Tab. 12. Z přehledu vyplývá negativní vyhodnocení obou dvou indikátorů kritéria K8a pro vhodnost lokality Horka pro umístění HÚ.

Tab. 12 Vybrané indikátory kritéria Charakteristiky, které by mohly vést k narušení budoucími aktivitami člověka pro posouzení vhodnosti lokalit pro umístění HÚ a jejich hodnocení pro lokalitu. Horka

ID	Indikátor kritéria	Hodnocení	Známka
K8a	Ložiskové poměry na lokalitě	ne	1

8 Celkové zhodnocení lokality Horka ve vztahu k vylučujícím kritériím a kritériím porovnávacím

Charakterizace a vyhodnocení lokality Horka ve vztahu k hodnoceným kritériím, významným z hlediska dlouhodobé bezpečnosti HÚ, vychází z metodiky hodnocení lokalit (Vondrovic et al. (2019).

V tabulce Tab. 13 je shrnuto vyhodnocení vylučujících kritérií, významných pro dlouhodobou bezpečnost, pro tuto lokalitu. Vyhodnocení vylučujících kritérií je prvním krokem pro další hodnocení a porovnání lokalit na základě definovaných kritérií a jejich indikátorů.

Hodnocení jednotlivých indikátorů kritérií pro vzájemné porovnání lokalit je shrnuto v každé relevantní kapitole této zprávy.

Tab. 13 Výsledné vyhodnocení vylučujících kritérií z hlediska dlouhodobé bezpečnosti pro lokalitu Horka

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.

Kategorie kritérií	Kritérium	Charakter požadavku	Kvantifikace / trend kritéria
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.
	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 Horka 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. A KALVODA J. (2008): Evolution of Quaternary river terraces related to the uplift of the central part of the Bohemian Massif. – Geografie – Sbor. Čes. geogr. spol., 113, 3, Praha, 205–222.
- BUBENÍČEK J. (1968): Geologický a petrografický vývoj třebíčského masívu. – Sbor. geol. věd, Geol., 13, 133–164.
- 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.
- DUDA J., GRYM V., NĚMEC D., RŮŽIČKOVÁ B., STAŇKOVÁ J., ŠTEFL V. (1975): Lavičky, surovina: živec. – Geoindustria, Praha.
- DURAS R., BLÁHA P. (2019): Ověření geologických struktur lokality Horka geofyzikálními metodami. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ 434/2019, 76 s.
- 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.
- HANÁK J., CHLUPÁČOVÁ M., ONDRA P., HROUDA F., SOSNA K., ŽIŽKA J., KAŠPAREC I., DĚDEČEK P. (2017): Stanovení petrofyzikálních charakteristik horninového prostředí pro území potenciálních lokalit HÚ. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, ZZ 103/2017, Praha, 170 s.
- 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 umístění 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., NÝVL 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., JELÍNEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KALÁB Z., KLAJMON M., KOLOMÁ K., KOUŘIL M., KRÁLOVCOVÁ J., KUNCEOVÁ E., KŮRKOVÁ I., MARYŠKA J., MILICKÝ M., NÝVL 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., JELÍNEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KALÁB Z., KLAJMON M., KOLOMÁ K., KOUŘIL M., KRÁLOVCOVÁ J., KUNCEOVÁ E., MARYŠKA J., MILICKÝ M., NÝVL 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., JELÍNEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KALÁB Z., KOUŘIL M., KRÁLOVCOVÁ J., KLAJMON M., KOLOMÁ K., KUNCEOVÁ E., MARYŠKA J., MILICKÝ M., NÝVL 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., HRDLÍČKOVÁ K., JELÍNEK 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 279/2018, 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.
- HLISNIKOVSÝ K. (1993): Závěrečná zpráva o výsledcích vyhledávacího průzkumu na U rudy na úseku Tasov. – MS DIAMO, GEAM Dolní Rožínka.
- HLISNIKOVSÝ K. (1996): Závěrečná zpráva o výsledcích studie při geologickém průzkumu pro U nebo v regionu Budišově. – MS DIAMO, GEAM Dolní Rožínka.
- HOLUB F. V. (1997): Ultrapotassic plutonic rocks of the durbachite series in the Bohemian Massif: Petrology, geochemistry and petrogenetic interpretation. – Sbor. geol. věd, ser. Ložisková geologie, mineralogie, 31, 5–25.
- HROCH T., PAČES T. (2015): Erozní stabilita lokalit. – MS SÚRAO, TZ 25/2015, Praha.
- HRUŠKOVÁ Z., STEHNOVÁ I., ŠURÁŇ J., ZRŮSTEK V. (1962): Zpráva o geologickém mapování krystalinika v území mezi Strážkem, Lubným a Ořechovem. – Zpr. Geol. Výzk. 1961, 41–42.
- CHÁB J., STRÁNÍK Z., ELIÁŠ M. (2007): Geologická mapa České republiky 1 : 500 000. – Čes. geol. služba. 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.
- KOPAČKOVÁ V., JELÍNEK J., ŠVAGERA O., HROCH T., KOUČKÁ L., JELÍNEK J., SKÁCELOVÁ Z., FÁROVÁ K. (2017): Morfostrukturní analýza širšího okolí průzkumných území HÚ pomocí DPZ. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ 115/2017, Praha.
- 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., KNĚŽEK M., ŠUBOVÁ A., DAŇKOVÁ H., MATUŠKA M., HANZEL V. (1982): Odtok podzemní vody na území Československa. Český hydrometeorologický ústav. Praha.
- KVĚT R., KAČURA G. (1976): Minerální vody Jihomoravského kraje. – MS Čes. geol. služ. Praha.
- LEICHMANN J., GNOJEK I., NOVÁK M., SEDLÁK J., HOUZAR S. (2016): Durbachites from the Eastern Moldanubicum (Bohemian Massif): erosional relics of large, flat tabular intrusions of ultrapotassic melts – geophysical and petrological record. – Int. J. Earth Sci., 106, Volume 1, 1–19.
- LEVÝ O., FILIPSKÝ D., GRINČ M. (2019): Geofyzikální výzkum hlubokých struktur a geometrie horninového masivu. Závěrečná zpráva. – MS SÚRAO, TZ 440/2019, 85 s.
- 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.
- MATĚJOVSKÁ O., MINAŘIKOVÁ D. (1991): Geologická mapa ČR 1:50 000, list 24–33 Moravský Krumlov. – ČGÚ, Praha.
- MÍSAŘ Z. (1983): Geologická mapa 1:25 000 24–311 Velké Meziříčí. – Přírodovědecká fakulta Karlovy Univerzity, Praha.
- MÍSAŘ Z. ED. (1993a): Soubor geologických a účelových map. Geologická mapa 1:50 000 list 24–31 Velké Meziříčí. – ČGÚ Praha
- MÍSAŘ Z. ED. (1993b): Vysvětlivky k souboru geologických a ekologických účelových map přírodních zdrojů – List 24–31 Velké Meziříčí. – Český geol. Úst., Praha.
- MIXA P., HOLEČEK J., BURDA J., BÍLÝ P., NOVÁK P., SEMÍKOVÁ H. (2015): Metodika stanovení podmínek ochrany při využívání tepelné energie zemské kůry (GEOTERMAL).
- MUFFELS C., WANG X., TONKIN M., NEVILLE C. (2014): User's Guide for mod-PATH3DU. S.S. Papadopoulos & Associates Inc., Bethesda, Ontario, USA.
- 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.
- PÁLENSKÝ P., NEKOVAŘÍK Č., RŮŽIČKA M. (1994): Geologická mapa ČR 1:50 000 list 24–34 Ivančice. – ČGÚ, Praha
- PERTOLDOVÁ J., MIXA P., BUKOVSKÁ Z., BURIÁNEK D., DUDÍKOVÁ B., FRANĚK J., HRDLÍČKOVÁ K., NAHODILOVÁ R., SOEJONO I., VERNER K., ŽÁČEK V., PETYNIÁK 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.
- RŮŽIČKOVÁ B. (1970): Inventarisace ložisek stavebních nerostných surovin. ČSSR list M-33-104-B (Třebíč). Geoindustria. Praha. – MS Čes. geol. služ. – Geofond, Praha.
- RYBACH L., ČERMÁK V. (1982): Radioactive heat generation in rocks. V: Čermák V. et al. (eds): Physical properties of rocks. Vol. 1, Subvol. A. – Springer Verlag, Berlin, 373 str.
- 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, s. 441–458.
- SCHULMANN K., KRÖNER A., HEGNER E., WENDT I., KONOPÁSEK J., LEXA O., ŠTÍPSKÁ P. (2005): Chronological constraints on the pre-orogenic history, burial and exhumation of deep-seated rocks along the eastern margin of the Variscan orogen Bohemian Massif, Czech Republic. – Amer. J. Sci. 305, 407–448.
- SKOŘEPA J., MAREK J., FEDIUK F., BÁRTA J., ŽÁČEK M., JELÍNEK E., NAVRÁTILOVÁ V., PAČL A., MAREK J., STEHLÍK O. (2003): Kritická rešerše archivovaných geologických informací. – Etapová aktualizovaná zpráva – stav k 24. září 2003 – Sdružení Geobariéra, Praha.
- SKOŘEPA J., NAVRÁTILOVÁ V., ČERNÝ J., SLOVÁK J., DUFEK J., MAAROVÁ I., MAREK J., TESAŘ M., BÁRTA J., KRAJÍČEK L., KONOPÁČOVÁ K. (2005): Provedení geologických a dalších prací pro hodnocení a zúžení lokalit pro umístění hlubinného úložiště. – Zpráva o řešení a výsledcích projektu, svazek C – Lokalita č. 8 – Budišov, závěrečná zpráva. – Sdružení Geobariéra, Praha.
- STÁRKOVÁ I., ZRŮSTEK V. (1977): Geologická stavba a perspektivy rozšíření uranu v oblasti č. 25 – třebíčský masiv. – MS, Geofond, Praha.
- ŠVAGERA O., FRANĚK J., BUKOVSKÁ Z., ČEJCHANOVÁ A., MLČOCH B., PERTOLDOVÁ J., SKÁCELOVÁ Z., SOEJONO I., TOMEK F. (2015): Rešerše dostupných archivních dat pro 7 zájmových území SÚRAO relevantních pro 3D strukturně geologické modely. – MS SÚRAO, TZ 12/2015, 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., KRÁLOVCOVÁ J., GRECKÁ M., MILICKÝ M., GVOŽDÍK L., CHUDOBA J., ŘÍHA J., TRPKOŠOVÁ D., RUKAVIČKOVÁ L. (2018): Hydrologické modely horninového prostředí pro hlubinné úložiště, pasport detailního modelu – lokalita Horka. – MS SÚRAO, TZ 337/2018, Praha.
- UHLÍK J., JANKOVEC J., GVOŽDÍK L., MILICKÝ M. (2020): Pasport aktualizovaného detailního hydraulického modelu. Lokalita Horka - MS SURAO, Technická zpráva v přípravě, Praha
- VESELÁ M. et al. (1987): Soubor geologických a účelových map. Geologická mapa 1:50 000, list 23–42 Třebíč. – ČGÚ, Praha.
- VOCILKA M. (1972): Inventarisace ložisek stavebních nerostných surovin. ČSSR list M-33-105-A (Velká Bíteš). Geologický průzkum. Ostrava. – MS Čes. geol. služ. – Geofond. 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.

WEISS J., REJL L. (1972): Vysvětlující text základní geologické mapy 1:50 000 M-33–105A Velká Bíteš. – Přírodovědecká fakulta UJEP, Brno.

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.

ZEMAN A. (1973): Současný stav výzkumu pleistocenních fluvialních sedimentů v Dyjsko-svrateckém úvalu a jejich problematika. – Studia geographica, 36, 41–61.

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.

www stránky:

ISVS – VODA (www.voda.gov.cz, údaje za rok 2018)

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



SÚRAO

SPRÁVA ÚLOŽIŠŤ
RADIOAKTIVNÍCH
ODPADŮ

NAŠE
BEZPEČNÁ
BUDOUCNOST

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