

METODIKA ZÚŽENÍ POČTU LOKALIT PRO HLUBINNÉ ÚLOŽIŠTĚ V ČR V LETECH 2019-2020

Autoři: Lukáš Vondrovic a kolektiv

Praha, 2019

NÁZEV ZPRÁVY: Metodika zúžení počtu lokalit pro hlubinné úložiště v ČR v letech 2019-2020

NÁZEV PROJEKTU: Příprava hlubinného úložiště

Bibliografický zápis:

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 L., MILICKÝ M., MIXA P., PERTOLDOVÁ J., SKOŘEPA Z., ŠTĚDRÁ V., ŠVAGERA J., UHLÍK J., ZAHRADNÍK O., ELIÁŠ M., PROCHÁZKOVÁ P. (2019): Metodika zúžení počtu lokalit pro hlubinné úložiště v ČR v letech 2019-2020. – MS SÚRAO, TZ 423/2019

ŘEŠITELÉ:

Správa úložišť radioaktivních odpadů¹, ÚJV Řež, a.s.², Česká geologická služba³, PROGEO, s.r.o.⁴, ČVUT⁵, Mott MacDonald⁶, SATRA spol. s r.o.⁷, Atelier T-plan, s. r.o.⁸, Valbek CZ⁹

AUTORSKÝ KOLEKTIV: ¹Vondrovic L., ¹Augusta J., ¹Vokál A., ²Havlová V., ¹Konopáčová K., ¹Lahodová Z., ¹Popelová E., ¹Urík J., ³Bukovská Z., ⁷Butovič A., ³Franěk J., ³Hroch T., ³Jelínek J., ⁵Kobylka D., ⁸Krajíček L., ⁴Milický M., ³Mixa P., ³Pertoldová J., ⁹Skořepa Z., ³Štědrá V., ³Švagera J., ⁴Uhlík J., ⁶Zahradník O., ¹Eliáš M., ¹Procházková P.

Obsah

1	Úvod	8
1.1	Výchozí stav	8
1.2	Související dokumenty	9
1.3	Rozsah platnosti.....	9
2	Přístup k výběru lokality	10
3	Použitá data a plošný rozsah popisu lokalit	12
3.1	Použitá data	12
3.2	Plošný rozsah hodnocení	13
4	Hodnocení.....	15
4.1	Postup hodnocení	15
4.2	První krok hodnocení – Vyloučení rizik.....	16
4.3	Druhý krok hodnocení – uplatnění předností	27
4.4	Specifikace klíčových kritérií do úrovně indikátorů.....	35
4.4.1	Kritérium K1: Velikost využitelného horninového masivu	36
4.4.2	Kritérium K2: Dostupnost infrastruktury.....	38
4.4.3	Kritérium K3: Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků	38
4.4.4	Kritérium K4 Variabilita geologických vlastností	41
4.4.5	Kritérium K5 Charakteristika proudění vody v okolí HÚ a transportní charakteristiky (rychlost proudění vody v úložišti a propustnost horninového masivu).....	42
4.4.6	Kritérium K6 Identifikace a umístění drenážních bází	44
4.4.7	Kritérium K7 Seismická a geodynamická stabilita	46
4.4.8	Kritérium K8 Charakteristiky, které by mohly vést k narušení hlubinného úložiště budoucími aktivitami člověka	48
4.4.9	Kritérium K9 Jevy ovlivňující šíření radioaktivní látky	48
4.4.10	Kritérium K10 Vliv na povrchové vody a vodní zdroje.....	50
4.4.11	Kritérium K11 Vlivy na ochranu přírody a krajiny.....	52
4.4.12	Kritérium K12 Vlivy na zemědělský půdní fond a pozemky určené k plnění funkcí lesa	54
4.4.13	Kritérium K13 Vlivy na obyvatelstvo, hmotný majetek a ochranu památek.....	54
4.4.14	Kritéria K11 – K13 – zdůvodnění orientace hodnocení na povrchový areál.....	55
5	Proces hodnocení lokalit.....	57
5.1	Zpracovávaná data	57
5.2	Převod reálných hodnot indikátorů H_i na známkové stupnice X_i	61

5.3	Stanovení vah indikátorů	62
5.4	Stanovení vah kritérií	70
5.5	Celkové matematické vyhodnocení	72
5.6	Nejistoty hodnocení	74
6	Závěr	75

Seznam použitých zkratk:

AHP	analytický hierarchizační proces
BC	biocentrum
BK	biokoridor
ČR	Česká republika
DFN	Discrete Fracture Network
DSS	systémy rozhodovací analýzy (<i>Decision Support System</i>)
EDU	Jaderná elektrárna Dukovany
EdZ	Excavation Disturbed Zone (zóna ovlivnění výrubem)
EDZ	Excavation Damaged Zone (zóna poškození výrubem)
EIA	Environmental Impact Assessment (posouzení vlivu na životní prostředí)
ETE	Jaderná elektrárna Temelín
EU	Evropská unie
EURATOM	Evropské společenství pro atomovou energii
EVL	evropsky významná lokalita
GAP	revize stavu („mezer“) dat a jejich potřeby
GIS	geografický informační systém
HÚ	hlubinné úložiště
CHKO	chráněná krajinná oblast
CHLÚ	chráněné ložiskové území
IAEA	Mezinárodní agentura pro atomovou energii (MAAE)
ICRP	Mezinárodní komise pro radiační ochranu
IG	inženýrská geologie
JE	jaderná elektrárna
LANDEP	metodika krajinářsko-ekologického plánování (<i>LANDscape Ecological Planning</i>)
LO	lesy zvláštního určení (§ 7 zák. č. 289/1995 Sb., Zákon o lesích)

LZU	lesy zvláštního určení (§ 8 zák. č. 289/1995 Sb., Zákon o lesích)
MDE	hodnocení více lokalit (<i>Multi-Destination Evaluation</i>)
MK	migrační koridor
MP	metodický pokyn (SÚRAO)
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MVÚ	migračně významné území
MZCHÚ	maloplošné zvláště chráněné území
MZV	Ministerstvo zahraničních věcí
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NJZ	nové jaderné zdroje
NP	národní park
NPP	národní přírodní památka
NPR	národní přírodní rezervace
OP	ochranné pásmo
OS	obalový soubor
PA	povrchový areál
PO	ptačí oblast
PP	přírodní památka
PR	přírodní rezervace
PUPFL	pozemky určené k plnění funkcí lesa
RAO	radioaktivní odpad(y)
SAO	Středněaktivní odpad
Sb.	sbírka
SSG	doporučení specifické bezpečnosti MAAE
SSR	specifické bezpečnostní požadavky MAAE
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRAO	Správa úložišť radioaktivních odpadů
UNESCO	Organizace OSN pro výchovu, vědu a kulturu (<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>),
UOS	ukládací obalový soubor
ÚSES	územní systém ekologické stability
VAO	vysokoaktivní odpad
VJP	vyhořelé jaderné palivo
VKP	významný krajinný prvek

Vyhl.	vyhláška
ZBZ	zadávací bezpečnostní zpráva
ZCHÚ	zvláště chráněná území
ZPF	zemědělský půdní fond
ZUPA	zájmové území povrchového areálu hlubinného úložiště
ŽP	životní prostředí

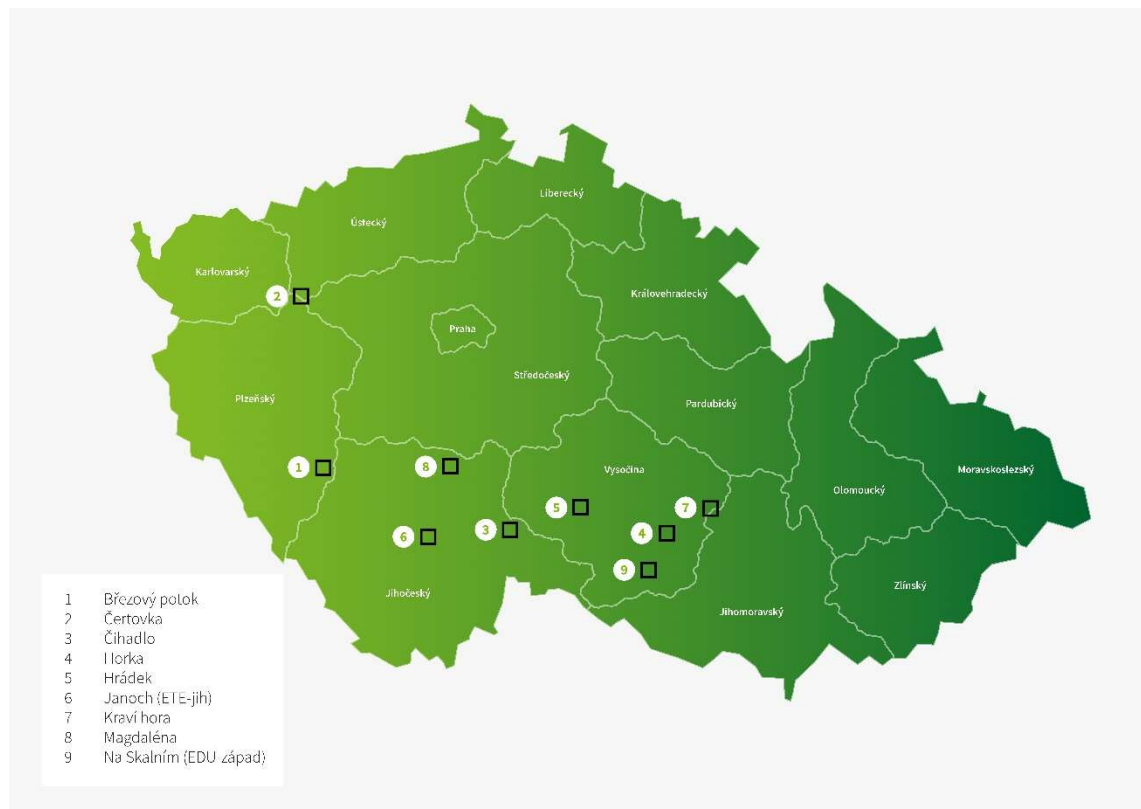
1 Úvod

1.1 Výchozí stav

Radioaktivní odpady vznikají v České republice při mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření, v průmyslové výrobě, zdravotnictví a výzkumu. Vyhořelé jaderné palivo (dále jen VJP) a vysokoaktivní odpady z jeho případného přepracování, odpady z provozu a vyřazování jaderných zařízení (dále jen RAO) jsou rizikovou kategorií radioaktivních odpadů. Jejich zdrojem je především provoz jaderných reaktorů. Dle směrnice EU2011/70/EURATOM v článku 23 je na technické úrovni v současnosti obecně uznávaným závěrem, že nejbezpečnější a nejudržitelnější alternativou v konečné fázi nakládání s vysokoaktivním odpadem a vyhořelým palivem je hlubinné geologické ukládání. Tento princip je dále rozveden ve strategickém státním dokumentu ČR „Koncepte nakládání s RAO a VJP v ČR“ z roku 2002, resp. její aktualizaci z roku 2019 (dále jen Koncepte), který označuje jako konečnou formu likvidace těchto odpadů jejich uložení v hlubinných geologických formacích.

Zmiňovaná „Koncepte“ ukládá státu povinnost připravovat hlubinné úložiště, přičemž jeho zprovoznění je plánováno na rok 2065. Správa úložišť radioaktivních odpadů (dále SÚRAO) je organizační složkou státu a její činnost a hospodaření jsou upraveny v § 113 zákona č. 263/2016 Sb., atomový zákon. Posláním Správy je zajišťovat bezpečné ukládání radioaktivních odpadů, dosud vyprodukovaných i budoucích, v souladu s požadavky na jadernou bezpečnost a ochranu člověka i životního prostředí a v souladu s platnou „Konceptí“.

Předkládaná metodika zúžení počtu lokalit pro hlubinné úložiště popisuje způsob použití indikátorů vhodnosti a kritérií, uvedených v tomto dokumentu a dokumentu SÚRAO MP.22 (Vokál et al. 2017) pro vzájemné porovnání devíti potenciálních lokalit hlubinného úložiště VJP a RAO (Obr. 1) a k doporučení preferovaných lokalit vládě ČR pro následnou etapu prací pro přípravu hlubinného úložiště. Tato metodika bude aplikována na redukci počtu potenciálních lokalit pro umístění hlubinného úložiště, které byly popisovány prostřednictvím projektů SÚRAO v letech 2014-2019. Jedná se o lokality: Březový potok (Plzeňský kraj, okr. Klatovy), Čertovka (Plzeňský a Ústecký kraj, okr. Louny a Plzeň-sever), Čihadlo (Jihočeský kraj, okr. Jindřichův Hradec), Horka (Kraj Vysočina, okr. Třebíč a Žďár nad Sázavou), Hrádek (Kraj Vysočina, okr. Jihlava a Pelhřimov), Janoch (ETE-jih, Jihočeský kraj, okr. Týn nad Vltavou a České Budějovice), Kraví Hora (Kraj Vysočina a Jihomoravský, okr. Žďár nad Sázavou a Brno-venkov), Magdaléna (Jihočeský kraj, okr. Písek a Tábor) a Na Skalním (EDU-západ, Kraj Vysočina, okr. Třebíč). Tyto lokality jsou hodnoceny v několika etapách specialisty v oblastech bezpečnost, technická proveditelnost a vlivy na životní prostředí. Předkládaná metodika hodnocení je založena na aplikaci váhových kritérií za použití dat získaných do podzimu 2019. Tato data charakterizují lokality na základě jejich přípovrchové geologické stavby, přičemž úroveň popisu jednotlivých lokalit je srovnatelná. Po vlastním hodnocení a po vyjádření Poradního panelu expertů k předloženému hodnocení bude návrh preferovaných lokalit pro další etapu prací SÚRAO předán nadřízenému ministerstvu (Ministerstvu průmyslu a obchodu). Po mezirezortním připomínkovém řízení bude návrh preferovaných lokalit postoupen vládě ČR k odsouhlasení.



Obr. 1 Potenciální lokality hlubinného úložiště v letech 2014-2019

1.2 Související dokumenty

Předkládaná metodika vychází z požadavků stávající české legislativy a koncepčních dokumentů. Jedná se zejména o:

- zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon, v platném znění;
- zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění;
- vyhláška č. 378/2016 Sb., o umístění jaderného zařízení;
- Aktualizace koncepce nakládání s RAO a VJP v České republice, schválená usnesením vlády České republiky dne 26. 8. 2019;
- metodický pokyn SÚRAO MP.22 (Vokál et al. 2017 – dále jen MP.22) Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště, vydání třetí, 27. 11. 2017.

1.3 Rozsah platnosti

Platnost tohoto dokumentu je omezena do schválení preferovaných lokalit vládou ČR v roce 2020. Dokument podrobněji popisuje metodiku hodnocení dle kritérií MP.22 pro doporučení na zúžení počtu lokalit z devíti na čtyři v letech 2019-2020. Tento předpis je platný pro zaměstnance SÚRAO a další experty dodavatelského řetězce, kteří se podílejí na procesu hodnocení a zužování počtu potenciálních lokalit hlubinného úložiště.

2 Přístup k výběru lokality

Výběr lokality vhodné pro umístění hlubinného úložiště VJP a RAO je prováděn v několika dílčích etapách dle „Koncepce“ a požadavků vlády ČR. V průběhu každé etapy výběru budou lokality hodnoceny podle souboru kritérií shrnutých v řízeném dokumentu MP.22. Kritéria vycházejí z požadavků české legislativy, doporučení IAEA.

Předkládaná metodika hodnocení vychází z následujících předpokladů:

- Hodnocení a redukce počtu lokalit bude provedeno v letech 2019-2020 za účelem zúžení počtu lokalit na základě dat získaných z povrchových a přípovrchových partií lokalit s nejistotami v umístění podzemní části jaderného zařízení a povrchového areálu.

Zdůvodnění: Tento předpoklad vychází z požadavků Koncepce a milníků daných usnesením vlády České republiky č. 464 ze dne 18. 7. 2018 a Rady SÚRAO – Zápis z 5. zasedání Rady SÚRAO, usnesení 01/05, leden 2019.

- Hodnocení bude provedeno souhrnně pro oblasti bezpečnost (dlouhodobá a provozní), technická proveditelnost a vlivy na životní prostředí.

Zdůvodnění: Aplikovaná kritéria byla definována ve výše zmíněných oblastech v dokumentu MP.22. Předkládaná metodika zohledňuje pouze technická kritéria, kritérium „akceptovatelnost záměru dotčenými obcemi“ není v této metodice zohledněno a pro účely porovnání lokalit nebude na technické úrovni aplikováno, a to z důvodu prioritizace prokázání technických kritérií. Zohlednění socio-ekonomických vlivů je možné za dané úrovně znalostí ve vyšších rozhodovacích procesech, nikoli však na úrovni technického hodnocení.

- Hodnocení bude provedeno dvoustupňově – nejprve proběhne test vylučujících kritérií dle MP.22 a atomového zákona č. 263/2016 Sb. v úrovni indikace jejich naplnění, následně budou lokality porovnány dle tzv. klíčových kritérií (indikátorů) definovaných předkládanou metodikou.

Zdůvodnění: Vzhledem k určitým nejistotám v současném popisu lokalit nelze vždy jednoznačně stanovit, zda dané kritérium naplňuje svým charakterem vylučující požadavky. Při hodnocení vylučujících kritérií bude proto zohledněna nejvyšší možná znalost charakteristik lokalit a ve vzájemném porovnání budou akcentovány taková kritéria a indikátory, která v této fázi umožní lokality nejlépe diferencovat.

- Lokality hodnocené jako relativně vhodnější nemusí být potvrzeny v následující etapě charakterizace lokalit, proto lokality nepostupující do další etapy prací budou vedeny jako záložní a na základě rozhodnutí SÚRAO mohou být do procesu hodnocení vráceny.

Zdůvodnění: Vzhledem k úrovni znalostí a počtu lokalit nelze jednoznačně potvrdit nebo vyvrátit řadu i vylučujících kritérií. V případě dosažení vylučujícího kritéria dle vyhlášky č. 378/2016 Sb. na lokalitě v následující etapě prací bude tato lokalita z další charakterizace vyloučena a bude moci být nahrazena lokalitou ze skupiny záložních.

- Hodnocení u řady indikátorů bude založeno na expertním odhadu příslušných specialistů, a to kvůli nejistotám spojeným s omezeným množstvím dostupných informací.

Zdůvodnění: Vzhledem k charakteru dat z lokalit, nelze u některých kritérií a indikátorů očekávat jejich vyjádření s velkou jistotou (vždy budou zatíženy určitou mírou nejistoty dané informací). SÚRAO bude proto v těchto případech využívat systém hodnocení expertním

způsobem, kdy stanovení hodnoty určitého indikátoru a stanovení vah indikátorů kritéria bude založeno na expertním odhadu příslušným odborným týmem a váhy kritérií budou stanoveny metodou multikriteriální analýzy (viz. kapitola 5.4).

- Hodnocení prováděné za účelem redukce počtu lokalit zcela nenaplnuje a ani nemůže naplňovat požadavky vyplývající z atomového zákona č. 236/2016 Sb. a jeho prováděcího předpisu, tj. vyhlášky č. 378/2016 Sb. o umístění jaderného zařízení.

Zdůvodnění: Vzhledem k harmonogramu uvedenému v Konceptu a etapě prací na přípravě hlubinného úložiště, nemůže být rozsah popisu lokalit na úrovni podrobné dokumentace pro vydání povolení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost k umístění nebo výstavbě jaderného zařízení. Proto ani není možné v současné době na všech potenciálních lokalitách plně doložit všechny požadavky kladené legislativou na umístění jaderného zařízení, zejména z důvodu absence dat z projektované hloubky HÚ. Jsou tedy hodnocena jen ta kritéria, pro které existuje dostatek informací, které je možno dokladovat či expertně stanovit.

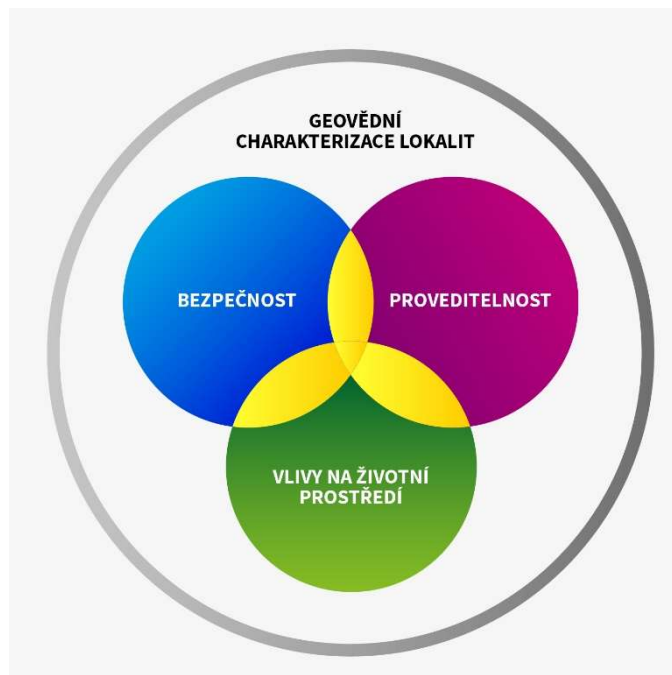
- Hodnocení provádí SÚRAO a její dodavatelský tým, následně je toto hodnocení potvrzeno Poradním panelem expertů.

Zdůvodnění: Kompetencí a zodpovědností SÚRAO je provádění vlastního technického hodnocení. Supervizní činnost vykonávají další zúčastnění partneři v procesu prostřednictvím Poradního panelu expertů. Hodnocení kritérií a indikátorů pro jednotlivé lokality je založeno na posouzení technické stránky procesu týmem specialistů, kteří se danou problematikou dlouhodobě zabývají.

- Hodnocení za účelem zúžení počtu lokalit bude využívat hodnoty známek indikátorů, pokud budou k dispozici a váhy jednotlivých kritérií a indikátorů.

Zdůvodnění: Hodnocení bude založeno na použití významnosti jednotlivých kritérií a indikátorů. Významnost kritérií a případně indikátorů v rámci příslušného kritéria bude stanovena prostřednictvím jejich váhy (důležitosti). Váhy kritérií budou stanoveny pomocí Analytického hierarchizačního procesu (AHP) viz Saaty (1980). S ohledem na etapu procesu přípravy HÚ a nejistoty jednotlivých indikátorů budou váhy jednotlivých indikátorů stanoveny expertním odhadem příslušných zpracovatelských odborných týmů.

3 Použitá data a plošný rozsah popisu lokalit



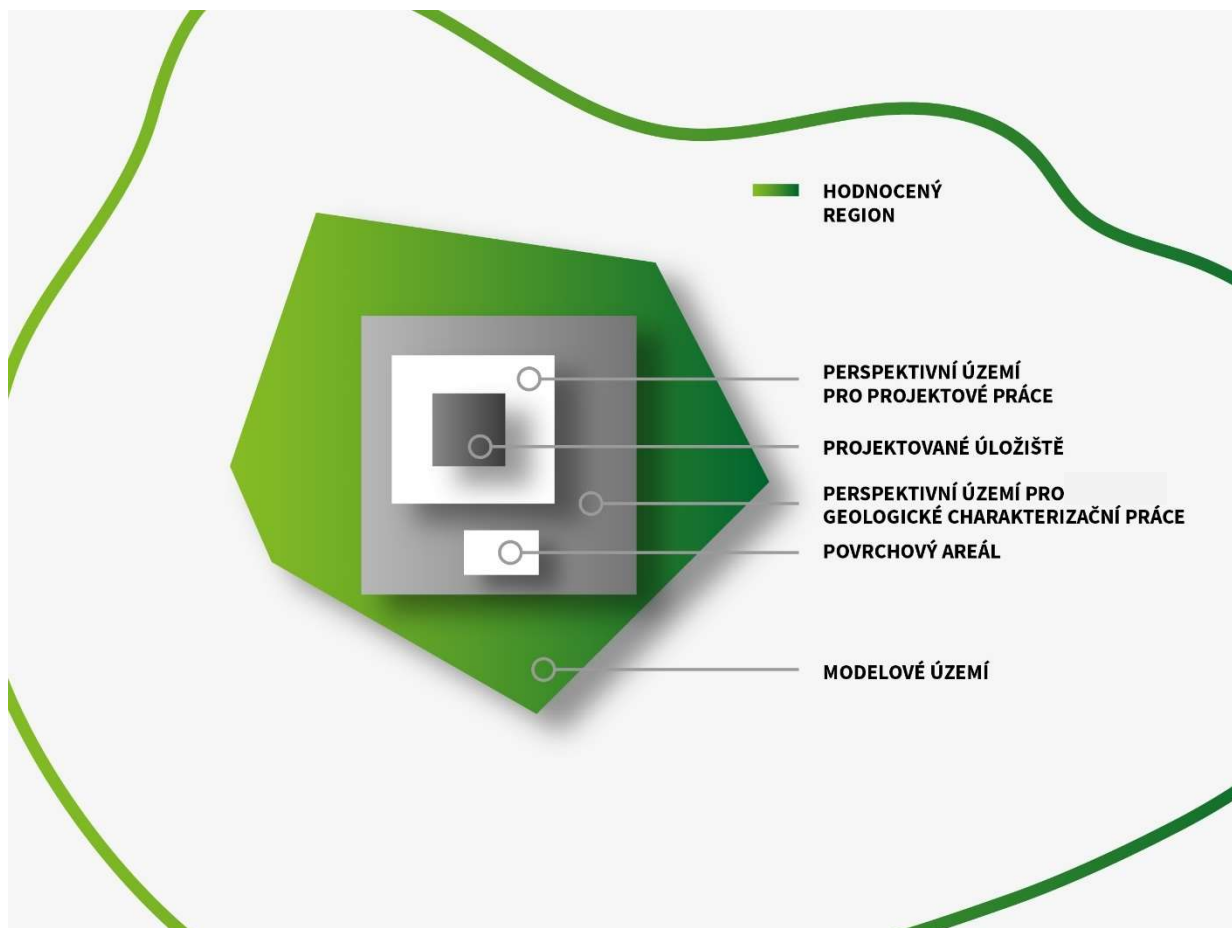
Obr. 2 Charakteristika použitých dat

3.1 Použitá data

Hodnocení a vzájemné porovnání lokalit bude provedeno na základě dat získaných SÚRAO v letech 2000-2019 s důrazem na syntézu dat do formy popisných modelů lokalit získaných především v letech 2014-2018 (přehled v Havlová et al. 2018 a–i, Vokál et al. 2018 a-i, Marek et al. 2018 a-g, Krajíček et al. 2018, Bureš et al. 2018 a-d, Špinka et al. 2018 a-c, Navrátilová et al. 2018, Hanžl et al. 2018, Martinčík et al. 2018 a-i). Geologická data, která tvoří základ popisu lokalit a navazujícího hodnocení (Obr. 2) jsou získána na základě extenzivního studia přípovrchové části lokalit a rozsáhlých rešerší archivních dat bez provádění technických (zejména vrtných) prací. Jedná se tedy o obraz zatížený určitou mírou nejistoty vzešlé z absence některých druhů dat z hloubky HÚ. Aplikovaná metodika hodnocení je založena na předpokladu, že všechna důležitá horninová rozhraní (zlomy vyšších řádů, kontakty litologických celků aj.) je možné díky dobré geologické prozkoumanosti a předchozím projektům SÚRAO (souhrn Franěk et al. 2018, Mixa et al. 2019) identifikovat. Posledním předpokladem je aplikace popisných modelů lokalit (např. geologický, hydrogeologický, transportní přehled Havlová et al. 2018 a-i, Vokál et al. 2018 a-i) a jejich aktualizace na základě geofyzikálních měření (Mixa et al. 2019), pomocí kterých je možné získat kvantitativní hydrogeologické charakteristiky lokalit vhodné pro jejich vzájemné porovnání. Dále pro účely hodnocení jsou použita aktualizovaná projektová řešení HÚ (aktualizace výsledků zpráv Bureš et al. 2018 a-d, Špinka et al. 2018 a-c, Navrátilová et al. 2018, Hanžl et al. 2018). V případě vlivu na životní prostředí budou pro hodnocení lokalit aplikována data vycházející z předběžného umístění povrchového areálu hlubinného úložiště a ze Studií vlivu na životní prostředí (Bureš et al. 2018 a-d, Špinka et al. 2018 a-c, Hanžl et al. 2018, Navrátilová et al. 2018, Skořepa et al. 2018 a, Marek et al. 2018 a-g, Krajíček et al. 2018,

Skořepa et al. 2018 b) při zohlednění aktuálních poznatků vyplývajících z provedených geofyzikálních výzkumů (dále jen „Geofyzika“) (Mixa et. al. 2019).

3.2 Plošný rozsah hodnocení



Obr. 3 Rozsah popisu lokalit pro účely jejich hodnocení – hlavní komponenty

Hodnocení potenciálních lokalit hlubinného úložiště bude prováděno v různých úrovních podrobnosti. Na základě výsledků prací v různých oblastech (např. Havlová et al. 2018 a-i, Vokál et al. 2018 a-i, Bureš et al. 2018 a-d, Špínka et al. 2018 a-c, Marek et al. 2017 a-g, Navrátilová et al. 2018, Málek et al. 2018, Zahradník et al. 2020, Butovič et al. 2020) byly definovány pro účely hodnocení následující polygony:

- Projektované úložiště:** minimální rozsah úložiště na konkrétní lokalitě definovaný na základě předběžného projektového řešení pro každou lokalitu pro vertikální způsob ukládání a jeho aktualizace na základě dat z projektu geofyzika. Pro vzájemné porovnání lokalit bude použita varianta vertikálního ukládání strojní ražby, která je nejšetrnější k horninovému prostředí, ale produkující nejvyšší objem rubaniny. Zároveň je na tuto variantu zpracován předběžný bezpečnostní rozbor (Trpková et al. 2018). Projektované úložiště (resp. vlastní úložné vrt) je definováno v polygonu perspektivního území pro projektové práce a v potenciálně vhodných horninových blocích (dále jen homogenních

- bločích). Do hodnocení vstupují pouze polygony definující prostory pro ukládání VJP a RAO.
- b) **Povrchový areál:** území s minimálním střetem zájmů na povrchu na konkrétní lokalitě předběžně vhodné pro umístění povrchového areálu úložiště.
 - c) **Perspektivní území pro projektové práce:** blok horniny v úrovni cca – 500 m pod povrchem terénu, bez výskytu zlomů I. kategorie a jejich ochranných obálek, reprezentující izolační část úložiště, do které je umísťováno projektové řešení (tj. hornina předběžně vhodná pro umístění ukládacích vrtů). Perspektivní území pro projektové práce je definováno v polygonu perspektivního území pro geologické práce.
 - d) **Homogenní blok:** blok horniny na úrovni cca -500 m pod povrchem terénu, v perspektivním území pro projektové práce bez zlomů II. kategorie a jejich ochranných obálek a bez projektově nevyužitelných fragmentů perspektivního území pro projektové práce.
 - e) **Projektově nevyužitelný fragment území** je definován jako území potenciálně vhodné pro ukládání, ale s takovými rozměry, že z projektových důvodů (zejména velikost) nelze toto území smysluplně využít pro ukládání.
 - f) **Perspektivní území pro geologické charakterizační práce:** území, ve kterém mohou perspektivně probíhat geologické práce za účelem vymezení perspektivního území pro projektové práce. Jedná se o území, ve kterém lze s velkou mírou pravděpodobnosti po provedení geologických charakterizačních prací očekávat nalezení horniny splňující nároky na izolační část hlubinného úložiště.
 - g) **Modelové území:** území, které je třeba charakterizovat za účelem tvorby popisných modelů lokality a pro pochopení širších souvislostí (pro různé modelové simulace – geologický model, hydrogeologický model, transportní model se velikost hodnocených modelových polygonů může vzájemně lišit). Jedná se o území v širším okolí perspektivních území pro projektové práce, která musí být vtažena do hodnocení za účelem získání hodnot vybraných kritérií a indikátorů vhodnosti. Zejména modelové simulace pro účely kvantifikace a popisu hydrogeologických poměrů lokalit je třeba zpracovat při uplatnění regionálně založených okrajových podmínek. Dále je na modelová území vázáno vyhodnocení indikátorů, které jsou závislé nebo disponují daty pouze v širším regionu (např. zhodnocení stability území, zhodnocení klimatické stability).
 - h) **Hodnocený region:** území velkého měřítka, které je třeba popsat za účelem splnění charakteristik dle vyhlášky č. 378/2016 Sb. (např. seismicity).

4 Hodnocení

4.1 Postup hodnocení

Dokument SÚRAO MP.22 představuje souhrn požadavků, indikátorů a kritérií, které jsou relevantní při hodnocení vhodnosti lokality pro umístění hlubinného úložiště. Hodnocení lokalit ve stávající etapě bude prováděno v oblastech kritérií bezpečnost (provozní a dlouhodobá), technická proveditelnost a vlivy na životní prostředí. Toto hodnocení proběhne při aplikaci dvou základních kroků hodnocení (Obr. 4):

1. krok hodnocení – vyloučení rizik (zhodnocení vylučujících kritérií ve všech oblastech dle vylučujících kritérií v MP.22, Tab. 1);
2. krok hodnocení – uplatnění předností (vzájemné porovnání lokalit).

S ohledem na rozsah provedených prací ve stávající etapě (přípovrchová charakterizace na devíti lokalitách) a charakter dostupných informací, mohou být ve stávající etapě hodnocení použita pouze některá z definovaných vylučujících nebo porovnávacích kritérií a indikátorů z dokumentu MP.22. Principem předkládaného hodnocení a porovnání je aplikace takových kritérií a indikátorů (tzn. klíčových kritérií) dle Kapitoly 4.4, které dostatečným způsobem diferencují lokality a zároveň jsou dostupné v době hodnocení lokalit.



Obr. 4 Proces hodnocení lokalit

4.2 První krok hodnocení – Vyloučení rizik

V souladu s českou legislativou a mezinárodními doporučeními jsou v dokumentu MP.22 definována kritéria, která vylučují umístění hlubinného úložiště v případě, že neexistuje vhodné technické či administrativní opatření pro jejich nápravu. V případě, že toto opatření existuje, náklady na jeho realizaci mohou sloužit pro porovnání nákladů na realizaci úložiště.

Pokud hodnocená lokalita bude v rozporu s libovolným vylučujícím požadavkem či kritériem (Tab. 1) a nebude existovat vhodné technické či administrativní opatření pro jeho eliminaci, nebude již dále zvažována pro další práce (viz Obr. 4) a bude zařazena do kategorie vyloučené lokality.

Pro každou z lokalit budou u vylučujících kritérií vyhodnoceny dvě skutečnosti, které vycházejí z požadavků, definovaných na základě vyhlášky č. 378/2016 Sb., viz Tab. 1:

- 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).**
- 3) V dané fázi výběru lokalit není dostatek dat pro hodnocení kritéria.**

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. V dané fázi hodnocení je jednoznačné, že nedostatek informací o geologické stavbě v hloubce úložiště, hydrogeologické situaci či o vlastnostech hornin z hloubky, odpovídající hloubce HÚ, bude zatěžovat hodnocení určitou mírou nejistoty. Další mírou nejistoty hodnocení je aproximace informací z povrchové charakterizace, ta je mnohdy založena na expertním odhadu řešitelského kolektivu. V řadě indikátorů je hodnoceno celé širší území, nikoli pozemek, na kterém bude umístěno hlubinné úložiště, ať už jeho povrchová nebo podzemní část (viz § 2 vyhláška č. 378/2016 Sb.). Pozemkem jaderného zařízení je myšlena ta část území k umístění jaderného zařízení, na které se bude ve fázích životního cyklu, následujících po umístění jaderného zařízení, nacházet areál jaderného zařízení. V případě podzemní části se jedná o horninový blok reprezentující izolační část hlubinného úložiště v hloubce 500 m. Sama vyhláška často vyžaduje splnění některých požadavků na umístění či dokladování bezpečnosti, právě pro pozemek HÚ. Současně je nutno vyhodnotit, zda přítomnost překážky je významná či málo významná nebo technicky překonatelná. Souhrn vylučujících kritérií je uveden v Tab. 1. Vylučující kritéria budou vyhodnocena pro podzemní a povrchovou část úložiště (perspektivní území pro projektové práce a povrchový areál, případně hodnocený region (viz Obr. 3) specialisty zpracovatelských týmů v oblastech bezpečnost (dlouhodobá a provozní), technická proveditelnost a vlivy na životní prostředí.

Tab. 1 Souhrn vylučujících kritérií

ID	Název kritéria	Popis kritéria/ hodnota	Zdroj	Hodnocené území
1.	Vylučující projektová kritéria			
1.1	Velikost využitelného horninového masivu	Využitelný masiv musí mít takové rozměry, aby při dodržení všech technických a bezpečnostních požadavků byl schopen s rezervou pojmout předpokládané množství odpadu k uložení. Naplnění: Bude vyhodnocena velikost územní rezervy pro uložení předpokládaného množství odpadu (9500 tun VJP a 4500 m³ VAO/SAO)	Vyhl. č. 378/2016, § 18 (2) a)	Perspektivní území pro projektové práce. Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: toto území reprezentuje cílovou litologii pro ukládání a jako takové je hodnoceno z hlediska územní rezervy.
1.2	Hydrogeologické poměry	Velmi nepříznivé hydrogeologické poměry pro umístění hlubinného úložiště mohou vést k vyloučení některých částí úložiště, zpravidla však je možno nepříznivé podmínky napravit technickým či administrativním opatřením. Předběžným kritériem je hodnota toku vody do úložného vrtu 0,1 l/min, do úložného tunelu 0,25 l/min. Naplnění: kritérium v současné době nebude posuzováno z důvodu nedostatku dat z úložného horizontu.	Vyhl. č. 378/2016, § 18 (4) a)	Perspektivní území pro projektové práce. Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: Jedná se o kritérium, které je úzce vázáno na plochu úložiště, resp. poměry zjištěné po provedení ražeb.
1.3	Zajištění stability staveb	Výskyt a) vulkanických hornin pliocenního až holocenního stáří nebo projevů postvulkanické činnosti, zejména výronu plynů nebo minerálních vod, spojených s minulou vulkanickou aktivitou, do vzdálenosti 5 km, Naplnění: na základě dostupných geologických dat o lokalitách (Franěk et	Vyhl. č. 378/2016, § 9 (3) a)	Povrchový areál Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: jde o požadavky vyplývající zejména z vyhlášky č. 378/2016, která je vázána na pozemek jaderného zařízení, v tomto případě povrchového areálu.

ID	Název kritéria	Popis kritéria/ hodnota	Zdroj	Hodnocené území
		al. 2018) a projektu geofyzika (Mixa et al. 2019) bude posouzen výskyt těchto hornin.		
		b) jevů podle odstavce 2 písm. c) 1. kaveren a krasových formací, 2. hlubinných dolů, podzemních zásobníků plynu a jiných staveb realizovaných v podzemních prostorech a pozůstatků historické těžby, 3. čerpacích vrtů a technologií rozpouštění k těžbě nerostných surovin a podzemní vody, včetně propadu nebo deformace povrchu, a to: 1. na pozemku jaderného zařízení, nebo 2. mimo pozemek jaderného zařízení, hrozí-li propad nebo deformace povrchu území k umístění jaderného zařízení s vlivem na jadernou bezpečnost Naplnění: kritérium bude posouzeno na základě proběhlého IG mapování potenciálních lokalit a dat z geologického popisu lokalit (Franěk et al. 2018, Mixa et al. 2019)	Vyhl. č. 378/2016, § 9 (3) b)	
		c) svahových pohybů snižujících jadernou bezpečnost, nebo Naplnění: kritérium bude posouzeno na základě	Vyhl. č. 378/2016, § 9 (3) c)	

ID	Název kritéria	Popis kritéria/ hodnota	Zdroj	Hodnocené území
		proběhlého IG mapování potenciálních lokalit (Aue et al.; Rout et al.; Pospíšil et al.; Schröfel et al., 2018)		
		d) přetrvávajících nevhodných vlastností základových půd, a to 1. nevhodnosti základových půd pro zakládání objektů důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti, pokud průměrná rychlost příčných vln v základové půdě je nižší než 360 m/s, 2. výskytu základové půdy s únosností nižší než 0,2 MPa, 3. výskytu prosedavých nebo silně bobtnavých základových půd, 4. výskytu základové půdy zařazené mezi středně organické nebo vysoce organické, nebo 5. výskytu ztekucení zemin. Naplnění: kritérium bude posouzeno na základě proběhlého IG mapování potenciálních lokalit (Aue et al. 2018; Pospíšil et al. 2018; Schröfel et al., 2018)	Vyhl. č. 378/2016, § 9 (3) d)	

ID	Název kritéria	Popis kritéria/ hodnota	Zdroj	Hodnocené území
1.4	Množství a složitost střetů zájmů	Charakteristikou kolize s ochranným nebo bezpečnostním pásmem, při jejímž dosažení je umístění pozemku jaderného zařízení zakázáno, je zasahování pozemku jaderného zařízení do ochranného pásma podle § 15 odstavce 1 písm. a) a b) vyhlášky č. 378/2016 Sb., tj.: a) silničního ochranného pásma, b) ochranného pásma dráhy, Naplnění: Kritérium bude posouzeno z hlediska možnosti umístění povrchového areálu na základě vyhodnocených střetů zájmů	Vyhl. č. 378/2016, § 15 (2)	Povrchový areál Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: jde o požadavky vyplývající zejména z vyhlášky č. 378/2016, která je vázána na pozemek jaderného zařízení, v tomto případě povrchového areálu.
2.	Vylučující kritéria dlouhodobé bezpečnosti			
2.1	Geologické charakteristiky			

ID	Název kritéria	Popis kritéria/ hodnota	Zdroj	Hodnocené území
2.1.1	Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků	Geologické podmínky v úložišti musí umožnit připravit důvěryhodný komplexní, prostorový geologický model. Hloubkový dosah horninového masivu musí být dostatečný s ohledem na max. předpokládanou hloubku umístění úložiště (minimálně 400 m). Nepřijatelná míra nejistoty v identifikaci a popisu regionálních a lokálních poruchových zón a dalších geologických struktur může vylučovat umístění úložiště. V první fázi povrchových geologických prací však tento faktor nemusí být vylučující, ale může sloužit pro porovnání lokalit. Naplnění: Kritérium bude posouzeno na základě vytvořených 3D strukturně-geologických modelů lokalit (Franěk et al. 2018)	Vyhl. č. 378/2016, § 18 (4) b)	Perspektivní území pro projektové práce Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: V tomto území je definováno vlastní projektové řešení úložiště a jako takové předpokládá geologicky nejvhodnější místo pro umístění HÚ na lokalitě.
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 nemůže být vylučující, ale může sloužit pro porovnání lokalit. Naplnění: Kritérium bude posouzeno na základě vytvořených 3D strukturně-geologických modelů lokalit (Franěk et al. 2018) a dat projektu geofyzika (Mixa et al. 2019).	Vyhl. č. 378/2016, § 18 (4) b)	Perspektivní území pro projektové práce Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: V tomto území je definován vlastní design úložiště a jako takové předpokládá geologicky nejvhodnější místo pro umístění HÚ na lokalitě.
2.2	Hydraulické charakteristiky			

ID	Název kritéria	Popis kritéria/ hodnota	Zdroj	Hodnocené území
2.2.1	Přítomnost zvodní v izolační části úložiště	Přítomnost zvodní ((tj. hydraulicky propustného prostředí s významnou zásobou vody) v izolační části úložiště je vylučujícím kritériem pro umístění úložiště. Naplnění: budou posouzeny akumulační schopnosti hornin dle zpracovávaných hydrogeologických modelů lokalit a vyhodnoceny současné databáze vodních zdrojů dle národní databáze HEIS VUV.	Vyhl. č. 378/2016, § 8 (2)	Perspektivní území pro projektové práce Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: V tomto území je definován vlastní design úložiště a jako takové předpokládá nejvhodnější místo pro umístění HÚ na lokalitě. Hodnocení nicméně bude vycházet ze zpracovaných hydraulických modelů lokalit a zpracovávaného environmentálního hodnocení.
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. Naplnění: Kritérium bude posouzeno na základě vytvořených hydraulických modelů lokalit	Vyhl. č. 378/2016, § 18 (4) b) 2.	Modelové území hydraulického modelu lokality Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: bude hodnocena obtížnost vytvoření modelu v jeho celém území, tj. i se zahrnutím oblastí okrajových podmínek.
2.3	Stabilita lokality			
2.3.1	Zemětřesení a přítomnost potenciálně aktivních zlomů pro období statisíců let (seismická stabilita)	Pro umístění nemůže být využit pozemek jaderného zařízení, na kterém, nebo ve vzdálenosti do 5 km od jeho hranice, se vyskytuje zlom potenciálně schopný posunu s projevem na povrchu nebo blízko povrchu. Hodnoty maximálního potenciálního magnituda a hodnoty zrychlení kmitů půdy mohou být použity pro porovnání lokalit.	Vyhl. č. 378/2016, § 6 (2) a)	Hodnocený region Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: Přítomnost potenciálně aktivních zlomů bude hodnocena dle vyhl. č. 378/2016 do vzdálenosti 5 km.

ID	Název kritéria	Popis kritéria/ hodnota	Zdroj	Hodnocené území
		Naplnění: Kritérium bude hodnoceno na základě dat databáze seismoaktivních zlomů zprávy (Málek et al. 2018). Pro vyhodnocení potenciálně aktivních zlomů na konkrétní lokalitě nejsou k dispozici relevantní data o stáří a aktivitě studovaných tektonických poruch studovaných SÚRAO (tektonická síť Mixa et al. 2019). Pokud na zlomu nebyl prokázán ani indikován posun v období posledních 2,6 milionu let, předpokládá se, že zlom není aktivní a nepředstavuje přímé riziko.		
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. Naplnění: kritérium bude vyhodnoceno na základě zhodnocení vertikální stability území dle Hroch a Pačes (2015).	Vyhl. č. 378/2016, § 18 (2) g	Modelové území Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: Vzhledem k absenci in-situ dat z lokalit z dlouhodobých měření budou použita regionální data z hodnocených regionů dle Hroch a Pačes (2015).
2.3.3	Postvulkanické jevy	Budou vyloučeny lokality s postvulkanickými jevy (výrony plynů, horké vody atd.). Naplnění: kritérium bude vyhodnoceno na základě provedených geologických charakterizačních prací (Franěk et al. 2018, Mixa et al. 2019).	Vyhl. č. 378/2016, § 9 (3) a) 2.	Modelové území Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: Bude zhodnoceno širší okolí lokality na základě požadavků vyhlášky č. 378/2016 do vzdálenosti 5 km.
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. Naplnění: Budou použita data o přítomnosti starých důlních děl z databáze Geofondu – ČR.	Vyhl. č. 378/2016, § 9 (3) b)	Perspektivní území pro geologické charakterizační práce Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: Z hlediska intruzních charakteristik je nejvyšší možnost intruze z hlediska

ID	Název kritéria	Popis kritéria/ hodnota	Zdroj	Hodnocené území
				výskytu NS pouze v cílové litologii pro hlubinné úložiště, tj. v perspektivním území pro geologické charakterizační práce.
2.4.2	Přítomnost zásob nerostných surovin	V hloubce větší než 100 m nesmí být zásoby nerostných surovin. Naplnění: Budou použita data o přítomnosti starých důlních děl z databáze Geofondu ČR.	Vyhl. č. 378/2016, § 18 (2) o)	Perspektivní území pro geologické charakterizační práce Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: Z hlediska intruzních charakteristik je nejvyšší možnost intruze z hlediska výskytu NS pouze v cílové litologii pro hlubinné úložiště, tj. v perspektivním 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. Naplnění: Pro zásoby podzemních vod budou použita data z národní databáze (např. Heis- VÚV, eagri.cz aj.) a v případě potenciálu geotermální energie pak zhodnocení ve vztahu k předpokládanému tepelnému gradientu.	Vyhl. č. 378/2016, § 8 (2), § 18 (4) c)	Perspektivní území pro geologické charakterizační práce Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: Z hlediska intruzních charakteristik je nejvyšší možnost intruze z hlediska přítomnosti zásob podzemních vod v perspektivním území pro geologické charakterizační práce.
3.	Vylučující kritéria pro umístění jaderného zařízení z hlediska provozní bezpečnosti			
3.1	Přírodní jevy			
3.1.1	Porušení území zlomem	a) Výskyt zóny pohybové nebo seizmicky aktivního zlomu nebo jiného pohybu zemské kůry, který by mohl způsobit deformaci jaderného zařízení snižující jadernou bezpečnost, do vzdálenosti 5 km, nebo	Vyhl. č. 378/2016, § 6 (2) a)	Povrchový areál Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: jde o požadavky vyplývající zejména z vyhlášky č. 378/2016, která je vázána na pozemek jaderného zařízení, v tomto případě povrchového areálu.

ID	Název kritéria	Popis kritéria/ hodnota	Zdroj	Hodnocené území
		b) vznik doprovodného zlomu na pozemku jaderného zařízení. Toto kritérium bude sloučeno s kritériem na hodnocení seismicity z hlediska dlouhodobé bezpečnosti Naplnění: bude vyhodnoceno společně s kritériem 2.3.1	Vyhl. č. 378/2016, § 6 (2) b)	Povrchový areál Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: jde o požadavky vyplývající zejména z vyhlášky č. 378/2016, která je vázána na pozemek jaderného zařízení, v tomto případě povrchového areálu.
3.1.2	Povodně	Pravidelné zaplavování pozemku jaderného zařízení v důsledku extrémních meteorologických situací s pravděpodobností výskytu jednou za 100 let nebo vyšší. Naplnění: bude vyhodnoceno společně s kritériem 2.3.1	Vyhl. č. 378/2016, § 7 (2)	Povrchový areál Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: jde o požadavky vyplývající zejména z vyhlášky č. 378/2016, která je vázána na pozemek jaderného zařízení, v tomto případě povrchového areálu.
3.2	Faktory ovlivňující zvládání mimořádných situací			
3.2.1	Blízkost státní hranice	Blízkost státní hranice či sídel, omezujících proveditelnost havarijního plánu.	Vyhl. č. 378/2016, § 17; Vyhl. č. 378/2016, § 16 b) 3.	Povrchový areál Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: jde o požadavky vyplývající z vyhlášky č. 378/2016. Z vyhlášky vyplývá, že posouzení území je třeba provést do vzdálenosti 30 km.
3.2.2	Zajištění dojezdu záchranných jednotek	Nemožnost dojezdu požárních jednotek, báňské záchranné služby, rychlé zdravotní pomoci.	Vyhl. č. 378/2016, § 17	Povrchový areál Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: jde o požadavky vyplývající z vyhlášky č. 378/2016. Jde o faktory, které vycházejí z konkrétního umístění jaderného zařízení.
3.2.3	Zajištění informovanosti a evakuace	Nemožnost zajištění včasné informovanosti a zajištění evakuace obyvatelstva.	Vyhl. č. 378/2016, § 17	Povrchový areál Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: jde o požadavky vyplývající z vyhlášky č. 378/2016. Jde o faktory, které vycházejí z konkrétního umístění jaderného zařízení.

ID	Název kritéria	Popis kritéria/ hodnota	Zdroj	Hodnocené území
3.2.4	Zajištění opatření proti sabotáži	Nemožnost zabezpečení zařízení proti sabotáži vylučuje umístění úložiště.	Vyhl. č. 378/2016, § 17	Povrchový areál Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: jde o požadavky vyplývající z vyhlášky č. 378/2016. Jde o faktory, které vycházejí z konkrétního umístění jaderného zařízení.
4.	Vylučující kritéria z hlediska vlivu na životní prostředí			
4.1	Výskyt zvláště chráněných území přírody			
4.1.1	Výskyt biosférické rezervace UNESCO	Na území určené pro povrchový areál, se nesmí vyskytovat biosférická rezervace UNESCO (čl. 1 sd. MZV č. 159/1991 Sb. Úmluvy o ochraně světového kulturního bohatství). Vymezení: Seznam světového dědictví	sdělení MZV č. 159/1991	Povrchový areál Zdůvodnění: kritérium je vázané na konkrétní plochu povrchové části hlubinného úložiště (HÚ).
4.1.2	Výskyt národních parků	Na území kandidátní lokality, jeho části určené pro povrchový areál se nesmí vyskytovat národní park. Vymezení: přílohy č. 1 – 4 zák. č. 114/1992 Sb.	zák. č. 114/1992 Sb.	Povrchový areál Zdůvodnění: kritérium je vázané na konkrétní plochu povrchové části (HÚ).
4.1.3	Výskyt CHKO	Na území kandidátní lokality, jeho části určené pro povrchový areál se nesmí CHKO vyskytovat. Vymezení: Ústřední seznam ochrany přírody.	zák. č. 114/1992 Sb.	Povrchový areál Zdůvodnění: kritérium je vázané na konkrétní plochu povrchové části (HÚ).
4.1.4	Výskyt NPR a NPP	Na území kandidátní lokality, jeho části určené pro povrchový areál, se nesmí vyskytovat NPR a NPP (ve všech případech se jedná o kategorie tzv. zvláště chráněných území přírody – ZCHÚ). Vymezení: Ústřední seznam ochrany přírody.	zák. č. 114/1992 Sb.	Povrchový areál Zdůvodnění: kritérium je vázané na konkrétní plochu povrchové části (HÚ).

ID	Název kritéria	Popis kritéria/ hodnota	Zdroj	Hodnocené území
4.1.5	Výskyt lokality soustavy Natura 2000 (EVL, PO)	Na území kandidátní lokality, jeho části určené pro povrchový areál se nesmí vyskytovat evropsky významná lokalita a nesmí do ní zasahovat ptačí oblast. Vymezení: EVL – Národní seznam EVL, PO - Nařízení vlády.	zák. č. 114/1992 Sb.	Povrchový areál Zdůvodnění: kritérium je vázané na konkrétní plochu povrchové části (HÚ).
4.1.6	Výskyt přírodních rezervací a přírodních památek	Na území kandidátní lokality, jeho části určené pro povrchový areál, by se neměly vyskytovat PR a PP. Vymezení: Ústřední seznam ochrany přírody.	zák. č. 114/1992 Sb.	Povrchový areál Zdůvodnění: kritérium je vázané na konkrétní plochu povrchové části (HÚ).

4.3 Druhý krok hodnocení – uplatnění předností



Obr. 5 Použitá kritéria ve druhém kroku hodnocení

Ve druhém kroku budou potenciální lokality, které prošly hodnocením vylučujících kritérií (Obr. 4), vzájemně porovnávány pomocí váhového hodnocení klíčových kritérií souhrnně v oblastech bezpečnost, technická proveditelnost a vlivy na životní prostředí (Obr. 5). Klíčová kritéria jsou takové charakteristiky lokality, podle kterých lze lokality porovnat v dané fázi vývoje hlubinného úložiště. Předpokladem je, že jde o charakteristiky, které je možno stanovit/odhadnout ze současných poznatků, dále o charakteristiky, ve kterých se lokality odlišují na základě

vyhodnocení dostupných informací. Dalším předpokladem je skutečnost, že tyto charakteristiky navzájem nekorelují (například nevycházejí z přepočtu stejných základních informací).

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. Přehled klíčových kritérií včetně zdůvodnění jejich výběru pro tuto fázi je uvedeno v Tab. 2.

Tab. 2 Přehled kritérií MP.22 a zdůvodnění jejich aplikovatelnosti pro porovnání lokalit v dané etapě výběru (aplikace A – ano, v této etapě hodnocení bude aplikováno pro porovnání lokalit; N – ne, kritérium v této etapě nebude aplikováno pro porovnání lokalit).

Název kritéria dle MP.22	Použití	Zdůvodnění
Projektová kritéria		
Velikost využitelného horninového masivu	A	V každé fázi výběru lokalit musí být lokalita prověřena z hlediska prostorových nároků pro umístění podzemní části úložiště (umístění 9500 tun VJP a 4500 m ³ RAO) a z hlediska velikosti územní rezervy. Pro účely porovnání lokalit je označeno jako kritérium K1.
Parametry ovlivňující způsob ražení podzemních prostor a mechanické vlastnosti hornin	N	Kritérium nehodnoceno z důvodu nedostatku reprezentativních dat z hloubky úložiště. Získaná orientační data z povrchových výchozů (teplotní a mechanické parametry, (Petružálek 2017; Hanák et al. 2015, 2017, 2018; Navrátilová et al. 2018) jsou navíc zahrnuta v hodnocení kritéria K1, konkrétně prostřednictvím teplotních a termomechanických výpočtů (Kobylka 2019). Na základě mechanických parametrů hornin byly provedeny stabilitní výpočty, na kterých závisí, vedle tepelných vlastností, velikost projektovaného úložiště (Bureš et al. 2018 a-d, Špinka et al. 2018 a-c)
Teplotní vlastnosti hornin	A	Teplotní vlastnosti hornin jsou zahrnuty v hodnocení kritéria K1, konkrétně prostřednictvím teplotních a termomechanických výpočtů (Kobylka 2019). Na základě těchto výpočtů byly stanoveny rozteče jednotlivých ukládacích vrtů na konkrétních lokalitách, což je zohledněno v celkové rozloze úložiště, což je parametr vstupující do konkrétního projektového řešení na lokalitě (Bureš et al. 2018 a-d, Špinka et al. 2018 a-c). Separátní hodnocení tepelných vlastností hornin by hodnotilo stejné vlastnosti lokalit dvakrát.
Hydrogeologické poměry	A	V širším smyslu jsou hydrogeologické poměry ve vztahu k horninovému prostředí a vodohospodářskému využití hodnoceny v rámci kritérií K5, K6 a K10. Dle definice v dokumentu MP.22 se kritérium navíc váže na konkrétní charakteristiky horniny při budování úložiště (zejména vysoké přítoky vod, jejich chemismus a agresivitu). V současné fázi hodnocení ale není možné

Název kritéria dle MP.22	Použití	Zdůvodnění
		hydrogeologické poměry jednotlivých úložných vrtů a ukládacích chodeb stanovit, ani předpovídat.
Zajištění stability staveb	N	Kritérium hodnoceno v rámci vylučujících kritérií pro umístění povrchového areálu, pro porovnání nebude použito z důvodů absence těchto jevů v umístění povrchového areálu (Bureš et al. 2018 a-d; Špinka et al. 2018 a-c). Umístění staveb HÚ je mimo tyto plochy, lokality jsou v tomto kritériu stejné (Bureš et al. 2018 a-d; Špinka et al. 2018 a-c; Hanžl et al. 2018; Navrátilová et al. 2018).
Dostupnost infrastruktury	A	Na každé lokalitě je infrastruktura pro výstavbu povrchového areálu a podzemní části úložiště (Bureš et al. 2018 a-d, Špinka et al. 2018 a-c Hanžl et al. 2018, Navrátilová et al. 2018). Lokality lze porovnat dle možnosti umístění rubaniny jako eliminace výrazného nežádoucího vlivu. Kritérium bude označeno jako K2.
Množství a složitost střetů zájmů	N	Pro vlastní porovnání lokalit kritérium nebude použito, na každé lokalitě lze nalézt řešení povrchového areálu bez střetů zájmů (např. Bureš et al. 2018 a-d, Špinka et al. 2018 a-c Hanžl et al. 2018, Navrátilová et al. 2018). Hodnocení střetů zájmů je navíc totožné s hodnocením vlivu na životní prostředí v klíčových kritériích K10 až K13.
Náklady	N	Náklady na výstavbu jsou v této fázi přímo úměrné rozloze úložiště a množství rubaniny, která je závislá na mechanických a tepelných parametrech, které jsou obsaženy v kritériu velikost horninového bloku. Toto kritérium je zahrnuto v hodnocení kritéria K1.
Bezpečnostní kritéria		
Geologické charakteristiky		
Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků	A	Poznání geologické stavby je v této fázi důležitým vstupem pro hodnocení území a pro tvorbu popisných modelů lokalit a projektového řešení. Zároveň je v současné době pro vyhodnocení tohoto kritéria dostatečné množství reprezentativních dat (Franěk et al. 2018, Bureš et al. 2018 a-d, Špinka et al. 2018 a-c Hanžl et al. 2018, Navrátilová et al. 2018, Mixa et al. 2019, Havlová et al. 2018 a-i). Geologické charakteristiky vstupují do všech oblastí hlubinného úložiště (bezpečnost a proveditelnost a jsou důležitým faktorem pro definování podzemní i nadzemní části úložiště. Ve fázi výběru lokalit a hledání vhodných horninových bloků je porovnání lokalit v geologických kritériích nezbytné. Proto tyto charakteristiky budou zahrnuty pro účely porovnání lokalit jako kritérium K3.

Název kritéria dle MP.22	Použití	Zdůvodnění
Variabilita vlastností	A	Poznání geologické stavby je v této fázi důležitým vstupem pro hodnocení území a pro tvorbu popisných modelů lokalit a projektového řešení. Zároveň je v současné době pro vyhodnocení tohoto kritéria dostatečné množství reprezentativních dat (Franěk et al. 2018, Bureš et al. 2018 a-d, Špinka et al. 2018 a-c, Hanžl et al. 2018, Navrátilová et al. 2018, Mixa et al. 2019, Havlová et al. 2018 a-i). Geologické charakteristiky vstupují do všech oblastí hlubinného úložiště (bezpečnost a proveditelnost a jsou důležitým faktorem pro definování podzemní i nadzemní části úložiště. Ve fázi výběru lokalit a hledání vhodných horninových bloků je porovnání lokalit v geologických kritériích nezbytné. Proto tyto charakteristiky budou zahrnuty pro účely porovnání lokalit jako kritérium K4.
Dostupnost dat	N	Lokality hodnocené v současné době disponují stejnou úrovní geologického popisu dat (Franěk et al. 2018, Mixa et al. 2019). Toto kritérium nebude pro účely porovnání aplikováno.
Hydraulické charakteristiky		
Přítomnost zvodní v izolační části úložiště	N	Izolační část horninového masivu nesmí zahrnovat prostředí s významnou akumulací podzemních vod ani prostředí pro vodu dobře propustné. Přítomnost zvodní je hodnocena v rámci vylučujících kritérií. Vodohospodářské využití a přítomnost vodních zdrojů v povrchových oblastech lokalit je posuzováno v rámci kritéria K10.
Obtížnost vytvoření hydrogeologických modelů a predikce vývoje hydrogeologických poměrů v lokalitě.	N	Obtížnost zpracování modelů je posouzena v rámci vylučujících kritérií, pro vzájemné porovnání lokalit nebude využita. Pro každou lokalitu byl v roce 2019 zpracován hydrogeologický a transportní model (Baier et al. 2020 a,b, Černý et al. 2020 a,b, Jankovec et al. 2020 a,b, Uhlík et al. 2020 a,b, Polák et al. 2020). Uvedené modely reflektují získané informace z projektu Geofyzika (Mixa et al. 2019). Metodiku zpracování modelů popisuje Uhlík et al. (2018). Všechny údaje dílčích indikátorů kritérií K5 a K6 jsou odvozeny z informací uvedených modelů.
Propustnost horniny a rychlost proudění vody	A	Propustnost horniny a rychlost proudění podzemní vody jsou významné parametry ovlivňující transportní charakteristiky lokalit i výsledky bezpečnostních hodnocení (Trpkošová et al. 2018). Jejich zhodnocení je provedeno v rámci dílčích indikátorů kritéria K5. Všechny hodnoty indikátorů kritérií K5 a K6 jsou odvozeny z informací uvedených modelů.
Identifikace drenážních bází	A	Identifikace a stanovení počtu drenážních oblastí jsou důležitým výstupem hydraulických a transportních modelů potenciálních lokalit HU. Transportní

Název kritéria dle MP.22	Použití	Zdůvodnění
		charakteristiky lokalit mají zásadní význam pro budoucí situování úložiště (Trpková et al. 2018). Identifikace drenážních bází je samostatným kritériem K6 při posuzování vhodnosti a snižování počtu lokalit.
Transportní charakteristiky		
Doba transportu radionuklidů	N	Doba transportu radionuklidů je přímo úměrná rychlosti proudění podzemní vody (Říha et al. 2018). Transportní charakteristiky lokalit jsou posuzovány v rámci dílčích indikátorů kritérií K5 a K6. Podkladem jsou výše uvedené hydrogeologické a transportní modely.
Rozpuštěnost radionuklidů v podzemní vodě	N	Vzhledem k neznalosti složení podzemní vody v hloubce úložiště (Červinka a Gondolli 2016) na jednotlivých lokalitách nebude toto kritérium v této etapě hodnocení aplikováno. Toto kritérium bude spolehlivě vyhodnoceno až po provedení vrtného průzkumu a lokalitách
Řředění v důsledku mísení s nekontaminovanými vodami	A	Vzhledem k nejistotám (absence podrobnějších dat z hloubky úložiště, zejména o charakteru puklinové sítě) je charakteristika řředění zahrnuta v rámci dílčího indikátoru kritéria K5. Podkladem jsou výše uvedené hydrogeologické a transportní modely.
Stabilita lokality		
Zemětřesení a přítomnost potenciálně aktivních zlomů pro období statisíců let (seismická stabilita)	A	Geodynamické charakteristiky a hodnocení seismického rizika je důležitým legislativním požadavkem pro umístění jaderného zařízení (dle vyhlášky č. 378/2016). Zároveň bude muset být dokladováno a permanentně posuzováno i v budoucnu v rámci licenčních procesů. Kritérium bude aplikováno pro porovnání lokalit společně s kritériem pokles nebo výzdvih povrchu území jako syntetické kritérium K7.
Pokles nebo výzdvih povrchu území (vertikální pohyby zemské kůry)	A	Vývoj reliéfu a jeho dynamika hraje významnou roli pro hydraulické simulace a především pro definování scénářů vývoje úložiště (Havlová et al. 2018 a-i). Toto kritérium bude aplikováno jako porovnávací pro účely hodnocení lokalit společně s kritériem zemětřesení a přítomnost potenciálně aktivních zlomů pro období statisíců let jako K7. Kritéria byla sloučena na základě poměrně malých rozdílů mezi lokalitami (Havlová et al. 2018 a-i, Vokál et al. 2018 a-f, Kaláb et al. 2015, Nývlt a Dobrovolný 2015, Hošek et al. 2015) a jejich významnosti, zároveň však mají stabilní charakteristiky a dynamika vývoje velký vliv na odvození scénářů pro bezpečnostní hodnocení.
Postvulkanické jevy	N	Kritérium bude hodnoceno v rámci hodnocení vylučujících kritérií, pro porovnání nebude aplikováno.
Klimatické změny	N	Vzhledem k absenci dat a minimálním rozdílům mezi lokalitami nebude v této fázi kritérium aplikováno pro potřeby porovnání lokalit, Nývlt a Dobrovolný (2015).

Název kritéria dle MP.22	Použití	Zdůvodnění
		K dispozici jsou pouze data regionálního charakteru včetně definování příslušných scénářů.
Charakteristiky lokality, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka		
Přítomnost starých důlních děl	A	Kritérium je hodnoceno v rámci vylučujících kritérií. Kritérium je sloučeno s kritériem zásob nerostných surovin do kritéria K8, protože mohou vzájemně korelovat.
Přítomnost zásob nerostných surovin	A	Kritérium bude použito pro porovnání lokalit jako kritérium K8 jako významný intruzní faktor.
přítomnost zdrojů Podzemní vody či geotermální energie	A	Kritérium bude použito pro porovnání lokalit v rámci kritéria K10. Přítomnost zdrojů geotermální energie je hodnoceno jako vylučující kritérium.
Faktory svědčící o intruzi člověka do horninového prostředí v minulosti	N	Kritérium nebude použito pro porovnání lokalit, protože přímo souvisí s kritériem „přítomnost starých důlních děl a přítomnost zásob nerostných surovin“, je tak vyhodnoceno v rámci kritéria K8.
Slučitelnost horninového prostředí s navrženým systémem inženýrských bariér		
Tepebné vlastnosti	N	Kritérium je zohledněno v teplotních výpočtech (Kobylka 2019), které jsou zahrnuty ve vyhodnocení kritéria K1. Vzhledem k absenci dat z hloubky úložiště (hodnocení kompatibility horninového prostředí) a nejistotám ve výběru vhodného tlumícího a těsnícího materiálu bude možné toto kritérium vyhodnotit po získání dat z hloubky úložiště. Zároveň je toto kritérium možné ovlivnit technickým řešením (složení konkrétních materiálů kontejneru, tlumících a výplňových materiálů).
Hydraulické vlastnosti	N	Hydraulické vlastnosti izolační části úložiště potřebné pro hodnocení tohoto kritéria nejsou v současné etapě hodnocení lokalit dostupné. Jde o vlastnosti v těsné blízkosti vlastních úložných prostor (izolační část úložiště).
Mechanické vlastnosti	N	Mechanické vlastnosti izolační části úložiště v jeho hloubce potřebné pro hodnocení tohoto kritéria nejsou v současné etapě hodnocení lokalit dostupné. Dostupná mechanická data (např. Petružálek 2017) reprezentují pouze povrchové výchozy lokalit a jsou hodnocena v rámci kritéria K1.
Fyzikálně chemické a geochemické vlastnosti podzemní vody	N	Pro vyhodnocení kritéria není známo složení podzemní vody v hloubce úložiště na konkrétních, jsou známy pouze složení vod z PVP Bukov (Červinka a Gondolli 2016) a povrchu lokalit lokalitách (Mixa et al. 2019, Franěk et al. 2018).
Mikrobiologické vlastnosti	N	Pro vyhodnocení kritéria není známo složení podzemní vody ani data o mikrobiálním osídlení v hloubce úložiště na konkrétních lokalitách, a to z důvodu aplikace metod popisujících jen přípovrchovou stavbu lokalit.

Název kritéria dle MP.22	Použití	Zdůvodnění
Plynopropustnost	N	Pro vyhodnocení kritéria nejsou známe parametry puklinové sítě v hloubce úložiště na potenciálních lokalitách. K dispozici jsou data pouze z povrchových výchozů (Kabele et al. 2018)
Přírodní jevy		
Seismicita	N	Toto kritérium je hodnoceno v rámci sloučeného kritéria K7.
Porušení území aktivním zlomem	N	Toto kritérium je zahrnuto v rámci sloučeného kritéria K7. Pro vyhodnocení tohoto kritéria nejsou k dispozici relevantní data o seismické aktivitě zlomové sítě na lokalitě, tedy stáří a relativní smysl pohybu (Franěk et al. 2018, Mixa et al. 2019).
Povodně	N	Kritérium závisí na umístění povrchového areálu, který je všude lokalizován mimo tato území, proto není mezi lokalitami rozdíl (Bureš et al. 2018 a-d, Špinka et al. 2018 a-c Hanžl et al. 2018, Navrátilová et al. 2018). Toto kritérium lze navíc ovlivnit v rámci zvoleného projektového řešení.
Oběh podzemní vody	N	Kritérium je hodnoceno v rámci kritéria K 5.
Biologické jevy	N	Kritérium v současné fázi nebude aplikováno. Toto kritérium lze ovlivnit v rámci zvoleného projektového řešení. Zároveň je hodnocení zahrnuto v aplikaci klíčového kritéria K11.
Přírodní požáry	N	Kritérium v současné fázi nebude aplikováno. Toto kritérium lze ovlivnit v rámci zvoleného projektového řešení.
Jevy vyvolané člověkem		
Pád letadla a jiných objektů	N	Kritérium v současné fázi nebude aplikováno, možné řešení v rámci projektových opatření.
Výbuchy a požáry, které mají původ v činnosti člověka, a jejich zplodiny	N	Kritérium v současné fázi nebude aplikováno, možné řešení v rámci projektových opatření.
Přítomnost jiných jaderných zařízení a další průmyslových či jiných zařízení	N	Kritérium v současné fázi nebude aplikováno, možné řešení v rámci projektových opatření.
Šíření radioaktivní látky		
Klimatické a meteorologické podmínky	N	Kritérium nebude v současné době aplikováno vzhledem k nejistotám v umístění povrchového areálu.
Oběh povrchových a podzemních vod	N	Kritérium hodnoceno v rámci kritéria K5 a K6.
Současné využití území	N	Zahrnuto v hodnocení kritéria K13.

Název kritéria dle MP.22	Použití	Zdůvodnění
Rozložení a hustota osídlení a jeho vývoj z hlediska šíření radioaktivních látek	A	Kritérium bude aplikováno pro porovnání lokalit jako kritérium K9.
Faktory ovlivňující zvládání mimořádných situací		
Blízkost státní hranice	N	Kritérium v současné fázi nebude aplikováno, možné řešení v rámci projektových opatření.
Zajištění dojezdu záchranných jednotek	N	Kritérium v současné fázi nebude aplikováno, možné řešení v rámci projektových opatření. Navíc je uvažováno zřízení záchranných jednotek v každém povrchovém areálu (Bureš et al. 2018 a-d, Špinka et al. 2018 a-c Hanžl et al. 2018, Navrátilová et al. 2018).
Zajištění informovanosti a evakuace	N	Kritérium v současné fázi nebude aplikováno, možné řešení v rámci projektových opatření.
Zajištění opatření proti sabotáži	N	Kritérium v současné fázi nebude aplikováno, jedná se o technické řešení, které je pro všechny lokality stejné.
Environmentální kritéria		
Výskyt biosférické rezervace UNESCO	A	Kritérium je hodnocené v rámci kritéria K11.
Výskyt národních parků	A	Kritérium je hodnocené v rámci kritéria K11.
Výskyt CHKO	A	Kritérium je hodnocené v rámci kritéria K11.
Výskyt NPR a NPP	A	Kritérium je hodnocené v rámci kritéria K11.
Výskyt lokality soustavy Natura 2000 (EVL, PO)	A	Kritérium je hodnocené v rámci kritéria K11.
Výskyt PR a PP	A	Kritérium je hodnocené v rámci kritéria K11.
Výskyt přírodních parků	A	Kritérium je hodnocené v rámci kritéria K11.
Vliv na povrchové a podzemní vody	A	Kritérium je zahrnuté do hodnocení v rámci kritéria K10.
Podzemní prostory nemohou hydrogeologicky komunikovat s přípovrchovým zvodněním	N	Kritérium je zahrnuté do hodnocení v rámci kritéria K5.
Vliv na klima a ovzduší	N	V této fázi, při současné úrovni projektového řešení (referenční), nebude kritérium aplikované. Vlivy na klima budou u všech lokalit málo významné, emisní charakteristiky budou na všech lokalitách obdobné.

Název kritéria dle MP.22	Použití	Zdůvodnění
Vliv na akustickou situaci	N	V této fázi, při současné úrovni projektového řešení (referenční), nebude kritérium aplikované. Zdroje hluku budou na všech lokalitách obdobné. Vlivy na obytnou a rekreační zástavbu jsou hodnoceny v kritériu K13.
Vlivy na horninové prostředí a přírodní zdroje	A	Vlivy na horninové prostředí jsou posuzovány formou množstvím rubaniny a jsou hodnoceny v rámci kritéria K2. Vlivy na přírodní zdroje jsou hodnoceny v rámci kritéria K8.
Vlivy na veřejné zdraví a ŽP	A	Kritérium je hodnocené v rámci kritérií K12 a K13 (veřejné zdraví – neradiační vlivy) a K10 až K12 (ostatní složky ŽP).
Vlivy na geologické a paleontologické památky	A	Kritérium je hodnocené v rámci kritéria K11.
Vlivy na faunu, flóru a ekosystémy	A	Kritérium je hodnocené v rámci kritéria K11.
Vlivy na půdu	A	Kritérium je hodnocené v rámci kritéria K12.
Vlivy na krajinu	A	Kritérium je hodnocené v rámci kritéria K11.
Vlivy na mezinárodně ceněné biotopy a stanoviště (např. mokřady, lesy, ornou půdu apod.)	A	Kritérium je hodnocené v rámci kritéria K11.
Vlivy na hmotný majetek a kulturní památky	A	Kritérium je hodnocené v rámci kritéria K13.
Vlivy na dopravní nebo jinou infrastrukturu	N	Kritérium závisí na trasování dopravní a jiné infrastruktury, proto nebude v současné fázi hodnoceno. Toto kritérium lze ovlivnit v rámci zvoleného projektového řešení.
Vliv na využití dotčené plochy	A	Kritérium je hodnocené v rámci kritérií K12 a K13.

4.4 Specifikace klíčových kritérií do úrovně indikátorů

Klíčová kritéria, definovaná v předchozí kapitole, byla dále specifikována zpracovatelským týmem do úrovně hodnotících indikátorů. Tyto indikátory dále rozvíjejí každé jednotlivé kritérium a jsou použity pro jeho vyhodnocení.

4.4.1 Kritérium K1: Velikost využitelného horninového masivu

Popis kritéria: technické řešení hlubinného úložiště musí především respektovat strukturní a tektonické poměry hostitelského horninového masivu tak, aby byly splněny požadavky na dlouhodobou bezpečnost. Potenciálně využitelné bloky horniny musí být v takové hloubce a v dostatečné vzdálenosti od zvodnělých poruchových zón, aby bylo zamezeno přístupu člověka k odpadům, ovlivnění úložiště procesy probíhajícími na povrchu a zabráněno rychlé migraci radionuklidů ke zvodnělým poruchovým zónám. Za dostatečnou hloubku úložiště pro uložení vyhořelého jaderného paliva se považuje několik set metrů pod povrchem země. Důležitou vlastností horninového prostředí je i hustota menších poruchových zón a větších puklin neumožňujících umístění UOS v neporušené hornině v hloubce úložiště. Tuto vlastnost však nelze hodnotit ve fázi geologických prací prováděných z povrchu, v 1. fázi výběru lokalit (9 lokalit). Z hlediska proveditelnosti je třeba počítat s tím, že ukládací prostory se mohou křížit s řadou křehkých deformací (zlomů a puklin), poruchových pásem a dalších litologických a strukturních nehomogenit. Jednodušší poruchy mohou být sanovány již v průběhu vrtání pomocí injektážních směsí. Použité materiály musí být vybrány tak, aby nedošlo k vzájemnému negativnímu ovlivnění jednotlivých složek inženýrských bariér. Prostory s přítomností nehomogenit vyšší závažnosti je třeba vyloučit. Při určování velikosti masivu je nutné mít na zřeteli i dostatečnou vzdálenost od výraznějších zlomů/puklin, a to nejen z důvodu zajištění dlouhodobé bezpečnosti, ale i z důvodu mechanické stability vlastních podzemních prostor. V českém referenčním konceptu HÚ jsou inženýrské bariéry pro uložení vyhořelého paliva tvořeny systémem „obalový soubor-bentonit“. Patrně nejvíce omezující podmínkou celého systému je limitní teplota přibližně 100 °C, při které může dojít k degradaci a ztrátě bezpečnostních funkcí bentonitu. Zbytkový tepelný výkon vyhořelého jaderného paliva a tepelné vlastnosti inženýrských bariér a horninového prostředí jsou tedy jedním ze základních projektových parametrů důležitých pro posouzení horninového masivu z hlediska jeho využitelnosti pro HÚ. Dalším důležitým projektovým parametrem je způsob ukládání UOS. Je možné uvažovat o výstavbě úložiště na jednom či dvou ukládacích horizontech. Dále je možné uvažovat vertikální ukládání ve vrtech v ukládacích chodbách či horizontální ukládání v horizontálních vrtech.

Pro toto kritérium byly definovány následující indikátory:

K1a Využitelnost horninových bloků

Popis indikátoru: indikátor je stanoven jako procentuální podíl plochy potřebné pro vybudování ukládacích sekcí pro VJP a komor pro RAO z celkové plochy potenciálně využitelného území k ukládání. Velikost ukládacích ploch vychází z projektového návrhu (Zahradník et al. 2020), který zohledňuje vzdálenosti mezi jednotlivými UOS, získané na základě teplotních a stabilitních výpočtů (Kobylka et al. 2019), které zahrnují:

- tepelné vlastnosti horniny a počáteční teplotu v hloubce 500 m při ukládání tak, aby nebyla po celou dobu životnosti HÚ překročena limitní teplota 95 °C,
- mechanicko-fyzikální parametry horniny tak, aby bylo možné dílčí podzemní prostory bezpečně vyrazit a minimalizovat zónu porušení horniny.

Na základě těchto výpočtů a dat ze zprávy vyhodnocující mechanické a tepelné vlastnosti reprezentativních litologií na jednotlivých lokalitách Petružálek et al. (2017), v návaznosti na technické požadavky pro realizaci HÚ (technologie ražby, odvodnění, větrání apod.) je stanovena plocha podzemní části HÚ. Pro porovnání byla vybrána konzervativní varianta s největším objemem rubaniny (kombinace vertikálního ukládání a strojové ražby). Z minimálních osových

vzdáleností mezi UOS a jednotlivými zavážecími chodbami, v návaznosti na technické požadavky pro realizaci HÚ (technologie ražby, odvodnění, větrání apod.), vychází stanovení potřebné ukládací plochy podzemní části HÚ pro VJP. Komory pro RAO se do celkové ukládací plochy s ohledem na stanovení využitelnosti homogenních bloků započítává pouze v případě, není-li možné je umístit jinak než do horizontu ukládání VJP (-500 m pod povrchem terénu).

Kvantifikace: % využití plochy horninových bloků (perspektivního území pro projektové práce bez nevyužitelných ploch pro ukládání, tj. především zlomové struktury).

Hodnocené území: perspektivní území pro projektové práce.

Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: V tomto území budou definovány bloky horniny projektově vhodné (z projektového hlediska) pro ukládání (homogenní bloky) a tedy ty potenciálně využitelné.

K1b Fragmentace území

Popis indikátoru: indikátor vyjadřuje, jak je vymezený vhodný horninový masiv roztržštěn a představuje počet jednotlivých dílčích horninových bloků, kde lze efektivně HÚ vybudovat a RAO ukládat s ohledem na jejich velikost a tvar. Vzhledem k přetrvávající nejistotě o skutečných geologických a hydrogeologických podmínkách je výhodnější, když potenciálně využitelné horninové prostředí je tvořeno co nejmenším počtem co největších horninových bloků (ideálně jen jeden, zcela kompaktní).

Kvantifikace: počet fragmentů perspektivního území pro projektové práce využitelných pro ukládání VJP a RAO.

Hodnocené území: perspektivní území pro projektové práce.

Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: V tomto území jsou definovány bloky horniny projektově vhodné (z projektového hlediska) pro ukládání (homogenní bloky) a tedy ty potenciálně využitelné.

K1c Fragmentace podzemní části HÚ

Popis indikátoru: indikátor zohledňuje na kolik dílčích částí jsou členěny ukládací prostory pro VJP podzemní části HÚ. Zda se jedná o 1 kompaktní prostor nebo o více menších, navzájem propojených. Členění má souvislost s prostorovými požadavky dle konkrétního projektového návrhu a možnostmi lokality v závislosti na předpokládaných geologických a hydrogeologických podmínkách. Členění ukládacích prostor do dílčích ploch s sebou přináší potenciální komplikace s odvodněním, větráním, prodlužuje dopravní časy pro ukládání a zvyšuje zejména investiční náklady stavby.

Kvantifikace: počet dílčích částí ukládacích prostor pro VJP, projektovaných s ohledem na hustotu a orientaci zlomů 1. a 2. kategorie, resp. tvar využitelných prostor pro ukládání.

Hodnocené území: perspektivní území pro projektové práce.

Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: v tomto území bylo definováno konkrétní projektové řešení, ke kterému se indikátor vztahuje.

4.4.2 Kritérium K2: Dostupnost infrastruktury

Popis kritéria: k zajištění výstavby a provozu hlubinného úložiště jsou v procesu projektové přípravy kladeny požadavky na dostupnost stavby a její napojení na infrastrukturu, a to nejen dopravní, ale i technickou. Dle provedených studií umístitelnosti je napojení na potřebnou dopravní a technickou infrastrukturu možné na všech kandidátních lokalitách a rozdíly mezi lokalitami lze pak fakticky vyjádřit pouze finančními náklady spojenými s budováním napojení na stávající infrastrukturu. Protože prvořadým cílem této fáze hodnocení lokalit je užší výběr lokalit, na kterých lze vybudovat bezpečné a k životnímu prostředí ohleduplné HÚ, nevstupují indikátory ekonomické povahy do vyhodnocení. Pro toto kritérium byl proto definován pouze následující indikátor, který považujeme za významný i nad rámec ekonomických úvah:

K2a Možnost trvalého uložení rubaniny v blízkém okolí

Popis indikátoru: indikátor představuje předpokládaný nadbytek objemu rubaniny z výstavby podzemní části HÚ po odečtení předpokládaného objemu ukládacích míst v blízkém okolí (stávající lomy v dojezdové vzdálenosti do 25 km). Při výstavbě HÚ bude vyprodukováno velké množství vytěženého materiálu (rubaniny). Její velkou část bude sice možné použít jako kvalitní stavební materiál, ovšem případnou poptávku po tomto materiálu v době budování HÚ nelze nyní předpokládat. Proto je rubanina v této fázi příprav HÚ uvažována jako negativní externalita budování HÚ a možnost jejího uložení v blízkosti místa produkce jako výhoda dané lokality.

Kvantifikace: přebytek rubaniny, tedy objem (m^3) vyprodukované rubaniny (uvažováno včetně nakypření) snížený o objem potenciálních úložných míst v širším okolí lokality.

Hodnocené území: území do 25 km dojezdové vzdálenosti od umístění povrchového areálu.

Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: Vzdálenost 25 km byla stanovena jako maximální vzdálenost vzhledem k technickým aspektům dopravy (počet přeprav za den) atd.

4.4.3 Kritérium K3: Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků

Popis kritéria: geologické podmínky v úložišti musí umožnit připravit důvěryhodný komplexní, prostorový geologický model. Hloubkový dosah horninového masivu musí být dostatečný s ohledem na max. předpokládanou hloubku umístění úložiště (minimálně 400 m). Nepřijatelná míra nejistoty v identifikaci a popisu regionálních a lokálních poruchových zón a dalších geologických struktur může vylučovat umístění úložiště. V této fázi výběru lokality HÚ (zužování potenciálních lokalit z počtu 9 na 4), kdy byly prováděny převážně povrchové geologické práce, však tento faktor nemusí být vylučující, ale může sloužit pro porovnání lokalit.

Pro toto kritérium byly definovány následující indikátory:

Indikátor K3a Stupeň křehkého porušení masivu – zlomové struktury

Popis indikátoru: indikátor reflektuje počet a rozsah dosud indikovaných zlomových struktur, zároveň reflektuje stáří pohybů na těchto poruchách, pokud je známo. Zlomy jsou klasifikovány dle Andersson et al. (2000). Z hlediska vhodnosti lokality by měl být stupeň křehkého porušení co nejnižší, protože zlomové struktury představují významná mechanická oslabení horninového masivu a zároveň preferenční cesty podzemní vody, obzvlášť v krystalinickém prostředí. Jejich distribuce a charakter má významný vliv na posuzování vhodnosti lokality. Charakter zlomů je

dán klasifikací Anderson et al. (2000), kdy zlom 1. kategorie představuje nejvýznamnější strukturu, se kterou může souviset významné mechanické oslabení horninového masivu. Zároveň může představovat preferenční cesty podzemní vody, nebo fungovat jako bariéra. Dále s ním mohou souviset rozsáhlé alterace a rozpukání v okolí. Zlom 2. kategorie má pak rozsah nižší atd. Prostorová distribuce zlomů má též významný vliv na posuzování vhodnosti. Např. výhodnější je, pokud jsou zlomy v daném polygonu soustředěny do dvou tektonických zón a mezi nimi je relativně homogenní prostředí, než když jsou zlomy rozmístěny v rámci polygonu v pravidelné husté síti.

Kvantifikace: hodnocení indikátoru v porovnání s ostatními lokalitami: 1 – nejnižší stupeň křehkého porušení zlomovými strukturami znamená nepřítomnost struktur prvního a druhého řádu dle klasifikace SKB, 5 – vysoký stupeň křehkého porušení zlomovými strukturami několika systémů, přítomnost velkého množství zlomových struktur všech řádů dle klasifikace SKB.

Hodnocené území: modelové území – strukturní schémata území 3D strukturně-geologického modelu (Franěk et al. 2018, Mixa et al. 2019).

Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: získaná tektonická schémata (Mixa et al. 2019) představují dosud nejkomplexnější pohled na tektonickou stavbu lokalit a jako taková pokrývají s rezervou okolí lokality.

Indikátor K3b Stupeň křehkého porušení masivu – puklinové systémy

Popis indikátoru: Indikátor reflektuje počet zjištěných puklinových systémů a hustotu puklinové sítě. Puklinové systémy často tvoří v horninovém masivu hustou síť drobných diskontinuit, které jsou obvykle vzájemně propojeny. Blíže neurčená část z nich je hydraulicky vodivá a může sloužit jako potenciální cesta migrace vody a v ní obsažených plynů, či v případě hlubinného úložiště potenciálně unikajících radionuklidů. Z hlediska umístění HÚ je nejvhodnější prostředí s co nejmenším počtem puklinových systémů a nízkou hustotou puklin. Bude hodnocen parametr P_{21} (souhrnná délka stop puklin na jednotku plochy) pro reprezentativní litologii (litologie, ve které je předpokládáno umístění HÚ) pro umístění HÚ na konkrétní lokalitě. Parametr bude stanoven na základě dat z Kabele et al. (2018). Parametr P_{21} bude aplikován z důvodu výpočtu DFN modelu vytvořeném v programu DFraM (Kabele et al. 2018), který byl primárně vytvářen pro hydraulické simulace. Porovnání lokalit proto proběhne na základě terénních strukturních dat ze všech výchozů podrobně dokumentovaných pro výpočet DFN modelů. Parametr P_{21} v případě běžně semiplanárních výchozů nejlépe vystihuje míru porušení horninového masivu přímo z měřených strukturních dat. Zpracováván je tedy ucelený soubor dat sbíraný jednotnou metodikou napříč lokalitami. Ve zprávě Kabele et al. (2018) a související literatuře je zmiňován rovněž parametr P_{30} . Matematicky získaný parametr P_{30} , popisující množství puklin v jednotce objemu, obsahuje artefakty použitých výpočetních postupů (velké množství drobných puklin), které nemají vliv na využití při hydraulických simulacích, což je jejich primárním účelem, avšak ovlivňují celkové strukturní zhodnocení, a proto nebude pro porovnání lokalit využito.

Pro hodnocení je využit aritmetický průměr, vypočtený z hodnot parametrů P_{21} napříč všemi výchozy dokumentovaný v reprezentativní litologii dané lokality. Průměr je zvolen proto, že na jednotlivých lokalitách bylo často možno, vzhledem ke špatné výchozové situaci, podrobně vyhodnotit jen malý počet výchozů. V případě relativně nižšího počtu vstupních hodnot je problematické využití mediánu, který by byl vhodnějším pro větší datové sady (větší množství výchozů). Průměr vhodně postihuje i malé množství výchozů s významnou hodnotou parametru P_{21} , které by v případě využití mediánu byly zanedbány. Parametr P_{21} je hodnocen u 7 lokalit

(mimo Na Skalním (EDU-západ) a Janoch (ETE-jih)), který byl experty stanoven jako nejreprezentativnější, protože nejlépe vystihuje zastižení puklin při srovnání terénních pozorování a modelů (resp. má nejmenší statistickou chybu při porovnání s ostatními parametry, např. P_{30}). U lokalit Na Skalním (EDU-západ) a Janoch (ETE-jih) bylo přistoupeno k porovnání dostupných terénních měření puklin z terénních prací. U lokality Na Skalním (EDU-západ) se dostupná data velmi dobře shodují s lokalitou Horka, a jelikož obě náleží stejnému litologickému celku, tak výsledné hodnocení lokality je obdobné tomu u lokality Horka. V případě lokality Janoch (ETE-jih) lze vycházet z litologicky obdobných částí metamorfních komplexů moldanubika, zastižených na jednotlivých lokalitách, či na Kraví hoře a zde dokumentovaných křehkých struktur.

Kvantifikace: hodnocení indikátoru v případě, že jsou k dispozici potřebná data získaná strukturně-geologickou charakterizací pro DFN modely: 1 – nejmenší souhrnná délka stop puklin na jednotku plochy (m^2) reprezentativní litologie; 5 – největší souhrnná délka stop puklin na jednotku plochy (m^2) reprezentativní litologie. V hodnocení budou rovněž zohledněny nové poznatky dle zprávy Mixa et al. (2019). U lokalit, na kterých potřebná data nejsou k dispozici, se přistoupí k hodnocení porovnáním na základě zkušeností expertního týmu.

Hodnocené území: modelové území DFN modelu a 3D geologického modelu (Kabele et al. 2018, Franěk et al. 2018, Mixa et al. 2019).

Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: v případě dat z DFN modelů budou zpracována dostupná data z litologických partií reprezentující cílovou litologii pro umístění HÚ. Protože se ale jedná o plošně omezené výskyty, budou do hodnocení zahrnuta i data, která reprezentují puklinové systémy, získané i jinými metodami z jiných projektů (např. Mixa et al. 2019).

Indikátor K3c Stupeň duktilní deformace

Popis: indikátor reflektuje množství duktilních staveb a komplexitu prostředí lokality z hlediska duktilních deformačních událostí. Zahrnuje expertní odhad intenzity duktilní deformace a složitosti výsledných deformačních struktur, tedy foliací a lineací. Obecně platí, že čím složitější a intenzivnější jsou projevy duktilní deformace, tím je horninové prostředí komplikovanější z hlediska geotechnických parametrů, zároveň je v něm vyšší pravděpodobnost výskytu křehkých struktur. Do hodnocení vstupují z duktilních prvků pouze foliace – magmatické i metamorfní – které představují jediný duktilní prvek, který je při dané odkrytosti hodnocených území dokumentovatelný v dostatečném množství, aby ho bylo možno použít při hodnocení všech 9 lokalit (podmínku dostatečného množství nesplňují ani řídce pozorované lineace, vrásové a další duktilní struktury nebo duktilní střížné zóny).

Kvantifikace: 1 – nejnižší stupeň duktilní deformace, je zaznamenána jediná generace duktilní stavby; 5 – nejvyšší stupeň duktilní deformace, velké množství naložených duktilních staveb s komplikovanými vzájemnými vztahy.

Hodnocené území: perspektivní území pro projektové práce.

Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: duktilní deformace (magmatická stavba nebo metamorfní foliace) mohou ovlivňovat predikovatelnost vlastností horninového bloku pro úložiště. Dále mají přímý vliv na materiálové vlastnosti hornin (např. Bukovská a Verner 2018) a mají tak přímý vztah k hodnocení kvality území s přímým vztahem k hlubinnému úložišti.

4.4.4 Kritérium K4 Variabilita geologických vlastností

Popis kritéria: velká variabilita vlastností neumožňující připravit důvěryhodný 3D geologický, hydrogeologický, či geochemický model je jedním z vylučujících kritérií. V této fázi výběru lokality pro HÚ (zúžování potenciálních lokalit z počtu 9 na 4), kdy byly prováděny převážně povrchové geologické práce, však tento faktor není vylučujícím, ale může sloužit pro porovnání lokalit.

Posouzení variability horninového prostředí je dáno vyhl. 378/2016 § 18 bod 4b. Prostorová a petrologická variabilita byly zvoleny na základě podrobné znalosti dat z jednotlivých hodnocených lokalit (Franěk et al. 2018 a Mixa et al. 2019), jakožto jediné dva nezávislé parametry variability horninového prostředí, které lze z geologického hlediska s aktuálně dostupným množstvím a kvalitou dat na všech 9 lokalitách dostatečně věrohodně stanovit. Prostorová variabilita expertním posouzením udává množství, prostorovou distribuci a charakter horninových těles, petrologická variabilita souhrnně udává odlišné mineralogické a geochemické vlastnosti v rámci jednotlivých horninových typů (např. variabilitu složení jednotlivých variet granitu zastoupených na lokalitě a sloučených pod legendovou položku "granit"). Oba tyto nezávislé parametry mohou hrát významnou roli při hodnocení geologických vlastností a homogenity horninového prostředí.

Pro toto kritérium byly definovány následující indikátory:

Indikátor K4a Prostorová variabilita horninového prostředí

Popis indikátoru: indikátor reflektuje prostorové uspořádání horninových těles, geometrické vztahy a tvary jednotlivých těles. Jako trojrozměrné těleso horniny, které je budováno jediným horninovým typem (dle Mixy et al. 2019, Franěk et al. 2018), nebo ve kterém zcela dominantně jeden horninový typ. Prostorová variabilita vystihuje horizontální i vertikální distribuci, tj. charakter a četnost střídání jednotlivých horninových těles v oblasti lokality HÚ, obvykle v měřítku jednotek až stovek m. Například lokalita, kde se budou opakovaně a v malých mocnostech střídat dva kontrastní horninové typy, bude mít sice malou petrografickou variabilitu, ale vysoká prostorová variabilita může být komplikací z hlediska projektování HÚ. Indikátor zahrnuje také posouzení charakteru kontaktů jednotlivých horninových těles (např. rovný, nerovný, laločnatý, tektonický, petrografický přechod).

Kvantifikace: 1 – jednoduchá prostorová variabilita horninového prostředí v horizontálním i vertikálním směru s jednoduchými vzájemnými kontakty horninových těles, 5 – velmi složitá prostorová variabilita horninového prostředí se střídáním jednotlivých litologií a s komplikovanými kontakty.

Hodnocené území: perspektivní území pro projektové práce.

Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: distribuce horninových bloků vychází z požadavků na uniformitu vlastností úložiště, proto je hodnoceno perspektivní území pro projektové práce.

K4b Petrologická variabilita hornin

Popis indikátoru: indikátor ukazuje na stupeň homogenity horninového prostředí v rozsahu horninových typů, definovaných pro jednotlivé lokality (viz společná legenda 9 lokalit ve zprávě Mixa et al. 2019). Petrologická variabilita odráží rozdíly v obsahu hlavních, vedlejších a akcesorických horninotvorných minerálů, zrnitosti a texturních znacích. Tyto vlastnosti vycházejí z podrobného petrologického popisu, makroskopického i mikroskopického.

Petrologická variabilita může mít vliv na teplotní vodivost a produkci radiogenního tepla, popř. migraci fluid.

Kvantifikace: 1 – jednoduchá petrologická variabilita, tzn. obsahy hlavních a vedlejších minerálů, jejich zrnitost a texturní znaky se v rámci litologie neliší, 5 – vysoká petrologická variabilita, tzn. obsahy hlavních a vedlejších minerálů, jejich zrnitost a texturní znaky se v rámci litologie výrazně liší.

Hodnocené území: perspektivní území pro projektové práce.

Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: distribuce horninových bloků vychází z požadavků na uniformitu vlastností úložiště, proto je hodnoceno perspektivní území pro projektové práce.

4.4.5 Kritérium K5 Charakteristika proudění vody v okolí HÚ a transportní charakteristiky (rychlost proudění vody v úložišti a propustnost horninového masivu)

Popis kritéria: hodnocení hydrogeologických a transportních charakteristik lokality (jako je analýza směru, velikosti a rychlosti proudění a transportu mezi úložištěm a identifikovanými drenážními oblastmi, Obr. 6) je důležitým vstupem pro posouzení bezpečnosti hlubinného úložiště. Radionuklidy potenciálně mohou z úložiště migrovat pouze v kapalně, či plynné fázi, a to pouze za předpokladu porušení těsnícího účinku inženýrských bariér. Vznik plynů v prostoru úložiště je nežádoucí a je předcházen v rámci technického řešení ukládání VJP. Za nejdůležitější způsob šíření radionuklidů do okolního životního prostředí (biosféry) je považována jejich migrace s proudící podzemní vodou.

Horniny krystalinika, uvažované v českém konceptu HÚ, jsou velmi málo propustné (Uhlík et al. 2015). K proudění podzemní vody v hloubce HÚ dochází v systému puklin. Charakteristiky proudění podzemní vody v horninách krystalinika Českého masivu popisují Krásný et al. (2012). Umístění HÚ v lokalitě musí být optimalizováno vzhledem k výskytu preferenčních cest proudění podzemní vody vázaných zejména na zlomové zóny. Rychlost a velikost proudění podzemní vody jsou důležité faktory ovlivňující potenciální transport radionuklidů v prostoru úložiště (blízké pole interakcí) a v horninovém masivu (vzdálené pole interakcí). Při řešení problematiky hlubinného úložiště nelze vystačit s popisným (kvalitativním) přístupem. Proudění podzemní vody a transport musí být pro potřeby hodnocení bezpečnosti úložiště kvantifikovány.

Pro účely popisu a kvantifikace hydrogeologických a transportních poměrů posuzovaných potenciálních lokalit HÚ byl pro každou zpracován model proudění podzemní vody a model schematizovaného (advektivního) transportu z prostoru HÚ. Modelové práce proběhly ve třech fázích v kooperaci odborníků společnosti PROGEO, Technické univerzity v Liberci, ÚJV Řež a České geologické služby. Nejprve vznikly modely regionální (verze 1.1), dále detailní (verze 1.2) a finálně aktualizované detailní modely (verze 1.3). Finální aktualizace modelů reflektuje nová data z aktualizovaného strukturního schématu (Mixa et al. 2019). Zohledněno je rovněž aktualizované umístění HÚ podle doplňku ke studii umístitelnosti (Zahradník et al. 2019).

Rešeršní práce zahraničních modelových přístupů při řešení problematiky situování hlubinného úložiště zpracovali Uhlík et al. 2015. Popis metodiky zpracování a přehled vybraných výsledků regionálních modelů proudění podzemní vody (hydrogeologických modelů) obsahuje zpráva Uhlík et al. 2016. Obdobné informace pro detailní hydrogeologické modely obsahuje zpráva Uhlík

et al. 2018. Souhrnnou zprávu za transportní modely, vzniklé s využitím detailních hydrogeologických modelů, zpracovali Říha et al. 2018.

Detailní hydrogeologické a schematizované transportní modely lokalit (verze 1.3) dokumentují Baier et al. (2020 a,b) pro lokality Hrádek a Březový potok, Černý et al. (2020 a,b) pro lokality Čertovka a Magdaléna, Jankovec et al. (2020 a,b), pro lokality Janoch (ETE-jih) a Na Skalním (EDU-západ), Uhlík et al. (2018 a,b) pro lokality Horka a Kraví hora a Polák et al. (2018) pro lokalitu Čihadlo. Soubor vstupních a výstupních dat těchto modelů poskytl podklad, na jehož základě jsou vyhodnoceny jednotlivé indikátory kritéria K5 (i K6 v následující kapitole). Volba indikátorů kritéria K5 vychází z výčtu hydrogeologických a transportních vlastností geosféry, nezbytných k vyhodnocení dlouhodobé bezpečnosti hlubinného úložiště (Safety Case; Turva et al. 2012).

Proto byly v rámci kritéria K5 definovány následující indikátory:

Indikátor K5a Doba dotoku z HÚ do oblasti drenáže

Popis indikátoru:

Na základě hydrogeologických a transportních modelů potenciálních lokalit HÚ a jejich aktualizace bude stanoven dolní (25 %) kvartil advektivního postupu podzemní vody mezi prostorem HÚ a místy drenáže dotoku.

Kvantifikace: hodnota (v letech). Delší postupové doby jsou předpokladem lepší funkce horninového prostředí jako přirozené bariéry. Méně vhodné jsou naopak lokality s kratšími postupovými dobami (rychlostmi proudění z HÚ do lokalit drenáže).

Hodnocené území: hydrogeologický model.

Indikátor K5b Rychlost proudění v úrovni úložiště

Popis indikátoru: na základě hydrogeologických modelů potenciálních lokalit HÚ a jejich aktualizace bude stanovena maximální rychlost proudění podzemní vody v horninovém masivu v ploše a úrovni HÚ.

Kvantifikace: hodnota maximální rychlosti proudění podzemní vody (m.rok^{-1}). Nižší rychlosti jsou předpokladem lepší funkce horninového prostředí jako přirozené bariéry. Méně vhodné jsou lokality s rychlejším prouděním prostorem HÚ.

Hodnocené území: hydrogeologický model.

Indikátor K5c Propustnost v prostoru HÚ

Popis indikátoru: na základě hydrogeologických modelů potenciálních lokalit HÚ a jejich aktualizace bude stanovena maximální propustnost horninového masivu v úrovni a v ploše projektovaného HÚ.

Kvantifikace: hodnota maximální propustnosti (m.s^{-1}) horninového masivu bez přítomnosti poruchové zóny. Méně vhodné jsou lokality s vyššími hodnotami propustnosti horninového masivu. Nižší propustnost je předpokladem lepší funkce horninového prostředí jako přirozené bariéry.

Hodnocené území: hydrogeologický model.

Indikátor K5d Sestupná vertikální složka proudění

Popis indikátoru: na základě hydrogeologických modelů potenciálních lokalit HÚ a jejich aktualizace bude stanoven podíl plochy HÚ s uplatněním sestupné vertikální složky proudění.

Kvantifikace: procenta (z plochy HÚ). Větší plošné zastoupení sestupné složky proudění prodlužuje transportní cesty. Méně příznivé jsou proto lokality s menším zastoupením vertikální sestupné složky proudění podzemní vody.

Hodnocené území: hydrogeologický model.

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

Popis indikátoru: na základě hydrogeologických modelů potenciálních lokalit HÚ a jejich aktualizace bude stanovena maximální propustnost horninového prostředí vázaná na výskyt poruchové zóny v úrovni HÚ do vzdálenosti 500 m od okraje úložných prostor.

Kvantifikace: hodnota maximální hydraulické vodivosti (m.s^{-1}). Méně příznivá je vyšší hodnota propustnosti poruchových zón v okolí HÚ.

Hodnocené území: hydrogeologický model.

Indikátor K5f Specifický průtok v prostoru HÚ

Popis indikátoru: na základě hydrogeologických modelů potenciálních lokalit HÚ a jejich aktualizace bude stanovena velikost proudění podzemní vody prostorem HÚ normovaná jeho plochou (specifický průtok).

Kvantifikace: Specifické množství ($\text{l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$) průtoku podzemní vody prostorem HÚ. Množství podzemní vody protékající prostorem projektovaného HÚ je zásadní parametr pro proces uvolnění radionuklidů do geosféry. V případě, že přes úložný vrt protéká malé množství vody, malé množství radionuklidů se může uvolnit do geosféry a migrovat dál do životního prostředí. Méně vhodné jsou vyšší hodnoty specifického průtoku.

Hodnocené území: hydrogeologický model.

Indikátor K5g Poměr ředění

Popis indikátoru: na základě hydrogeologických a schematizovaných transportních modelů (pouze advektivní transport, bez rozpadu, bez sorpce, bez reakcí, bez disperze – pro konzervativní stopovač) potenciálních lokalit HÚ a jejich aktualizace bude stanoven podíl maximální modelové koncentrace modelové látky v přípoверхové zóně a v prostoru HÚ.

Kvantifikace: procenty vyjádřená hodnota. Méně vhodné jsou vyšší hodnoty, reprezentující menší naředění kontaminace při advektivním transportu z HÚ. Naopak nižší hodnoty signalizují větší mísení podzemních vod z prostoru HÚ směrem do drenážní oblasti.

Hodnocené území: hydrogeologický model.

4.4.6 Kritérium K6 Identifikace a umístění drenážních bází

Popis kritéria: místa, v nichž může docházet k drenáži podzemní vody z prostor hlubinného úložiště (drenážní báze), ovlivňují bezpečnost lokality. Proudění podzemní vody je významný faktor ovlivňující mobilitu radionuklidů v horninovém prostředí. Hlubinné úložiště je vhodné

situovat tak, aby transportní cesty radionuklidů, směřující do drenážních bází, byly co nejdelší a transport radionuklidů byl co nejpomalejší.

Nepříznivou charakteristikou lokality pro umístění úložiště může být výskyt pouze jediné dominantní drenážní báze, kam by po vyčerpání životnosti inženýrských bariér směřovaly radionuklidy z celého prostoru úložiště. Primárním recipientem podzemní vody, potenciálně kontaminované radionuklidy v prostoru HÚ, budou sedimenty údolních niv a následně říční síť. Počet úseků (a délka) říční sítě, do nichž jsou podzemní vody z prostor HÚ odvodněny, poskytuje informaci o míře rozptýlení potenciální kontaminace radionuklidů.

Pro toto kritérium byly v souvislosti s požadavkem MP.22 na charakterizaci drenážních oblastí HÚ definovány čtyři indikátory, popisující komplexně rozptyl transportních cest z prostoru HÚ do míst drenáže. Modelové výpočty transportu z prostor HÚ jsou zjednodušeně zadány pro konzervativní stopovač. Získané výsledky částečně aproximují transport nejvíce mobilních radionuklidů (např. ^{129}I , ^{36}Cl). Transportní proces ostatních radionuklidů (reagujících, sorbujících) by byl zpomalený, každopádně příznivější oproti modelovým výsledkům.

Pro toto kritérium byly definovány následující indikátory:

K6a Počet drenážních toků

Popis indikátoru: počet toků, do nichž je odvodněna celá úložná plocha HÚ.

Kvantifikace: číslo reprezentující počet toků, do nichž jsou kontaminanty z prostoru HÚ s podzemní vodou drénovány. Méně vhodná je drenáž do jediného toku.

Hodnocené území: hydrogeologický model.

K6b Zastoupení drenáže z plochy HÚ v jediném toku

Popis indikátoru: tok, do kterého je odvodněna největší část úložné plochy HÚ.

Kvantifikace: procentuální podíl (%). Výběr toku s maximálním podílem drenáže z úložné plochy HÚ. Méně vhodné je vysoké procento drénované plochy HÚ. Naopak nižší hodnoty signalizují žádoucí zředění radionuklidů na větší ploše říční sítě.

Hodnocené území: hydrogeologický model.

K6c Zastoupení drenáže z plochy HÚ v jediném povodí

Popis indikátoru: povodí, do kterého je odvodňována největší část úložné plochy HÚ.

Kvantifikace: procentuální podíl (%). Výběr povodí s maximálním podílem drenáže z úložné plochy HÚ a odtokem mimo území hydrogeologického modelu. Méně vhodné je vysoké procento drénované plochy HÚ. Naopak nižší hodnoty signalizují vhodné zředění radionuklidů i v dalších povodích.

Hodnocené území: hydrogeologický model.

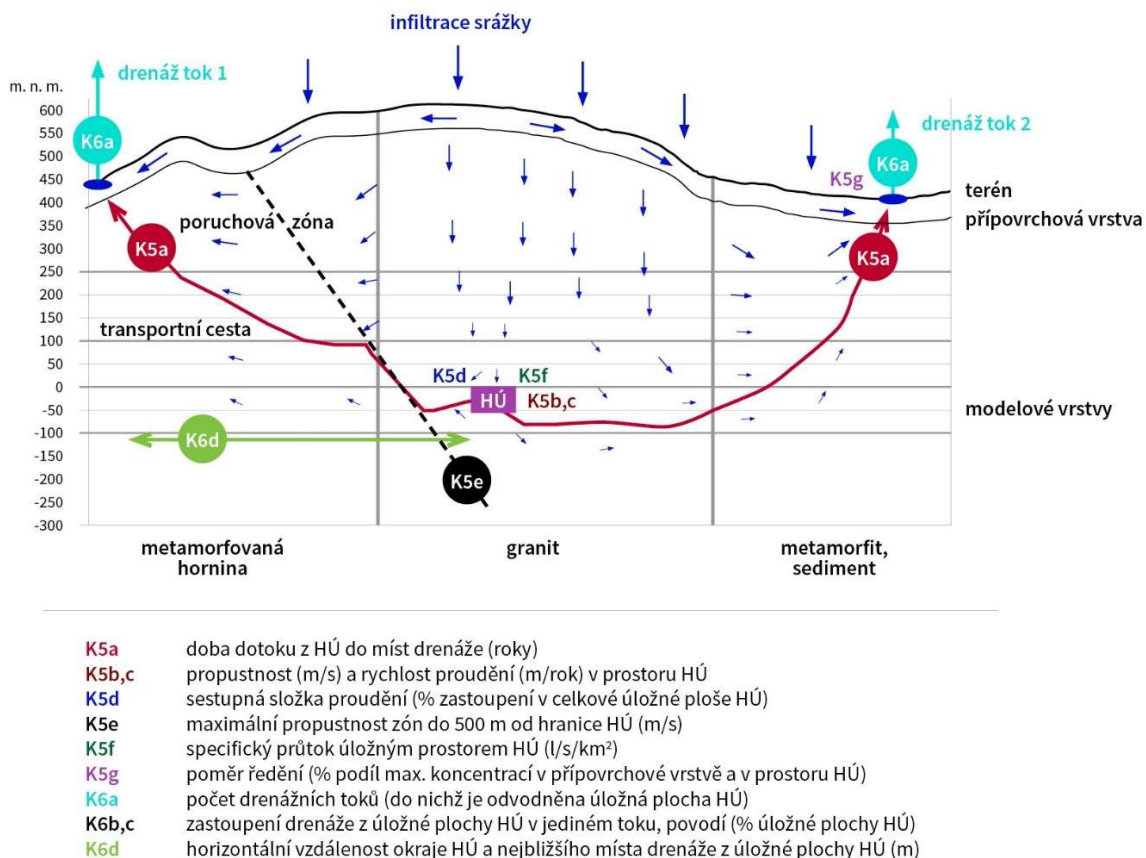
K6d Horizontální vzdálenost HÚ od místa drenáže (m)

Popis indikátoru: horizontální odlehlost okraje úložné plochy HÚ a nejbližšího místa drenáže podzemní vody z prostoru HÚ.

Kvantifikace: vzdálenost (m). Méně vhodné se jeví lokality, kde k drenáži podzemní vody z prostoru HÚ může dojít přímo v nadloží HÚ (nulová odlehlost drenážního místa od okraje HÚ).

Hodnocené území: hydrogeologický model.

Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: hodnocení výše uvedených charakteristik vychází z rozsahu modelového území, které bylo definováno s ohledem na modelové požadavky (nulový přetok přes model) a dle regionálních rozvodnic. Popisované území (až 400 km²) pak dokáže s dostatečnou přesností zhodnotit výše uvedené parametry.



Obr. 6 Zobrazení hydrogeologických indikátorů

4.4.7 Kritérium K7 Seismická a geodynamická stabilita

Popis kritéria: 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 2011 b) 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.

Pro toto kritérium byly definovány následující indikátory:

K7a Hodnota maximálního horizontálního zrychlení

Popis indikátoru: hodnota byla stanovena metodou PSHA (Málek et al. 2018) pro 50% pravděpodobnost a dobou opakování 10^5 let. Spodní hranice roční četnosti byla uvažována 10^{-6} a byly určeny křivky seismického ohrožení pro kvantily 16 %, 50 %, 84 % a průměr. Deagregace seismického ohrožení byla součástí výpočtu. Seismické ohrožení lokality je dáno zvláště vzdáleností od prvních dvou významných zón a četností slabých blízkých zemětřesení.

Kvantifikace: Uvažována je hodnota horizontálního zrychlení v m.s^{-2} pro 50% pravděpodobnost a dobou opakování 10^5 let.

Hodnocené území: seismický model dle Málek et al. (2018).

Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: hodnocené území vychází z metodiky vypracovávání PSHA analýzy a je prováděno až do vzdálenosti 300 km od pozemku jaderného zařízení, v tomto smyslu byly také definovány hodnotící polygony ve zprávě Málek et al. (2018).

K7b Výškový gradient

Popis indikátoru: výškový gradient mezi úrovní zarovnaného povrchu území a úrovní příslušné lokální erozní báze je přímo úměrný dynamice reliéfu a předurčuje potenciál k zahloubení drenážního systému v budoucnu a s tím spojené projevy exodynamických jevů včetně dlouhodobých změn reliéfu.

Kvantifikace: uvažována je maximální hodnota výškového rozdílu (m).

Hodnocené území: modelové území – Franěk et al. (2018).

Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: indikátor se vztahuje k možnosti potenciálního výzvihu oblasti a zároveň ovlivňuje tlakové poměry (gradient) proudění v hloubce úložiště. Z tohoto důvodu je do hodnocení zahrnuto území regionálního geologického modelu dle Franěk et al. (2018).

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

Popis indikátoru: výrazné projevy zpětné eroze indikují nevyrované spádové poměry říčních toků. Tyto nevyrované spádové poměry jsou způsobeny pohybem erozní báze, resp. vertikálními pohyby zemské kůry a mají za následek větší míru zahlubování drenážního systému. Indikátor má vliv na budoucí odvození scénářů vývoje lokality.

Kvantifikace: v procentech.

Hodnocené území: modelové území – Franěk et al. (2018).

Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: indikátor se vztahuje k možnosti eroze oblasti bezprostředního okolí úložiště. Z tohoto důvodu je do hodnocení zahrnuto území regionálního geologického modelu dle Franěk et al. (2018).

K7d Výskyt vulkanických hornin paleogenního až holocenního stáří a kyselek

Popis indikátoru: přítomnost terciérních a kvarterních vulkanických hornin a souvisejících postvulkanických jevů jsou vázány na oblasti s nedávnou geodynamickou aktivitou včetně tektonických pohybů a jsou indikátorem dlouhodobé stability území. Výskyt kyselek v okolí lokality může mít negativní vliv na inženýrské bariéry úložiště.

Kvantifikace: pro výskyt jevu je uvažován výskyt vulkanických hornin paleogenního až holocenního stáří a výskyt kyselek. Pokud se jev nevyskytuje = 1, jev se vyskytuje = 5.

Hodnocené území: výskyt vulkanických hornin ve vzdálenosti do 5 km od potenciálního území pro projektové práce a výskyt kyselek ve vzdálenosti do 25 km od potenciálního území pro projektové práce.

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

Popis kritéria: narušení úložiště budoucími aktivitami člověka může na základě mezinárodních doporučení (projekt HIDRA, EURATOM PAMINA aj.) mít v podstatě tyto důvody:

1. narušení úložiště s cílem získat uložené VJP jako sekundární surovinu či k jiným účelům;
2. narušení úložiště s cílem využít dostupné zdroje v území po ztrátě informace o existenci úložiště.

U důvodu uvedeného v bodu 1) není možné narušení úložiště v budoucnosti zabránit ani snížit její pravděpodobnost. Ten, kdo bude do úložiště pronikat, však bude vědět, co obsahuje, bude tyto materiály potřebovat (ať už k jakýmkoliv účelům) a bude disponovat potřebnými technickými prostředky a ekonomickými zdroji. V obou případech jde o úmyslné narušení, která se podle doporučení mezinárodní komise pro radiační ochranu (ICRP) nevyhodnocuje z hlediska dopadu na člověka. Důležité je však zabránit neúmyslnému narušení úložiště člověkem po ztrátě informací o existenci úložiště.

Pro toto kritérium byly definovány následující indikátory:

K8a Ložiskové poměry na lokalitě (dobývací prostory, CHLÚ, prognózy nerostných surovin)

Popis indikátoru: vyhrazená ložisková území, zásoby nerostných surovin a jejich prognózy představují strategické faktory pro stát a jeho rozvoj, a jako takový může být přítomnost významných zásob nerostných surovin vylučujícím kritériem při hodnocení a porovnávání vhodnosti jednotlivých lokalit.

Kvantifikace: Ne / nevýznamné / významné / Ano.

Hodnocené území: perspektivní území pro geologické charakterizační práce.

Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: přítomnost zásob nerostných surovin a potenciální intruze do lokality kvůli jejímu ložiskovému potenciálu je závislá na přímých ložiskových indikacích. Protože úložiště je situované v hloubce několik set metrů pod povrchem v nalezených horninových blocích, tvoří výše definované území dostatečnou rezervu pro vyhodnocení ložiskového potenciálu lokality.

4.4.9 Kritérium K9 Jevy ovlivňující šíření radioaktivní látky

Popis kritéria: v případě hlubinného úložiště, jde především o posouzení dopadu možné mimořádné události v horké komoře, kde se bude vyjímat VJP ze skladovacích a přepravních obalových souborů a vkládat do ukládacích obalových souborů. V případě šíření radionuklidů

atmosférou a v případě souhry negativních procesů, jako je nefunkčnost filtrů horké komory při otevření skladovacího nebo přepravního obalového souboru s poškozenými palivovými články, se mohou ventilací uvolnit radioaktivní látky do životního prostředí. K šíření radioaktivní látky by mohlo dojít i při mimořádné události během přepravy VJP ze skladů do HÚ. Větší vzdálenost a větší počet přeprav zvyšuje pravděpodobnost takové mimořádné události.

Pro toto kritérium byly definovány následující indikátory:

K9a Rozložení a hustota osídlení a jeho vývoj z hlediska šíření radioaktivní látky

Popis indikátoru: posouzení hustoty osídlení je provedeno podle § 17 vyhlášky č. 378/2016 Sb., o umístění jaderného zařízení. Nemá vylučující charakter, ale může sloužit k porovnání lokalit prostřednictvím výpočtu kolektivní dávky. Kolektivní dávka, která se využívá při srovnávání úniků radionuklidů z jaderných zařízení, je přímo úměrná hustotě obyvatel kolem jaderného zařízení, kdy kolektivní efektivní dávka je stanovena jako součet všech efektivních dávek osob žijících v blízkosti jaderného zařízení. Efektivní dávka je pak násobena počtem osob v dané věkové skupině (dítě 3 měsíce, 1, 5, 10, 15 let a dospělý), protože vliv záření je různý pro různé věkové kategorie. Tedy čím větší je počet obyvatelstva, tím větší je kolektivní dávka. Pro výpočet kolektivní efektivní dávky je třeba znát směr a sílu větru, aby se určil směr případného šíření radioaktivní látky. Protože v této etapě hodnocení nejsou k dispozici přesná meteorologická data přímo z lokalit, musela být pro výpočet kolektivní efektivní dávky použita data z nejbližší meteorologické stanice ČHMÚ. Tato data se mohou lišit od skutečných hodnot odpovídající lokalitám, a proto výpočet kolektivní efektivní dávky je zatížen velkou nejistotou. Z tohoto důvodu není možné vypočtenou kolektivní dávku použít pro porovnání lokalit a je použit indikátor rozložení a hustota osídlení.

Kvantifikace: počet obyvatel.

Hodnocené území: do 10 km od místa vypouštění vzduchu z horké komory (povrchový areál) do atmosféry.

Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: vzdálenost 10 km od výpusti z horké komory byla stanovena na základě výsledků z programu HARP, který počítá kolektivní efektivní dávku. Vliv možných uvolněných radionuklidů na obyvatelstvo v podmínkách, kdy komín bude mít maximální výšku 15 m nad terénem a v horké komoře se bude pracovat s vyhořelým jaderným palivem, které bylo minimálně před 65 lety vyjmuta z reaktoru, je největší v blízkém okolí výpustě. Ve větších vzdálenostech je efektivní dávka řádově nižší (Martinčík et al. 2018 a-i).

K9b Vzdálenost od jaderných elektráren

Popis indikátoru: pravděpodobnost mimořádné události při přepravě obalových souborů s VJP je úměrná vzdálenosti lokalit od areálu jaderné elektrárny se sklady VJP a četnosti přeprav. Pro výpočet celkově ujetých kilometrů do lokality je násobena aktuální vzdálenost po železniční infrastruktuře počtem vlaků, které budou vypraveny ze skladů. Předpokladem je náklad tří obalových souborů při jedné přepravě.

Kvantifikace: počet přeprav obalových souborů.

Hodnocené území: indikátor nemá vazbu na území, ale na vzdálenost k jaderným elektrárnám.

Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: vzdálenost lokality od jaderné elektrárny je stanovena jako vzdálenost povrchového areálu HÚ od skladu vyhořelého jaderného paliva v areálu Jaderné elektrárny Dukovany a Temelín.

4.4.10 Kritérium K10 Vliv na povrchové vody a vodní zdroje

Popis kritéria: posouzení možnosti dopadu vlivů hlubinného úložiště (v celém životním cyklu – výstavba, provoz, uzavření) na povrchové a podzemní vody, včetně zdrojů využívaných pro zásobování obyvatelstva.

Pro toto kritérium byly definovány následující indikátory:

K10a Vliv na odtokové poměry a kvalitu povrchových vod v bezprostřední blízkosti povrchového areálu

Popis indikátoru: indikátor reflektuje přítomnost vodních toků a vodních ploch v území dotčeném výstavbou povrchové části hlubinného úložiště (povrchový areál, důlní objekty mimo povrchový areál, související dopravní infrastruktura – účelová komunikace, železniční vlečka). Vliv na odtokové poměry může být významný především v případě povrchového areálu a je závislý zejména na rozsahu terénních úprav (plošná výměra + převýšení přirozeného terénu) v poměru k velikosti povodí recipientu a na jeho hydrologických charakteristikách. Přímý vliv se týká jen povodí recipientu a příp. jeho přítoků (drobné vodní toky dotčené umístěním PA). Může dojít k nepřímému ovlivnění navazujících toků v povodí vyššího řádu. Změna odtokových poměrů může mít též významný dopad na biotu fixovanou na dosavadní hydrologické poměry, včetně osušení, resp. zamokření pozemků. Vlivy staveb dopravní infrastruktury jsou v porovnání k vlivu povrchového areálu méně významné s ohledem na dostupnost standardních technických řešení (propustky, přemostění toků). Vlivy na kvalitu povrchových vod mohou být vyvolány únikem ropných látek nebo rozplavením deponií výkopové zeminy. Pro minimalizaci rizika jsou k dispozici standardní technická a organizační opatření.

Kvantifikace: vliv je přímo závislý na rozsahu terénních úprav (dotčená plocha a převýšení přirozeného terénu), příp. výskytu vodních toků a ploch v území povrchového areálu a jeho nejbližším okolí a nepřímo úměrný velikosti dotčeného povodí, relativní vodnosti recipientu (v relativním porovnání s ostatními lokalitami). Známkové ohodnocení vlivu: 1 – 5 představuje zároveň známkovou klasifikaci, kdy 1 je nejlepší.

Hodnocené území: plocha povrchového areálu a jeho nejbližší okolí (cca v rozsahu dotčené části povodí recipientu).

Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: rozsah hodnoceného území je odvozen z předpokládaného dosahu možných vlivů. Je tedy přímo závislý na aspektech uvedených výše (lokalizace povrchového areálu v rámci dotčeného povodí, terénní úpravy, vzdálenost od vodních toků).

K10b Ovlivnění vodních zdrojů v blízkosti HÚ

Popis indikátoru: indikátor reflektuje přítomnost registrovaných zdrojů vod pro zásobování pitnou vodou a jejich ochranných pásem I. a II. stupně v rámci perspektivních území pro budoucí geologické charakterizační práce, jejichž vydatnost nebo kvalita by (teoreticky) mohly být v průběhu životního cyklu HÚ ovlivněny. Předmětem hodnocení jsou vodní zdroje zásobující veřejné vodovody a jejich významnost z hlediska počtu zásobovaných obyvatel. Předmětem posouzení je počet registrovaných vodních zdrojů, jejich vydatnost a celková rozloha ochranných pásem I. a II. stupně v hodnoceném území a jejich prostorový vztah (vzdálenost, poloha) k povrchovému areálu, důlním objektům mimo povrchový areál a směrovému vedení

přístupových komunikací. V malých sídlech se obecně předpokládá existence domovních studní bez ohledu na míru jejich využití.

Kvantifikace: vzdálenost vodního zdroje od povrchového areálu, resp. perspektivního území pro projektové práce, velikost překryvu ochranných pásem I. a II. stupně s plochou povrchového areálu nebo plochou perspektivního území pro projektové práce (při zohlednění vzájemné polohy), počet a vydatnost registrovaných vodních zdrojů.

Známkové ohodnocení vlivu: 1 – 5.

Hodnocené území: perspektivní území pro geologické charakterizační práce.

Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: ovlivnění vodních zdrojů, resp. jejich vydatnosti v krystalinickém horninovém prostředí může nastat pouze v bezprostřední blízkosti hlubinného úložiště jako důsledek změny směru proudění podzemních vod vznikem depresního kužele nebo „otevřením“ nové drenážní cesty v horninovém masivu (např. tektonické poruchy). Jako bezpečnostní obálka bylo zvoleno perspektivní území pro geologické charakterizační práce s přesahem do širšího zájmového území vymezeného pro hodnocení indikátoru 10c v případech, kdy jsou hranice perspektivního území pro projektové práce a pro geologické charakterizační práce totožné.

K10c Ovlivnění významných vodních zdrojů v širším území

Popis indikátoru: indikátor reflektuje existenci významných vodních zdrojů v širším území lokality. Protože významný vodní zdroj není v žádné legislativě definován, je pro potřeby hodnocení lokalit za významný zdroj považován takový, který zásobuje minimálně 3 000 obyvatel. Tato hranice je odvozena z ust. § 3 odst. 1 zák. č. 128/2000 Sb., o obcích, ve znění pozdějších předpisů, podle kterého může být obec s tímto (nebo vyšším) počtem obyvatel prohlášena za město. Významnost vlivu je přímo závislá na počtu obyvatel zásobovaných z takto definovaného vodního zdroje.

Riziko případného ovlivnění je odvozeno z existence potenciálních oblastí drenáže podzemní vody z úrovně úložných prostor HÚ, do nichž může docházet k drenáži podzemní vody z prostor hlubinného úložiště. Tyto oblasti byly stanoveny výpočtem v aktualizované verzi matematických modelů proudění podzemních vod na lokalitách Havlová et al. (2020 a-i). Drenážní oblasti hlubší zóny krystalinika jsou obvykle vázány na drenážní báze oblasti (koryta vodních toků) a na křížení těchto toků a významných zlomových zón. Konečné prokázání neovlivnění těchto zdrojů, resp. případných opatření pro zajištění jejich ochrany bude možné provést až v rámci příslušné bezpečnostní zprávy dle písm. a), b) a e) bodu 1 Přílohy 1, atomového zákona.

Kvantifikace: počet významných zdrojů, zhodnocení možnosti jejich ovlivnění.

Známkové ohodnocení vlivu: 1 – 5.

Hodnocené území: perspektivní území pro projektové práce + 5 km obálka.

Zdůvodnění plošného rozsahu hodnocení: v případě hodnocení možnosti ovlivnění významných vodních zdrojů je zvolena bezpečnostní obálka 5 km od možné lokalizace hlubinného úložiště tak, aby bylo možné zahrnout všechny existující významné vodní zdroje i vzhledem k možnosti dotoku vody z hloubky úložiště k drenážním bázím dle zpracovaných hydraulických modelů lokalit.

4.4.11 Kritérium K11 Vlivy na ochranu přírody a krajiny

Kritérium zahrnuje posouzení dopadu výstavby a provozu hlubinného úložiště, včetně související dopravní infrastruktury na území přírody a krajiny, na které se při umisťování, realizaci a využívání staveb vztahují určitá omezení (ochranné podmínky) dle zákona o ochraně přírody a krajiny a jeho prováděcích vyhlášek.

Pro toto kritérium byly definovány následující indikátory:

K11a Vlivy na biodiverzitu (flóra, fauna, ekosystémy, MZCHÚ, mezinárodně chráněné biotopy, ÚSES, ostatní přírodní biotopy, VKP)

Popis indikátoru: indikátor reflektuje výskyt chráněných druhů flóry a fauny, jejich stanovišť, včetně mezinárodně chráněných biotopů, maloplošných zvláště chráněných území, ostatních přírodně hodnotných biotopů a VKP a jejich prostorové vazby (vzdálenost + reliéf terénu) ve vztahu k povrchovému areálu a dopravní infrastruktuře. Nejvýznamnější vlivy jsou spojeny s přímým zásahem do chráněné plochy umístěním staveniště povrchového areálu, přístupové komunikace nebo železniční vlečky (= přímý zábor stanovišť / biotopů). Vlivy na tyto charakteristiky a jevy, vyskytující se v okolí staveniště (cca do vzdálenosti prvních stovek metrů) jsou významné zejména ve fázi přípravy a výstavby hlubinného úložiště (rušení hlukem, úhyn migrujících jedinců, rozšíření nepůvodních druhů s následnou změnou podmínek biotopu, znečištění vody a půdy únikem ropných látek).

Kvantifikace: vliv bude přímo úměrný podílu plochy sledovaného jevu dotčeného plochou povrchového areálu (nebo jiného povrchového objektu mimo povrchový areál) na celkové výměře. V případě biokoridorů ÚSES bude vliv závislý na rozsahu a způsobu křížení s plochou povrchového areálu a nepřímo úměrný vzdálenosti povrchového areálu (nebo jiných povrchových objektů mimo povrchový areál) od sledovaných jevů při zohlednění vzájemných prostorových vazeb. Kromě vzdálenosti od staveniště může být velikost vlivu korigována existencí prostorových bariér (reliéf, les). V případě dopravní infrastruktury závisí míra vlivu na délce a způsobu křížení s plochami sledovaných jevů.

Známkové ohodnocení: 1 – 5.

Hodnocené území: povrchový areál, související dopravní infrastruktura (účelová komunikace, železniční vlečka), včetně přilehlého území v dosahu předpokládaných vlivů. Rozsah hodnoceného území může být ovlivněn morfologií terénu. Terénní elevace mohou plnit funkci clonících bariér.

K11b Vlivy na migrační koridory a migračně významná území

Popis indikátoru: indikátor reflektuje migrační koridory (MK) a migračně významná území (MVÚ) a jejich prostorové vazby ve vztahu k povrchovému areálu a dopravní infrastrukturu – vzdálenost, reliéf terénu, polohu povrchového areálu v MVÚ, délku a způsob křížení dopravní infrastruktury s MK nebo MVÚ. Migrační bariérou může být dopravní komunikace (zejména silniční) s vysokou intenzitou provozu, křížující MK, resp. MVÚ. Nepřímý vliv představuje rušení hlukem ze staveniště nebo provozem PA. Snížení migrační prostupnosti území (zejména pro velké savce) má negativní dopad na populace, vyskytující se v ohraničeném prostoru. Snížení migrační prostupnosti území (zejména pro velké savce) má negativní dopad na populace, vyskytující se v ohraničeném prostoru.

Kvantifikace: Vliv bude nepřímo úměrný vzdálenosti PA od MK při současném zohlednění vzájemných prostorových vazeb. V případě MVÚ se posuzuje pouze poloha PA v rámci MVÚ, resp. míra překryvu s plochou poloha PA v rámci MVÚ. U přístupových komunikací se posuzuje pouze délka a způsob křížení s MK nebo MVÚ.

Známkové ohodnocení: 1 – 5.

Hodnocené území: Povrchový areál, související dopravní infrastruktura (účelová komunikace, železniční vlečka), včetně přilehlého území v dosahu předpokládaných vlivů (hluk z dopravy, ze stavenišť, z provozu HÚ). Vzhledem k tomu, že významný vliv na funkčnost migračního koridoru, resp. migračně významného území, má kromě zdrojů hluku celá řada dalších faktorů a celkový rozsah působení nelze na základě dosavadní úrovně znalostí přesně odhadnout, je v rámci tohoto indikátoru současně hodnoceno území celé lokality (projektové území pro geologické charakterizační práce).

K11c Vlivy na ptáčí oblasti a evropsky významné lokality Natura 2000

Popis indikátoru: chráněná území soustavy Natura 2000 jsou určena k ochraně nejvzácnějších a nejvíce ohrožených druhů ptactva a ostatních živočichů, rostlin a nejvzácnějších přírodních stanovišť na území EU. Soustavu tvoří dva typy území – Ptačí oblast (PO) a Evropsky významná lokalita (EVL). Posuzuje se vzdálenost povrchového areálu od PO a EVL, resp. vzdálenost po proudu vodního toku při zohlednění předmětu ochrany. Územní celistvost PO a EVL NATURA 2000 není v žádné z lokalit narušena.

Kvantifikace: vliv bude nepřímo úměrný vzdušné vzdálenosti EVL nebo PO od povrchového areálu, resp. nepřímo úměrný vzdálenosti po proudu vodního toku (v případě předmětů ochrany vázaných na vodní prostředí).

Známkové ohodnocení: 1 – 5.

Hodnocené území: povrchový areál, související dopravní infrastruktura (účelová komunikace, železniční vlečka), včetně přilehlého území v dosahu předpokládaných vlivů. Charakter vlivů je podobný jako v případě indikátoru K11a.

K11d Vlivy na krajinu

Popis indikátoru: indikátor zahrnuje vlivy na specifické charakteristiky krajiny (měřítko, dominanty, pohledové vazby) a její přírodní, kulturně-historické a estetické hodnoty. Posuzuje se rozsah terénních prací a vizuální expozice ve spojení se současným využitím krajiny, existencí přírodních parků a zábořem PUPFL. Případná existence externí deponie rubaniny není do hodnocení zahrnuta, neboť je hodnocena v rámci indikátoru K2a.

Kvantifikace: vliv nastane vždy a bude závislý na výměře, charakteru a pohledové exponovanosti ploch dotčených umístěním povrchového areálu.

Známkové ohodnocení: 1 – 5.

Hodnocené území: Rozsah území dotčeného (zejména) povrchovým areálem je zásadním způsobem závislý na pohledové exponovanosti ploch, ve kterých je PA umístěn.

4.4.12 Kritérium K12 Vlivy na zemědělský půdní fond a pozemky určené k plnění funkcí lesa

Hodnocené kritérium zahrnuje odhadované nároky na odnětí zemědělské půdy (ZPF) a pozemků určených k plnění funkcí lesa (PUPFL) vyvolané výstavbou hlubinného úložiště.

Pro toto kritérium byly definovány následující indikátory:

K12a Vlivy na ZPF (Zemědělský půdní fond)

Popis indikátoru: indikátor vyjadřuje velikost záboru zemědělské půdy (zejména I. a II. třídy ochrany) vyvolaný výstavbou povrchového areálu a související dopravní infrastruktury.

Kvantifikace: vliv nastane vždy, pokud vznikne nárok na odnětí ZPF v důsledku umístění PA nebo staveb dopravní infrastruktury a bude přímo úměrný celkovému záboru ZPF, s ohledem na případný zábor nejkvalitnějšího ZPF (I. a II. třída ochrany). V případě liniových staveb dopravní infrastruktury je velikost záboru odvozena od délky úseků trasovaných po zemědělské půdě.

Známkové ohodnocení: 1 – 5.

Hodnocené území: povrchový areál, související dopravní infrastruktura.

K12b Vlivy na PUPFL (pozemky určené k plnění funkcí lesa)

Popis indikátoru: indikátor vyjadřuje velikost zásahů do lesních porostů a jejich OP (při zohlednění vyššího významu lesů ochranných a lesů zvláštního určení) vyvolaných výstavbou PA, a související dopravní infrastruktury. V případě liniových staveb dopravní infrastruktury je velikost záboru odvozena od délky úseků procházejících lesními porosty.

Kvantifikace: vliv bude přímo úměrný velikosti zásahu do lesních porostů. Zároveň bude zohledněna velikost zásahů do ploch LO a LZU.

Známkové ohodnocení: 1 – 5.

Hodnocené území: povrchový areál, související dopravní infrastruktura.

4.4.13 Kritérium K13 Vlivy na obyvatelstvo, hmotný majetek a ochranu památek

Popis kritéria: kritérium zahrnuje hodnocení narušení kvality obytného a rekreačního prostředí nebo změn ve využití stavebních objektů a zásahu do zájmů památkové ochrany.

Pro toto kritérium byly definovány následující indikátory:

K13a Narušení faktorů pohody

Popis indikátoru: k narušení "faktorů pohody" dochází zejména zvýšením hlukové a emisní zátěže obytného nebo rekreačního prostředí (nikoliv nutně nad rámec platných hygienických limitů). Indikátor reflektuje charakter obytné zástavby (souvislá / individuální), rekreačních objektů a zařízení a jejich vzdálenost od PA, a související dopravní infrastruktury v kontextu s existencí clonících bariér (reliéf krajiny, lesní porosty).

Kvantifikace: vliv je nepřímo úměrný vzdálenosti obytné zástavby nebo rekreačních objektů a zařízení od PA, a od související dopravní infrastruktury s ohledem na existenci clonících bariér (reliéf, lesní porost v mezilehlém území).

Známkové ohodnocení: 1 – 5.

Hodnocené území: povrchový areál, související dopravní infrastruktura (účelová komunikace, železniční vlečka), včetně přilehlého území v dosahu předpokládaných vlivů.

K13b Vlivy na obytné, rekreační nebo památkově chráněné objekty

Popis indikátoru: indikátor reflektuje výskyt a počet obytných, rekreačních a památkově chráněných objektů v bezprostřední blízkosti PAa související dopravní infrastruktury, u kterých nelze vyloučit výkup, nebo změny využití v důsledku nemožnosti zajištění kvality prostředí nebo dodržení platných hygienických limitů.

Kvantifikace: vliv bude přímo úměrný výskytu obytných, rekreačních, příp. jiných objektů nebo zařízení v ploše PA a v jeho bezprostředním okolí a v blízkosti přístupových komunikací.

Bodové ohodnocení: 1 – 5.

Hodnocené území: povrchový areál, důlní objekty mimo povrchový areál, související dopravní infrastruktura, včetně nejbližšího okolí.

4.4.14 Kritéria K11 – K13 – zdůvodnění orientace hodnocení na povrchový areál

V případě kritérií K10 – K13 jsou zdrojem vlivů na obyvatelstvo, složky životního prostředí a kulturně historické hodnoty zejména:

- povrchový areál (PA) a ostatní objekty umístěné na zemském povrchu mimo vlastní areál (větrací jámy, externí deponie rubaniny, vnější parkoviště);
- související stavby dopravní a technické infrastruktury (zejména napojení PA na silniční a železniční síť, zásobování elektrickou energií);
- podzemní část HÚ (důlní objekty).

Z hlediska životního cyklu HÚ lze vznik nejvýznamnějších vlivů předpokládat ve fázi přípravy a výstavby HÚ. Z tohoto pohledu není mezi posuzovanými lokalitami žádný rozdíl. Souhrnný přehled vzniku možných vlivů spojených s výše uvedenými segmenty HÚ je uveden:

Tab. 3 Souhrnný přehled vzniku možných vlivů spojených s výše hodnocenými segmenty HÚ

Složka ŽP	Povrchový areál	Související dopravní a technická infrastruktura	Podzemní část HÚ
Obyvatelstvo	Ano	Ano	Částečně ¹⁾
Klima	Ano	Ano	Ne
Ovzduší	Ano	Ano	Ne ²⁾
Povrchové a podzemní vody	Ano	Ano	Ano (podzemní vody)
Biodiverzita	Ano	Ano	Ne
Krajina	Ano	Ano	Ne ^{3), 4)}
Půda (ZPF + PUPFL)	Ano	Ano	Ne
Kulturně historické hodnoty (památky)	Ano	Ano	Ne

Poznámky:

¹⁾ Hluk a vibrace z důlních prací

²⁾ Výdušné jámy nejsou v této úrovni podrobnosti považovány za významný zdroj znečištění.

³⁾ Deponie rubaniny je považována za součást povrchových objektů.

⁴⁾ Vlivy poddolování na povrch jsou v této fázi (s ohledem na převládající charakter horninového prostředí na všech potenciálních lokalitách) považovány za zanedbatelné.

Z výše uvedené tabulky je patrné, že při hodnocení lokalit z hlediska neradiačních vlivů je nutné soustředit pozornost zejména na povrchový areál a související dopravní infrastrukturu. Vlivy ostatních objektů mimo PA (větrací jámy) nejsou zahrnuty zejména proto, že jejich lokalizace, plošný rozsah a způsob výstavby (z povrchu, z podzemí) nejsou dosud stanoveny.

Stavby technické infrastruktury (zajišťující např. zásobování vodou, zneškodňování odpadních vod, zásobování plynem atd.) nejsou zahrnuty z důvodu výrazně nižšího rizika vzniku případných vlivů na složky ŽP.

5 Proces hodnocení lokalit

Hodnocení lokalit, stanovení jejich kvalitativního pořadí vhodnosti, je procesem „Multikriteriální rozhodovací analýzy“. Typickým znakem takové analýzy je porovnání více variant, řešení, objektů apod. na základě různých kritérií (požadavků, vlastností), které jsou reprezentovány nesouměrnými veličinami a jejich hodnotami.

Způsob porovnání kritérií musí být objektivní, robustní, musí umět zpracovat jak kvalitativní, tak kvantitativní proměnné. Těmto požadavkům obecně vyhovuje metoda Multikriteriální analýzy (Multicriteria Decisional Analysis, MCA), Triantaphyllou E. (2000), která se zabývá hodnocením možných variant podle několika kritérií. Hodnocení podle jednoho kritéria nemusí odpovídat hodnocení podle jiného kritéria. Multikriteriální analýza musí umět řešit rozdíly mezi vzájemně odlišnými kritérii. Cílem MCA je tak utřídit a shrnout informace a poskytnout nejvhodnější řešení, na která jsou kladeny určité požadavky.

Základním úkolem analýzy je sestavit vhodný model, na jehož základě je možné stanovit výslednou užitnou hodnotu porovnávaných objektů, řešení aj. Tato „užitná hodnota“ může být vyjádřena různými veličinami, např. cenou, kvalitativní známkou, bodovou hodnotou, poměrovým indexem k etalonu apod. V úlohách, kde je třeba seřadit varianty (tady lokality) od nejlepší po nejhorší, jde o uspořádání variant na základě vzájemného rozdílu. Tzn., že je třeba maximálně diferencovat lokality mezi sebou.

Hodnocení lokalit je založeno na porovnání výběrových kritérií, která reprezentují různé charakteristiky (vlastnosti), jež musí lokality splnit (blíže k popisu kritérií viz kap. 4.3). Protože některá kritéria popisují danou charakteristiku širěji, byla kritéria vyjádřena pomocí indikátorů, které reprezentují konkrétní vlastnost, jev či stav. Z uvedeného vyplývá, že hodnocení bude provedeno v několika vzájemně nezávislých postupných krocích.

Stanovení hodnot jednotlivých indikátorů H_i , s ohledem na jejich fyzikální variabilitu a převedení na známky X_i (viz kap. 5.2).

Stanovení významnosti (váhy) indikátoru v rámci daného kritéria viz Tab. 5.

Na základě definice indikátorů a kritérií, nezávisle na hodnotách indikátorů, jsou stanoveny váhy kritérií, které vyplývají z preferencí rozhodovatele (experta). Teprve stanovením těchto vah kritérií jsou pojmy nejlepší a nejhorší určeny jednoznačně (viz kap. 5.4).

Stanovení hodnotícího modelu je závislé na hodnocených vstupech. Níže popsany způsob porovnání dat byl odvozen pro doporučení pořadí preferovaných lokalit v procesu výběru finální lokality hlubinného úložiště v rámci hodnocení v letech 2019-2020. Cílem je provést porovnání potenciálních lokalit na základě klíčových kritérií a indikátorů popsanych výše v Kapitole 4.

5.1 Zpracovávaná data

Zpracovávanými daty jsou v případě hodnocení lokalit hodnoty jednotlivých indikátorů, které reprezentují určité charakteristiky (vlastnosti, jevy) pro každou lokalitu. Tyto hodnoty indikátorů lze rozdělit do tří základních skupin:

- kvalitativní – hodnoty indikátorů vyjadřující vlastnost definovanou slovním popisem;

- kvantitativní – hodnoty indikátorů vyjadřující danou vlastnost konkrétní číselnou hodnotou, spojitým číselným intervalem, představující konkrétní fyzikální skalární veličinu nebo podíl, vyjádřený procentem;
- kvazilogické – hodnoty indikátorů vyjadřující ne/existenci jevu, případně míru jeho významu.

V následující Tab. 4 je uveden přehled hodnot použitých indikátorů ve vazbě k příslušnému kritériu, do kterého vstupuje s popisem primárního druhu reprezentativní hodnoty (Typ), která jej vyjadřuje a vysvětlení stupnice kvality (Trend).

Tab. 4 Typy hodnot použitých indikátorů

ID	Název kritéria	ID	Název indikátoru	Typ primární hodnoty	Trend
K1	Velikost využitelného horninového masivu	K1a	Využitelnost horninových bloků	číslo (%)	čím menší, tím lepší
		K1b	Fragmentace území	číslo	čím menší, tím lepší
		K1c	Fragmentace podzemní části HÚ	číslo	čím menší, tím lepší
K2	Dostupnost infrastruktury	K2a	Možnost trvalého uložení rubaniny v blízkém okolí	číslo	čím menší, tím lepší
K3	Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků	K3a	Stupeň křehkého porušení masivu – zlomové struktury	známka	čím menší, tím lepší
		K3b	Stupeň křehkého porušení masivu – puklinové systémy	známka	čím menší, tím lepší
		K3c	Stupeň duktilní deformace	známka	čím menší, tím lepší
K4	Variabilita geologických vlastností	K4a	Prostorová variabilita horninového prostředí	známka	čím menší, tím lepší
		K4b	Petrologická variabilita hornin	známka	čím menší, tím lepší
K5	Charakteristika proudění vody v okolí HÚ a transportní charakteristiky	K5a	Doba dotoku z HÚ do oblasti drenáže	číslo	čím větší, tím lepší
		K5b	Rychlost proudění v úrovni úložiště (m.rok ⁻¹)	číslo	čím menší, tím lepší
		K5c	Propustnost v prostoru HÚ (m.s ⁻¹)	číslo	čím menší, tím lepší
		K5d	Sestupná vertikální složka proudění (% plochy HÚ)	číslo	čím víc, tím líp

ID	Název kritéria	ID	Název indikátoru	Typ primární hodnoty	Trend
		K5e	Maximální propustnost poruchových zón do 500 m od hranice HÚ (m.s^{-1})	číslo	čím menší, tím lepší
		K5f	Specifický průtok v prostoru HÚ ($\text{l.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$)	číslo	čím menší, tím lepší
		K5g	Poměr ředění (%)	číslo	čím menší, tím lepší
K6	Identifikace a umístění drenážních bází	K6a	Počet drenážních toků	číslo	čím víc, tím líp
		K6b	Zastoupení drenáže z plochy úložiště v jediném toku	číslo (%)	čím menší, tím lepší
		K6c	Zastoupení drenáže z plochy úložiště v jediném povodí	číslo (%)	čím menší, tím lepší
		K6d	Horizontální vzdálenost HÚ od drenáže (m)	číslo	čím víc, tím líp
K7	Seismická a geodynamická stabilita	K7a	Hodnota maximálního horizontálního zrychlení (m.s^{-2})	číslo	čím menší, tím lepší
		K7b	Výškový gradient	číslo	čím menší, tím lepší
		K7c	Procentuální podíl plochy reliéfu postiženého a přetvořeného mladými cykly zpětné eroze a svahovými deformacemi	číslo (%)	čím menší, tím lepší
		K7d	Výskyt vulkanických hornin paleogenního až holocenního stáří a kyselek	Kvazilogická kvantifikace	čím menší, tím lepší
K8	Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka	K8a	Ložiskové poměry na lokalitě	Kvazilogická kvantifikace	čím menší, tím lepší
K9	Jevy ovlivňující šíření radioaktivní látky	K9a	Rozložení a hustota osídlení jeho vývoj z hlediska šíření radioaktivní látky	číslo	čím menší, tím lepší
		K9b	Vzdálenost od jaderných elektráren	číslo	čím menší, tím lepší

ID	Název kritéria	ID	Název indikátoru	Typ primární hodnoty	Trend
K10	Vliv na povrchové vody a vodní zdroje	K10a	Vliv na odtokové poměry a kvalitu povrchových vod	známka	čím menší, tím lepší
		K10b	Ovlivnění vodních zdrojů v blízkosti HÚ	známka	čím menší, tím lepší
		K10c	Ovlivnění významných vodních zdrojů v širším území	známka	čím menší, tím lepší
K11	Vlivy na ochranu přírody a krajiny	K11a	Vlivy na biodiverzitu	známka	čím menší, tím lepší
		K11b	Vlivy na migrační koridory a migračně významná území	známka	čím menší, tím lepší
		K11c	Vlivy na PO a EVL Natura 2000	známka	čím menší, tím lepší
		K11d	Vlivy na krajinu	známka	čím menší, tím lepší
K12	Vlivy na zemědělský půdní fond a pozemky určené k plnění funkcí lesa	K12a	Vlivy na ZPF (zemědělský půdní fond)	známka	čím menší, tím lepší
		K12b	Vlivy na PUPFL (pozemky určené k plnění funkcí lesa)	známka	čím menší, tím lepší
K13	Vlivy na obyvatelstvo, hmotný majetek a ochranu památek	K13a	Narušení faktorů pohody	známka	čím menší, tím lepší
		K13b	Vlivy na obytné, rekreační nebo památkově chráněné objekty	známka	čím menší, tím lepší

Jak je patrné z Tab. 4 výše, indikátory jsou reprezentovány rozdílnými typy hodnot. Pro souhrnné hodnocení je nezbytné provést jejich sjednocení tak, aby následný výpočet hodnocení byl věrohodný. Protože převod kvalitativního popisu na číselnou škálu je možný jen známkovou, případně bodovou škálou, budou stejným postupem převedeny i číselně vyjádřené indikátory (převodem na známky). Pro zachování maximální míry objektivity hodnocení, bude převod číselných hodnot indikátorů na známky proveden opět v rámci specializovaných týmů pro danou problematiku. Jedině tak je možné pracovat i s mírou nejistoty stanovení daných hodnot, protože příslušní zpracovatelé jsou se souvisejícími nejistotami dobře obeznámeni během procesu stanovování jednotlivých charakteristik (indikátorů). Mnohem výrazněji se pak projeví převod na

známkovou stupnici u indikátorů kvazilogických, kde se vyjadřuje míra naplnění daného indikátoru formou ANO/NE. Uvedeným expertním postupem budou hodnoty jednotlivých indikátorů převedeny na jednotnou známkovou škálu ve formě reálného čísla v rozmezí 1 – 5, kde rostoucí známka zobrazuje zhoršující se kvalitu a která akcentuje kvalitativní hodnocení jednotlivých indikátorů pro každou lokalitu.

5.2 Převod reálných hodnot indikátorů H_i na známkové stupnice X_i

Pro potřeby hodnocení lokalit je třeba identifikovat rozdíly mezi lokalitami.

Primární hodnoty indikátorů jsou reprezentovány různými typy hodnot.

- Popisné hodnoty vyjádřené expertním přiřazením známkové hodnoty X_i pro každý takový indikátor každé lokality.
- Kvazilogické hodnoty ANO / spíše ANO / spíše NE / NE.
- Reálné hodnoty představující skalární rozměr fyzikální veličiny.

Ke sjednocení hodnot indikátorů na stejnou bázi je nutné reálné hodnoty H_i převést na hodnoty známkové X_i , ale tak, aby zůstala jejich vypovídací schopnost, zejména z pohledu vzájemného rozdílu mezi lokalitami.

Před provedením převodu je nejprve nutné zjistit, jaký významový trend daný indikátor představuje.

Pro indikátory, které s klesající hodnotou (čím méně, tím lépe) vyjadřují rostoucí kvalitu (přijatelnost) se převod provede dle vztahu:

$$X_i^L = 1 + 4 \times \frac{H_i^L - H_{i,min}}{H_{i,max} - H_{i,min}} \quad (5.1)$$

kde: X_i^L vyjadřuje známkovou hodnotu i-tého indikátoru, j-té lokality

H_i^L reálná hodnota i-tého indikátoru j-té lokality dle dílčího hodnocení

$H_{i,min}$ nejnižší reálná hodnota i-tého indikátoru

$H_{i,max}$ nejvyšší reálná hodnota i-tého indikátoru

$i \in \langle 1; N \rangle$ (počet indikátorů, dle příslušného kritéria)

$L \in \langle 1; 9 \rangle$ (počet lokalit)

Pro indikátory s rostoucí hodnotou (čím více, tím lépe) vyjadřující rostoucí kvalitu (přijatelnost) se převod provede dle vztahu:

$$X_i^L = 1 + 4 \times \frac{H_{i,max} - H_i^L}{H_{i,max} - H_{i,min}} \quad (5.2)$$

kde: X_i^L vyjadřuje známkovou hodnotu i-tého indikátoru, j-té lokality

H_i^L reálná hodnota i-tého indikátoru j-té lokality dle dílčího hodnocení

$H_{i,min}$ nejnižší reálná hodnota i-tého indikátoru

$H_{i,max}$ nejvyšší reálná hodnota i -tého indikátoru

$i \in \langle 1; N \rangle$ (počet indikátorů, dle příslušného kritéria)

$L \in \langle 1; 9 \rangle$ (počet lokalit)

Pro výpočet je nutné stanovit hraniční hodnoty, tj. $H_{i,min}$ a $H_{i,max}$ pro každý indikátor. V případě, že není možné objektivně tyto hodnoty určit, pak jsou těmito hodnotami dosažené $H_{i,min}$ a $H_{i,max}$ v rámci portfolia lokalit příslušného indikátoru.

Dle popsání výpočtu (5.1), (5.2) jsou známkové hodnoty rozprostřeny v intervalu $\langle 1; 5 \rangle$, kde hodnotu 1 má nejpříznivější (nejvýhodnější) hodnota daného indikátoru, hodnotu 5 pak nejméně příznivá (nejnevýhodnější) hodnota indikátoru a ostatní jsou poměrově rozprostřeny v rámci intervalu $\langle 1; 5 \rangle$.

Jediná dílčí úprava výpočtu známek u kritérií K5 a K6 se týká dvou indikátorů s vazbou na propustnost horninového prostředí (K5c a K5e). U těchto indikátorů do rovnice pro výpočet známky namísto originálních hodnot indikátorů vstupují hodnoty dekadického logaritmu. Důvodem je eliminace nelineárního výskytu hodnot propustnosti.

5.3 Stanovení vah indikátorů

Výše definovaným indikátorům klíčových kritérií byly zpracovatelskými týmy přiřazeny váhy, pomocí kterých bude stanovena hodnota kritéria. Definování vah jednotlivých indikátorů proběhlo expertním stanovením příslušných odborných specialistů, kteří se podíleli na získání příslušných hodnot a charakteristik daného indikátoru, a to ze stejných důvodů, jako při známkování jejich hodnot. Týmy jsou složeny ze specialistů pro dané konkrétní oblasti a při stanovování vah objektivně posuzovali vzájemné vztahy z pohledu konkrétní specializované problematiky. Stanovení hodnoty vah jednotlivých indikátorů je vysvětleno v Tab. 5.

Tab. 5 Stanovení vah jednotlivých indikátorů

ID	Název kritéria	ID	Název indikátoru	Váha	Zdůvodnění
K1	Velikost využitelného horninového masivu	K1a	Využitelnost horninových bloků	74 %	Velikost homogenních bloků a ukládacích prostor, které jsou zahrnuty v tomto indikátoru, zásadním způsobem ovlivňují umístitelnost hlubinného úložiště do ukládacího horizontu. Míra využití definovaných vhodných homogenních bloků je tedy vnímána jako nejdůležitější indikátor s největší vahou pro porovnání lokalit v rámci kritéria K1. Samotná váha indikátoru byla stanovena Saatyho metodou expertním týmem ČVUT. (Butovič et al. 2019).
		K1b	Fragmentace území	9 %	Fragmentace území popisuje rozfragmentování perspektivního území na jednotlivé homogenní bloky. Fragmentace území může dispoziční řešení podzemní části HÚ, a tedy proveditelnost, ovlivnit pouze částečně.

ID	Název kritéria	ID	Název indikátoru	Váha	Zdůvodnění
					Jedná se o případy, kdy je území rozděleno na větší počet fragmentů menších velikostí, než jsou požadované plochy pro ukládání. V těchto případech je však fragmentace území popsána přímo do indikátoru fragmentace podzemní části HÚ a tuto skutečnost již není třeba zhodnocovat v rámci tohoto indikátoru. Tento indikátor nám tak poskytuje představu o celkové fragmentaci území, která však, nedojde-li k zvýšení požadavků na ukládací prostory, nemá na projektové řešení již významný vliv. Z tohoto důvodu je indikátoru Fragmentace území přisuzována nejmenší váha. Samotná váha indikátoru byla stanovena Saatyho metodou expertním týmem ČVUT (Butovič et al. 2019).
		K1c	Fragmentace podzemní části HÚ	17 %	Rozfragmentování podzemní části HÚ je dána technologickými požadavky pro ražbu, výstavbu a provoz HÚ a částečně i fragmentací území. Tyto faktory významně snižují efektivitu využití homogenních bloků pro ukládání. Samotná váha indikátoru byla stanovena Saatyho metodou expertním týmem ČVUT (Butovič et al. 2019).
K2	Dostupnost infrastruktury	K2a	Možnost trvalého uložení rubaniny v blízkém okolí	100 %	Indikátor je v kritériu jen jeden, proto se uplatní v plném rozsahu.
K3	Popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků	K3a	Stupeň křehkého porušení masivu – zlomové struktury	70 %	V daném krystalinickém prostředí 9 lokalit mají zlomy ze všech geologických indikátorů zdaleka největší vliv na bezpečnost úložiště – zejména na hydraulické a geomechanické parametry horninového prostředí. Zlomové struktury vyšších řádů definují v této fázi hodnocení lokalit celkový možný objem horniny pro ukládání a design úložiště (Andersson et al. 2000), proto byla zvolena pro tento indikátor největší váha.
		K3b	Stupeň křehkého porušení masivu – puklinové systémy	20 %	Váha zvolena z důvodu reprezentativnosti hodnoceného vzorku dat, kdy dostupná data (Kabele et al. 2018) reprezentují omezené povrchové výchozy lokalit. Zpracovávané hydraulické modely lokalit (Uhlík et al. 2018) navíc využívají koncept EPM

ID	Název kritéria	ID	Název indikátoru	Váha	Zdůvodnění
					s deterministicky stanovenými strukturami vyšších řádů.
		K3c	Stupeň duktilní deformace	10 %	Vnitřní anizotropie hornin daná duktilní deformací má v daných podmínkách jen malý vliv na bezpečnostní charakteristiky horninového prostředí, v cílových litologiích pro umístění úložiště navíc nelze očekávat komplikovanou duktilní stavbu (Franěk et al. 2018, Mixa et al. 2019).
K4	Variabilita geologických vlastností	K4a	Prostorová variabilita horninového prostředí	75 %	Vyjadřuje vertikální i horizontální distribuce vlastností horninového masivu, na základě které, lze uvažovat o nehomogenitě horninového prostředí, ve kterém může dojít k změnám migrace fluid. Střídání a nepravidelné tvary horninových těles komplikují geotechnické parametry a pro výpočty spojené s dlouhodobou bezpečností úložiště a zvyšují nejistotu 3D geologického modelu (Franěk et al. 2018). Prostorové uspořádání horninových těles vyjadřuje vertikální i horizontální distribuci litologických hranic, na základě kterých, lze uvažovat o nehomogenitě horninového prostředí a jejich vlastností. Časté střídání litologií a nepravidelné tvary horninových těles jsou méně vhodné, jak z geotechnického hlediska budování úložiště, tak pro výpočty spojené s dlouhodobou bezpečností úložiště. Dále zvyšují nejistotu 3D geologického modelu a v neposlední řadě přispívají k lokalizaci křehkých struktur na takovýchto rozhraních. V případě nehomogenit v podobě vápenato-silikátových hornin mohou být v horninovém masivu přítomny kaverny. Z těchto důvodů má prostorové uspořádání horninových těles významný vliv na bezpečnost. Z těchto důvodů byla přiřazena výrazná váha danému indikátoru.

ID	Název kritéria	ID	Název indikátoru	Váha	Zdůvodnění
		K4b	Petrologická variabilita hornin	25 %	Petrologická variabilita má v daných podmínkách vliv na mechanické vlastnosti hornin (včetně reologických, teplotní vodivosti a produkci radiogenního tepla, popř migraci fluid), na bezpečnost je vliv nicméně relativně malý. Z hlediska expertního posouzení, se jeví vliv na bezpečnost jako malý. Dle dosud realizovaných hydraulických modelů a konzultací s hydrogeology je z hlediska bezpečnosti v horninovém prostředí nepoměrně významnější vliv křehké tektoniky, než petrologické variability nebo např. duktilních staveb hornin.
K5	Charakteristika proudění vody v okolí úložiště a transportní charakteristiky	K5a	Doba dotoku z HÚ do oblasti drenáže	20 %	Všechny zvolené indikátory pro kritérium K5 souvisí s bezpečností lokalit. Váhy pro jednotlivé indikátory byly stanoveny relativně rovnoměrně na základě diskuse v expertním panelu. Zvolené indikátory charakterizují jak poměry proudění podzemní vody (K5b, c, d, e, f), tak transportní poměry lokalit (K5a, K5g). Indikátory charakterizující proudění podzemní vody mají úhrnnou váhu 60 %, indikátory transportní pak 40 %. Nejnižší váhu (10 %) mají indikátory vycházející "pouze" z expertního odhadu a přijatých vstupních předpokladů modelů (K5b, K5c, K5e). Větší váhu (15 %) mají indikátory K5d a K5f, do nichž se promítají data geometrie lokalit (výška terénu a rozložení říční sítě). Váha transportním indikátorům K5a a K5g je přiřazena shodně po 20 %.
		K5b	Rychlost proudění v úrovni úložiště (m.rok ⁻¹)	10 %	
		K5c	Propustnost v prostoru HÚ (m.s ⁻¹)	10 %	
		K5d	Sestupná vertikální složka proudění (% plochy HÚ)	15 %	
		K5e	Maximální propustnost poruchových zón do 500 m od hranice HÚ (m.s ⁻¹)	10 %	
		K5f	Specifický průtok v prostoru HÚ (l.s ⁻¹ .km ⁻²)	15 %	
		K5g	Poměr ředění (%)	20 %	
K6	Identifikace a umístění drenážních bází	K6a	Počet drenážních toků	30 %	Indikátory kritéria K6 charakterizují rozptyl transportních cest z prostoru HÚ. Váhy byly jednotlivým indikátorům stanoveny na základě diskuse v

ID	Název kritéria	ID	Název indikátoru	Váha	Zdůvodnění
		K6b	Zastoupení drenáže z plochy HÚ v jediném toku	20 %	expertním panelu. Větší váhu (úhrnně 70 %) má indikace rozptylu advektivních transportních cest vyjádřená počtem drenážních toků (K6a, 30 %) a zastoupením drenáže z HÚ v říční síti (indikátory K6b a K6c-oba 20 %). Menší váhu (30 %) má vzhledem k větší nejistotě výpočtu indikátor vzdálenosti HÚ od drenáže K6d.
		K6c	Zastoupení drenáže z plochy HÚ v jediném povodí	20 %	
		K6d	Horizontální vzdálenost HÚ od drenáže (m)	30 %	
K7	Seismická a geodynamická stabilita	K7a	Hodnota maximálního horizontálního zrychlení (m.s^{-2})	25 %	Hodnota maximálního horizontálního zrychlení pro seismické jevy je přímo úměrná projevům zemětřesení, a s tím spojených dalších doprovodných jevů, které mohou bezprostředně, ve velmi krátkém čase, negativně a významně ovlivnit bezpečnost uložště. Jedná se o indikátor vyjadřující seismické ohrožení, jehož posouzení vyplývá z vyhlášky č. 378/2016 Sb.
		K7b	Výškový gradient	25 %	Výškový gradient mezi úrovní zarovnaného povrchu povrchů a úrovní lokální erozní báze je přímo úměrný dynamice reliéfu a předurčuje potenciál k zahloubení drenážního systému v budoucnu a s tím spojené projevy exodynamických jevů včetně dlouhodobých změn reliéfu.
		K7c	Procentuální podíl plochy reliéfu postiženého a přetvořeného mladými cykly zpětné eroze a svahovými deformacemi	25 %	Výrazné projevy zpětné eroze jsou průvodním znakem nevyrovnaných spádových poměrů říčních toků, které jsou způsobeny pohyby erozní báze, resp. vertikálními pohyby zemské kůry. Následkem toho dochází k větší intenzitě erozních procesů, které v dlouhodobém měřítku mohou mít za následek výraznější změny v reliéfu vč. snížení povrchu v nadloží uložště a změny v hydrologickém a hydrogeologickém režimu.

ID	Název kritéria	ID	Název indikátoru	Váha	Zdůvodnění
		K7d	Výskyt vulkanických hornin paleogenního až holocenního stáří a kyselek	25 %	Přítomnost terciérních a kvarterních vulkanických hornin a souvisejících postvulkanických jevů jsou vázány na oblasti s nedávnou geodynamickou aktivitou včetně tektonických pohybů a jsou indikátorem dlouhodobé stability území, zejména z pohledu endogenních procesů. Výskyt kyselek v okolí lokality může mít negativní vliv na inženýrské bariéry uložště. Posouzení vulkanických hornin paleogenního až holocenního stáří a postvulkanických jevů vyplývá z vyhlášky č. 378/2016 Sb.
K8	Charakteristiky, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka	K8a	Ložiskové poměry na lokalitě (dobývací prostory, CHLÚ, prognózy nerostných surovin)	100 %	
K9	Jevy ovlivňující šíření radioaktivní látky	K9a	Rozložení a hustota osídlení a jeho vývoj z hlediska šíření radioaktivní látky	90 %	Hustota obyvatelstva je známá s velkou přesností. Z hlediska jistoty nejvěrohodněji stanovitelný parametr, proto má váhu 90 %.
		K9b	Vzdálenost od jaderných elektráren	10 %	Pro stanovení celkové vzdálenosti PA od areálů JE nejsou na všech lokalitách stejně relevantní data, proto je váha indikátoru pouze 10 %.
K10	Vliv na povrchové vody a vodní zdroje	K10a	Vliv na odtokové poměry a kvalitu povrchových vod	30 %	V rámci kritéria K10 jsou mírně preferovány indikátory zaměřené na ochranu vodních zdrojů (K10b a K10c). Důvodem této preference je přímá souvislost s potenciálními vlivy na zdraví obyvatelstva. Výraznější preferenci brání skutečnost, že případné vlivy na odtokové poměry a kvalitu povrchových vod (K10a) mohou mít dopad také na biotopy a stanoviště, jejichž podmínky jsou fixované na stávající hydrologické poměry dotčeného území. Změna odtokových poměrů může mít též významný dopad na biotu fixovanou na dosavadní hydrologické poměry, včetně osušení, resp. zamokření pozemků. Přímý vliv se týká jen povodí recipientu a příp. jeho přítoků (drobné vodní toky dotčené umístěním PA). Může dojít k

ID	Název kritéria	ID	Název indikátoru	Váha	Zdůvodnění
					nepřímému ovlivnění navazujících toků v povodí vyššího řádu.
		K10b	Ovlivnění vodních zdrojů v blízkosti HÚ	35 %	Případné ovlivnění vodních zdrojů je zásadním aspektem nejen z hlediska vody jako složky životního prostředí, ale především z hlediska zásobování obyvatelstva pitnou vodou a vyloučení zdravotních rizik. Objektem vlivu budou výhradně lokální zdroje, zásobující místní (obecní) vodovody a domovní studně v nejbližších okolních sídlech (ve vztahu k PA, resp. k perspektivnímu území pro projektové práce).
		K10c	Ovlivnění významných vodních zdrojů v širším území	35 %	Za významné vodní zdroje jsou považovány takové zdroje, které zásobují 3000 a více obyvatel. Jejich případné ovlivnění by mělo zásadní dopad na zásobování obyvatelstva pitnou vodou.
K11	Vlivy na ochranu přírody a krajiny	K11a	Vlivy na biodiverzitu	25 %	Vybrané indikátory v kritériu K11 obsahují (s ohledem na podrobnost) všechna hlavní témata a jevy spadající chráněná dle zák. č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny. S ohledem na současný stupeň znalostí o přírodních poměrech na jednotlivých lokalitách a na základě principu předběžné opatrnosti byl při stanovení vah jednotlivých indikátorů zvolen konzervativní přístup, s relativně omezenou vzájemnou diferenciací. Důvodem tohoto postupu je snaha, aby nedošlo k předčasnému „upozadění“ některého aspektu hodnocení. Sledované jevy v K11a představují přírodně nejhodnotnější segmenty se zásadním významem pro ekologickou stabilitu dotčeného území.
		K11b	Vlivy na migrační koridory a migračně významná území	20 %	Snížení migrační prostupnosti území (zejména pro velké savce) má negativní dopad na dotčené populace.

ID	Název kritéria	ID	Název indikátoru	Váha	Zdůvodnění
		K11c	Vlivy na PO a EVL Natura 2000	30 %	Chráněná území soustavy Natura 2000, která je jsou určena k ochraně nejvzácnějších a nejvíce ohrožených druhů ptactva a ostatních živočichů, rostlin a nejvzácnějších přírodních stanovišť na území EU. V kontextu zákona o ochraně přírody a krajiny PO a EVL území s mimořádně silným stupněm ochrany.
		K11d	Vlivy na krajinu	25 %	Minimalizace vlivů stavby HÚ (zejm. povrchového areálu) na krajinu je zásadním aspektem nejenom zákona o ochraně přírody a krajiny (§ 12), ale také dle stavebního zákona (§ 18 odst. 5)
K12	Vlivy na ZPF a PUPFL	K12a	Vlivy na ZPF (zemědělský půdní fond)	30 %	Vzájemný poměr vah obou indikátorů vychází z obecného předpokladu vyšší ekologické stability lesních porostů v porovnání se zemědělskou půdou. Uvedený předpoklad neplatí bezvýhradně, např. některé trvalé travní porosty (extenzivně sečené louky) mohou vykazovat vysoký stupeň ekologické stability. V daném měřítku a s ohledem na stupeň poznání posuzovaných lokalit je možné toto zjednodušení přijmout.
		K12b	Vlivy na PUPFL (pozemky určené k plnění funkcí lesa)	70 %	
K13	Vlivy na obyvatelstvo, hmotný majetek a ochranu památek	K13a	Narušení faktorů pohody	50 %	Rovnocenný přístup k oběma indikátorům kritéria K13 je dovozen z jejich obsahové náplně. V případě indikátoru K13a se jedná tzv. "měkký vliv" (subjektivní), který bude působit dlouhodobě (min. po dobu výstavby HÚ). Narušení faktorů pohody je tzv "měkký vliv" (subjektivní), ale bude působit dlouhodobě (min. po dobu výstavby). Minimalizace tohoto vlivu může významně přispět k akceptaci HÚ ze strany obyvatelstva okolních sídel.
		K13b	Vlivy na obytné, rekreační nebo památkově chráněné objekty	50 %	Jde o jednorázový, ale významný vliv, jehož důsledkem může být zásah do majetkových práv vlastníků dotčených objektů a zařízení.

Pro potřeby hodnocení kritérií K10-K13 jsou tato rozpracována na porovnání vlivů povrchového areálu a vybraných aspektů podzemní části. Postup hodnocení se skládá z následujících kroků:

- 1) dekompozice vybraných kritérií MP.22 do dílčích subkritérií (indikátorů), dle ustálené praxe procesu EIA v případech, kdy je posouzení vlivů na danou složku životního prostředí z věcných nebo legislativních důvodů strukturováno do samostatných témat

(např. vlivy na odtokové poměry, vlivy na jakost vod, vlivy na územní systém ekologické stability, vlivy na maloplošná zvláště chráněná území);

- 2) formulace obecných výchozích předpokladů pro vznik konkrétních vlivů;
- 3) výčet vstupních informací (parametrů), na jejichž základě je expertním odhadem určena pradápodobnost vzniku vlivu a odhad jeho významnosti;
- 4) definice základních principů, podle kterých jsou jednotlivé jednotlivé vlivy hodnoceny členy řešitelského týmu (komentář).

Do porovnávacích kritérií K10 – K13 jsou zahrnuty i jevy, které z hlediska umístění PA mají povahu vylučujícího kritéria. V rámci tohoto hodnocení (porovnání) je sledován výskyt těchto jevů také v okolí PA, které může být dotčeno realizací přístupových komunikací. Důvodem tohoto zařazení je snaha postihnout při hodnocení lokalit všechny aspekty posuzované procesem EIA, neboť rozsah možných vlivů nelze omezit pouze na plochy přímo dotčené umístěním těchto staveb.

5.4 Stanovení vah kritérií

Vzhledem k vyššímu počtu porovnávaných kritérií (více než 10), kdy je obtížné provést odhad významnosti pro všechna kritéria, byla pro objektivní stanovení vah kritérií jednotlivými experty použita metoda kvantitativního párového srovnávání (Saaty 1980). V této metodě se všechny dvojice kritérií hodnotí vzájemně a kvantitativně podle vyjádření uvedeného v Tab. 6. V případě, že kritérium je významnější, do matice dle Tab. 7 se zaznamená číselná hodnota uvedená v Tab. 6 a v případě, že je kritérium méně významné, zaznamenává se do matice hodnota převrácená.

V případě, že vzájemný rozdíl je menší, než vyjadřuje popis v Tab. 6, je možné použít i hodnoty mezilehlé, tj. 2, 4, 6 a 8.

Tab. 6 Vyjádření preferencí párového hodnocení kritérií

Číselná hodnota	Slovní vyjádření
1	Kritéria jsou stejně významná
3	První kritérium je slabě významnější než druhé
5	První kritérium je silně významnější než druhé
7	První kritérium je velmi silně významnější než druhé
9	První kritérium je absolutně významnější než druhé

Vlastní hodnocení Saatyho párovým srovnáváním proběhne za účasti specialistů SÚRAO a zpracovatelských týmů pro příslušnou problematiku. Přehled členů hodnotitelského týmu je uveden v samostatné příloze této zprávy. Tito experti disponují dostatečnými znalostmi tak, aby byli schopni určit relativní významnost daného kritéria ve vztahu ke druhému.

Tab. 7 Ukázka Saatyho matice pro n kritérií

Kritéria	K1	K2	K3	K4	K5	...	Kn
K1	1	3	2	5	6		1
K2	1/3	1	1/2	3	4		1/3

Kritéria	K1	K2	K3	K4	K5	...	Kn
K3	1/2	2	1	4	5		1/2
K4	1/5	1/3	1/4	1	2		1/5
K5	1/6	1/4	1/5	1/2	1		1/6
...							
Kn	1	3	2	5	6		1

Po vyplnění Saatyho matice párových porovnání každým jednotlivým hodnotitelem budou tyto matice zkontrolovány, aby splňovaly požadavky na další postup hodnocení. Kontrola spočívá v ověření konzistence matic, což znamená ověření faktu, že názor hodnotitele je konzistentní a při porovnávání jednotlivých kritérií si neprotiřečí. Tato konzistence se ověřuje pomocí poměru konzistence CR.

Konzistenci matice párových porovnání $S = (s_{ij})$ lze definovat takto:

Prvek x_i je s_{ip} -krát důležitější než prvek x_p (podle daného hodnotícího kritéria), a dále prvek x_p je s_{pj} -krát důležitější než prvek x_j , potom prvek x_i je $s_{ij} = s_{ip} \times s_{pj}$ -krát důležitější než prvek x_j .

Při porovnávání kvalitativních kritérií je úplná konzistence matice párových porovnání spíše výjimečná. Naopak, při porovnávání kvantitativních kritérií je matice párových porovnání dokonale konzistentní, platí totiž, že váhy, hodnoty kvantitativního kritéria jsou známy $v_i > 0$ a $v_j > 0$ a pro prvky matice párových porovnání platí:

$S_{ji} = v_i / v_j$. Platí-li uvedený vztah, matice $S = (s_{ij})$ je reciproká a konzistentní.

Pro úspěšnost metody AHP je tedy důležitý index konzistence. Platí, že maximální vlastní číslo čtvercové matice ($\lambda_{\max}$) párových porovnání $S = (s_{ij})$ typu $m \times m$, která je vždy reciproká, ale nemusí být konzistentní, $\lambda_{\max}$ je větší nebo rovno m . Je-li matice $S = (s_{ij})$ konzistentní, vždy platí, že $\lambda_{\max} = m$. Indexem konzistence nazýváme číslo CI vypočítané ze vztahu

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - m}{m - 1}, \quad (5.3)$$

kde $\lambda_{\max}$ je vlastní číslo matice a m je řád matice.

Index konzistence CI se pro konzistentní matici tedy rovná 1. Nekonzistenci matice vyjadřuje velikost odchylky CI od hodnoty 1 a je udávána poměrem indexu konzistence (Consistency ratio) CR.

Pro výpočty poměru konzistence Saaty odvodil tzv. Náhodné indexy nekonzistence pro různé řády matic viz např. (Saaty 2008). Z poměru CI a RI získáme výsledný poměr konzistence matice párového hodnocení, který dle doporučení Saatyho má být menší než 0,1, resp. 10 %. Tzn., že platí vztah:

$$CR = \frac{CI}{RI} < 0,1, \quad (5.4)$$

Expert, jejichž Saatyho matice bude vykazovat nekonzistenci, tj. poměr konzistence nebude menší než 0,1, budou vyzváni k úpravě jejich porovnávání, aby podmínka konzistence matice byla splněna.

Protože každá výše uvedená matice párových porovnání $S = (s_{ij})$ (každého hodnotitele) vyjadřuje vzájemný poměr významnosti jejich prvků (kritérií), je nutné tyto hodnoty normalizovat, abychom obdrželi výsledné hodnoty váhy w_k jednotlivých kritérií. Převod nejlépe vystihuje geometrický průměr řádků matice S (Crafword et al. 1985) pro každé $k=1, 2, \dots, m$.

$$w_k = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m s_{ij}}, \quad (5.5)$$

Výsledné váhy jednotlivých kritérií W_k pro každé $k = 1, 2, \dots, m$ budou stanoveny jako aritmetický průměr vah jednotlivých hodnotitelů, tj.

$$W_k = \frac{1}{h} \sum_{h=1}^h w_k, \quad (5.6)$$

kde: W_k je výsledná průměrná váha příslušného kritéria,
 w_k je váha příslušného kritéria každého hodnotitele,
 h je počet hodnotitelů.

5.5 Celkové matematické vyhodnocení

Jak bylo uvedeno v kapitolách 5.1 až 5.4, před celkovým vyhodnocením se provedou následující kroky:

1. pro každou lokalitu a každý jeden indikátor se na základě hodnoty indikátoru expertně stanoví známka X_i (reálné číslo z intervalu $\langle 1; 5 \rangle$),
2. expertně budou stanoveny váhy významnosti indikátorů v_j v rámci příslušného kritéria,
3. vybraní experti vyplní Saatyho matici párových porovnání a z ní se pak vypočte individuální váhový vektor jednotlivých kritérií $W_h = (w_{hk})$ každého hodnotitele,
4. výsledné váhy kritérií se stanoví aritmetickým průměrem váhových vektorů jednotlivých hodnotitelů $W_k = (W_{kl})$.

Protože známkové hodnoty indikátorů vyjadřují kvalitativní hodnocení zpracovatelů, musí být tyto známky převedeny v souladu s požadavkem na diferenciaci lokalit v celém rozsahu intervalu $\langle 1; 5 \rangle$ – normalizovány, a to tak, že nejvýhodnější bude mít známku 1, nejméně výhodná známku 5 a ostatní budou lineárně rozděleny v definovaném intervalu. Pro normalizaci známkových hodnot zpracovatelů na uvedený rozsah intervalu $\langle 1; 5 \rangle$ se provede dle vzorce:

$$Y_i = 1 + 4 \times \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}, \quad (5.7)$$

kde:

Y_i normalizovaná známka i-tého indikátoru,
 X_i známková hodnota i-tého indikátoru dle zpracovatele,
 $X_{\min}$ nejmenší známková hodnota indikátoru dle zpracovatele,
 $X_{\max}$ nejvyšší známková hodnota indikátoru dle zpracovatele.

Příklad:

Znamkové hodnoty indikátoru X od zpracovatele: (1,0; 1,2; 1,2; 2,5; 2,7; 2,8; 3,0; 3,2; 3,8), kde:
 $X_{\min} = 1,0$; $X_{\max} = 3,8$.

Výsledné známky Y daného indikátoru X dle rovnice 5.7 jsou:

(1,000; 1,286; 1,286; 3,143; 3,429; 3,571; 3,857; 4,143; 5,000)

Pro celkové vyhodnocení je model multikriteriální analýzy tvořen prvky:

Indikátory – X_i v rozsahu každého jednoho kritéria, resp. normalizovaná hodnota známky Y_i .

Váha indikátoru – v_i určující významnost příslušného indikátoru v daném kritériu.

Kritéria – K_j v celkovém počtu 13, tzn., že $j = 1, 2, \dots, 13$.

Váha kritéria – W_j stanovená jako průměrná hodnota vah kritérií jednotlivých hodnotitelů dle Saatyho matice párových porovnání.

Známka lokality – Z_L , stanovená součtem součinů hodnoty kritérií a jejich váhy, kde $L = 1, 2, \dots, 9$.

Pro každou lokalitu se stanoví hodnoty příslušných kritérií dle vztahu:

$$K_j^L = \sum_{i=1}^{n_j} Y_{i,j}^L \times v_{i,j} \quad (5.8)$$

kde: K_j^L je hodnota (známka) j -tého kritéria L -té lokality ($j=1, 2, \dots, 13, L = 1, 2, \dots, 9$),

$Y_{i,j}^L$ je normalizovaná hodnota (známka) i -tého indikátoru j -tého kritéria L -té lokality ($j=1, 2, \dots, n_j$),

$v_{i,j}$ je váha i -tého indikátoru j -tého kritéria,

n_j je počet indikátorů j -tého kritéria.

Stanovení výsledné užitné hodnoty každé lokality bude provedeno podle vzorce:

$$Z_L = \sum_{j=1}^{13} K_j^L \times W_j \quad (5.9)$$

kde: Z_L znamená výslednou známku dané lokality,

K_j^L je hodnota (známka) j -tého kritéria L -té lokality ($j=1, 2, \dots, 13, L = 1, 2, \dots, 9$),

W_j váha příslušného j -tého kritéria.

Uvedenými výpočty dle 5.8 a 5.9 budou stanoveny celkové známky pro každou lokalitu. Celkové známky všech lokalit se následně seřadí vzestupně, a tím bude určeno pořadí lokalit od nejvhodnější po nejméně vhodnou.

5.6 Nejistoty hodnocení

Proces hodnocení a porovnání lokalit je zatížen určitou mírou nejistoty. Tato nejistota se skládá z dílčích nejistot jednotlivých indikátorů. Nejistoty indikátorů lze rozdělit podle jejich typu, resp. na základě původu hodnot indikátorů. Takto lze nejistoty rozdělit do tří oblastí dle typu hodnocených dat a přístupu k jejich hodnocení:

1) Expertní stanovení hodnot indikátorů

Nejistoty tohoto typu hodnocení jsou závislé na variabilitě možné změny hodnoty příslušného indikátoru. Predikce variability hodnot indikátorů vychází z odborných znalostí a zkušeností zpracovatelů a nejistoty jsou tak vyváženy hodnocením příslušnými experty, kteří mají tyto dlouholeté zkušenosti a praxi ve svém oboru. Hodnocení každého indikátoru v této oblasti (především indikátorů kritéria K3 a K4) bude vycházet ze shody několika expertů na danou problematiku.

2) Modelové stanovení hodnot indikátorů

Jde o nejistoty, které vycházejí ze zpracování modelových simulací, zejména v kritériích K5, K6, K7. V tomto případě samotné hodnoty indikátorů jsou výsledkem matematického zpracování modelů, které byly vytvořeny pro všechny lokality stejným přístupem. Konkrétní hodnoty slouží pro to, aby lokality byly mezi sebou vzájemně relativně porovnány. Z popsaného přístupu vyplývá, že nejistoty jsou v relativní rovině stejné, a tudíž nemají vliv na vzájemné porovnání lokalit.

3) Parametry horninového prostředí

Hlavní nejistotou je vývoj vlastností horninového prostředí směrem do hloubky. V tomto případě je nejistota částečně eliminována relativně jednoduchou stavbou jednotlivých lokalit a jednotným přístupem k hodnocení a stejnou úrovní popisu lokalit. Kritéria, jejichž indikátory lze stanovit pouze se znalostí konkrétních hodnot v hloubce úložiště (např. mechanické vlastnosti, slučitelnost se systémem inženýrských bariér), nejsou v této etapě hodnoceny vůbec.

4) Parametry vycházející z lokalizace konkrétní části úložiště

V případě tohoto okruhu nejistot se jedná o parametry vycházející ať už z konkrétní lokalizace povrchového areálu (kritérium K1, K2, K11, K12, K13), nebo podzemního areálu (částečně kritérium K5 a K6). V tomto případě jsou nejistoty vyvažovány hodnocením příslušného adekvátního území, které má vztah pro umístění té které části hlubinného úložiště a vlastnosti, případně potenciál ovlivnění příslušného indikátoru a s ním spojené nejistoty (modelové území, perspektivní území pro geologické práce, perspektivní území pro projektové práce, povrchový areál, ...).

V procesu stanovení hodnot vah jednotlivých kritérií Saatyho metodou (Kapitola 5.4) budou zahrnovat prezentovanou míru nejistoty kritérií jednotliví experti při relativním porovnání významnosti kritérií. Nejistoty vyplývající z dat budou popsány v příslušných hodnotících zprávách.

6 Závěr

Popsaná metodika se opírá o multikriteriální analýzu hodnocení „užitné vlastnosti“, v případě porovnávání lokalit, známkovým hodnocením kvality přijatelnosti. Hodnocení je založeno na datech získaných studiem potenciálních lokalit v předchozím období, zejména v letech 2014-2019.

S ohledem na současnou etapu prací byla z celkového přehledu kritérií (MP.22), která je nutno pro umístění HÚ naplnit, vybrána ta, jež aktuálně mají dostatečnou relevanci pro porovnání lokalit.

Základní postupy popsané metodiky je možné využít i v dalším kroku hodnocení lokalit (pro výběr finální a záložní lokality). Pro tento krok bude nutné metodiku zaktualizovat a upřesnit, neboť se předpokládá získání hlubší úrovně dat a informací k naplnění hodnocení podle kritérií MP.22. Tato úroveň znalostí pak umožní použít metodiku založenou na váhovém hodnocení obdobným způsobem, jakým se zpracovávají hodnocení rizik.

Reference

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 TR-00-12, Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company, Stockholm, Sweden, 148 pp.

AUE M. (2018): Účelová mapa inženýrskogeologické rajonizace M 1:10 000. Lokalita Březový potok, MS SÚRAO TZ 153/2018.

BAIER J., MILICKÝ M., GVOŽDÍK L., POLÁK M., UHLÍK J., ČERNÝ M., ZEMAN O., JANKOVEC J. (2020a): Pasport aktualizovaného detailního hydraulického modelu. Lokalita Hrádek., MS SÚRAO TZ 469/2020

BAIER J., MILICKÝ M., POLÁK M., UHLÍK J. (2020b): Pasport aktualizovaného detailního hydraulického modelu. Lokalita Březový potok., MS SÚRAO TZ 470/2020

BEDNARIK M., HOLZER R. A TORNYAI R. (2018): Účelová mapa inženýrskogeologické rajonizace M 1:10 000. Lokalita Horka, MS SÚRAO TZ 151/2018.

BUREŠ P., GRÜNWALD L., POŘÍZEK J., ZAHRADNÍK O., VEVERKA A., FIEDLER F., NOHEJL J., BAUDIS J., KOBYLKA D. A MAREK P. (2018a): Studie umístitelnosti v lokalitě Horka, MS SÚRAO TZ 137/2017.

BUREŠ P., GRÜNWALD L., POŘÍZEK J., ZAHRADNÍK O., VEVERKA A., FIEDLER F., NOHEJL J., BAUDIS J., KOBYLKA D. A MAREK P. (2018b): Studie umístitelnosti HÚ v lokalitě Čihadlo, MS SÚRAO TZ 140/2017

BUREŠ P., GRÜNWALD L., POŘÍZEK J., ZAHRADNÍK O., VEVERKA A., FIEDLER F., NOHEJL J., BAUDIS J., KOBYLKA D., MAREK P. A BÜRGERMEISTEROVÁ R. (2018c): Studie umístitelnosti HÚ v lokalitě Čertovka, MS SÚRAO TZ 141/2017.

BUREŠ P., GRÜNWALD L., POŘÍZEK J., ZAHRADNÍK O., VEVERKA A., FIEDLER F., NOHEJL J., BAUDIS J., KOBYLKA D., MAREK P. A BÜRGERMEISTEROVÁ R. (2018d): Studie umístitelnosti HÚ v lokalitě Magdaléna, MS SÚRAO TZ 142/201047.

CRAWFORD, G., WILLIAMS C. (1985): The Analysis of Subjective Judgment Matrices, The Rand Corporation, California,

ČERNÝ M., UHLÍK J., MILICKÝ M., GVOŽDÍK L. (2020a): Pasport aktualizovaného detailního hydraulického modelu. Lokalita Magdaléna., MS SÚRAO TZ 471/2020

ČERNÝ M., UHLÍK J., MILICKÝ M., GVOŽDÍK L. (2020b): Pasport aktualizovaného detailního hydraulického modelu. Lokalita Čertovka., MS SÚRAO TZ 472/2020

ČERVINKA R., GONDOLLI J. (2016): Výběr reprezentativních podzemních vod a příprava jejich syntetických ekvivalentů, MS SÚRAO TZ 41/2016.

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): 3D strukturně geologické modely potenciálních lokalit HÚ, MS SÚRAO TZ 229/2018, Praha, 594 str.

HANÁK, J., ONDRA P. A HAVLOVÁ V. (2015): Rešerše petrofyzikálních dat pro území potenciálních lokalit HÚ, MS SÚRAO TZ 23/2015.

HANÁK J., CHLUPÁČOVÁ M., ONDRA P., HROUDA F., SOSNA K., ŽIŽKA J., KAŠPAREC I. A DĚDEČEK P. (2017): Stanovení petrofyzikálních charakteristik horninového prostředí pro území potenciálních lokalit HÚ, MS SÚRAO TZ 103/2017.

HANÁK J. A ONDRA P. (2018): Petrofyzikální charakteristika horninového prostředí na lokalitě HÚ EDU – západ, MS SÚRAO TZ 116/2018, příloha.

HANŽL P., AUE M., ČOUPEK P., FIEDLER F., FRANĚK J., HRDLÍČKOVÁ K., KAROUS M., KRAJÍČEK L., KRYŠTOFOVÁ E., PALEČEK M., PERTOLDOVÁ J., POŘÁDEK P., RUKAVIČKOVÁ L., SOEJONO I. A ŠVAGERA O. (2018): Zhodnocení geologických a dalších informací vybraných částí českého moldanubika z hlediska potenciální vhodnosti pro umístění HÚ – EDU Západ; Lokalita HÚ EDU západ – souhrnná závěrečná zpráva, MS SÚRAO TZ 219/2018.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., ČERNÝ M., ŘÍHA J., ČERVINKA R. (2018a): Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Březový potok, MS SÚRAO TZ 276/2018.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., ČERNÝ M., ŘÍHA J., ČERVINKA R. (2018b): Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Čertovka, MS SÚRAO TZ 277/2018.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., POLÁK M., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., ŘÍHA J., ČERVINKA R., BUKOVSKÁ Z. (2018c): Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Čihadlo, MS SÚRAO TZ 278/2018.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., JANKOVEC J., ŘÍHA J., ČERVINKA R. (2018d): Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Dukovany-západ (EDU-Z), MS SÚRAO TZ 279/2018.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., UHLÍK J., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., ŘÍHA J., ČERVINKA R. (2018e): Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Horka, MS SÚRAO TZ 280/2018.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., BAIER J., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., ŘÍHA J., ČERVINKA R. (2018f): Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Hrádek, MS SÚRAO TZ 281/2018.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., UHLÍK J., ŘÍHA J., ČERVINKA R. (2018g): Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Kraví hora, MS SÚRAO TZ 282/2018.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., ČERNÝ M., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., ŘÍHA J., ČERVINKA R. (2018h): Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Magdaléna, MS SÚRAO TZ 283/2018.

HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., JANKOVEC J., ŘÍHA J., ČERVINKA R. (2018i): Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Temelín-jih (ETE-J), MS SÚRAO TZ 284/2018.

HROCH T., PAČES T., HOŠEK J., NÝVLT D., ŠEBESTA J. A HEJTMÁNKOVÁ P. (2015): Erozní stabilita území, MS SÚRAO TZ 25/2015.

JANKOVEC J., MILICKÝ M., GVOŽDÍK L., POLÁK M., UHLÍK J., ČERNÝ M., ZEMAN O., BAIER J. (2020a): Pasport aktualizovaného detailního hydraulického modelu. Lokalita Na Skalném., MS SÚRAO TZ 473/2020

JANKOVEC, J., UHLÍK J., ČERNÝ, M. (2020b): Pasport aktualizovaného detailního hydraulického modelu. Lokalita ETE-jih., MS SÚRAO TZ 474/2020

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. – Závěrečná zpráva, MS SÚRAO TZ 286/2018.

KALÁB Z., ŠILENÝ J., LEDNICKÁ M. A JECHUMTÁLOVÁ Z. (2015): Seismická stabilita území, MS SÚRAO TZ 26/2015.

KOBYLKA D. (2019): Optimalizace vzájemné vzdálenosti UOS, MS SÚRAO TZ 135/2017.

KRAJÍČEK, L., BRODECKÁ A., DANĚK T., CEJNAR P., CHLANOVÁ L., KAREL J., KUBEŠOVÁ A., VOLF O A WICHSOVÁ M. (2018), Studie vlivů HÚ v lokalitě Na Skalném na životní prostředí, MS SÚRAO TZ 219/2018, příloha č. 3.

KRÁSNÝ J. (2012): Podzemní vody České republiky: regionální hydrogeologie prostých a minerálních vod. Praha. Česká geologická služba, 2012. ISBN 978-80-7075-797-0.

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.

MALÍK J. (2018): Účelová mapa inženýrskogeologické rajonizace M 1:10 000, lokalita Čertovka, MS SÚRAO TZ 155/2018.

MAREK P. (2018a): Studie vlivů na životní prostředí – Kraví Hora, MS SÚRAO TZ 143/2017.

MAREK P. (2018b): Studie vlivů na životní prostředí – Horka, MS SÚRAO TZ 144/2017.

MAREK P. (2018c): Studie vlivů na životní prostředí – Hrádek, MS SÚRAO TZ 145/2017.

MAREK P. (2018d): Studie vlivů na životní prostředí – Březový potok, MS SÚRAO TZ 146/2017.

MAREK P. (2018e): Studie vlivů na životní prostředí – Čihadlo, MS SÚRAO TZ 147/2017.

MAREK P. (2018f): Studie vlivů na životní prostředí – Čertovka, MS SÚRAO TZ 148/2017.

MAREK P. (2018g): Studie vlivů na životní prostředí – Magdaléna, MS SÚRAO TZ 149/2017.

MARTINČÍK J., VRBA T., ČECHÁK T., THINOVÁ L., PRŮŠA P., MUSÍLEK L., ZAHRADNÍK O., LOUŽENSKÝ T., VEVERKA A., NOHEJL J. A FIEDLER F. (2018a): Studie zadávací bezpečnostní zprávy na lokalitě Kraví hora – provozní bezpečnost, MS SÚRAO TZ 157/2017.

MARTINČÍK J., VRBA T., ČECHÁK T., THINOVÁ L., PRŮŠA P., MUSÍLEK L., ZAHRADNÍK O., LOUŽENSKÝ T., VEVERKA A., NOHEJL J. A FIEDLER F. (2018b): Studie zadávací bezpečnostní zprávy na lokalitě Horka – provozní bezpečnost, MS SÚRAO TZ 158/2017.

MARTINČÍK J., VRBA T., ČECHÁK T., THINOVÁ L., PRŮŠA P., MUSÍLEK L., ZAHRADNÍK O., LOUŽENSKÝ T., VEVERKA A., NOHEJL J. A FIEDLER F. (2018c): Studie zadávací bezpečnostní zprávy na lokalitě Hrádek – provozní bezpečnost, MS SÚRAO TZ 159/2017.

MARTINČÍK J., VRBA T., ČECHÁK T., THINOVÁ L., PRŮŠA P., MUSÍLEK L., ZAHRADNÍK O., LOUŽENSKÝ T., VEVERKA A., NOHEJL J. A FIEDLER F. (2018d): Studie zadávací bezpečnostní zprávy na lokalitě Březový potok – provozní bezpečnost, MS SÚRAO TZ 160/2017.

MARTINČÍK J., VRBA T., ČECHÁK T., THINOVÁ L., PRŮŠA P., MUSÍLEK L., ZAHRADNÍK O., LOUŽENSKÝ T., VEVERKA A., NOHEJL J. A FIEDLER F. (2018e): Studie zadávací bezpečnostní zprávy na lokalitě Čihadlo – provozní bezpečnost, MS SÚRAO TZ 161/2017.

MARTINČÍK J., VRBA T., ČECHÁK T., THINOVÁ L., PRŮŠA P., MUSÍLEK L., ZAHRADNÍK O., LOUŽENSKÝ T., VEVERKA A., NOHEJL J. A FIEDLER F. (2018f): Studie zadávací bezpečnostní zprávy na lokalitě Čertovka – provozní bezpečnost, MS SÚRAO TZ 162/2017.

MARTINČÍK J., VRBA T., ČECHÁK T., THINOVÁ L., PRŮŠA P., MUSÍLEK L., ZAHRADNÍK O., LOUŽENSKÝ T., VEVERKA A., NOHEJL J. A FIEDLER F. (2018g): Studie zadávací bezpečnostní zprávy na lokalitě Magdaléna – provozní bezpečnost, MS SÚRAO TZ 163/2017.

MARTINČÍK J., VRBA T., ČECHÁK T., THINOVÁ L., PRŮŠA P., MUSÍLEK L., ZAHRADNÍK O., LOUŽENSKÝ T., VEVERKA A., NOHEJL J. A FIEDLER F. (2018h): Studie zadávací bezpečnostní zprávy na lokalitě Janoch – provozní bezpečnost, MS SÚRAO TZ 317/2018.

MARTINČÍK J., VRBA T., ČECHÁK T., THINOVÁ L., PRŮŠA P., MUSÍLEK L., ZAHRADNÍK O., LOUŽENSKÝ T., VEVERKA A., NOHEJL J. A FIEDLER F. (2018i): Studie zadávací bezpečnostní zprávy na lokalitě Na Skalním – provozní bezpečnost, MS SÚRAO TZ 318/2018.

MIXA P., SKÁCELOVÁ Z., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., BURIÁNEK D., DUDÍKOVÁ B., FRANĚK F., HRDLÍČKOVÁ K., NAHODILOVÁ R., SOEJONO I., VERNER K., ŽÁČEK V., PETYNIÁK O., RUKAVIČKOVÁ L., JELÍNEK J., KRYŠTOFOVÁ E., KŮRKOVÁ I., HOLEČEK J., ŘIHOŠEK J., GRUNDLOCH J., PACHEROVÁ P., KOLEJKA V., HUDEČKOVÁ E., JELÉNEK J., PECINA V., KRYL J., ŠVAGERA O., GILÍKOVÁ H., LOJKA R., PEŘESTÝ V., VOREL T., KNOTEK J., HEJTMÁNKOVÁ P., KUNCEOVÁ E., MÜLLEROVÁ P., KUČERA R., HECKELOVÁ M., ZEMKOVÁ M. (2019): Shrnutí výsledků geologických a geofyzikálních výzkumných prací provedených v období 9/2017–6/2019 pro aktualizaci hodnocení potenciálních lokalit hlubinného úložiště RAO, MS SÚRAO TZ 412/2019.

NAVRÁTILOVÁ V., TLAMSA J., SOSNA K., SKOŘEPA Z., NOŽIČKA L., BROTÁNEK F., KRUPÍČKOVÁ L., KOUBOVÁ R., ŠINDELÁŘOVÁ J., HEJRAL J. A PROVAZNÍK J. (2018), Předběžná studie proveditelnosti – lokalita ETE-JIH, MS SÚRAO TZ 222/2018, příloha závěrečné zprávy.

NAVRÁTILOVÁ V., TLAMSA J., SOSNA K., SKOŘEPA Z., NOŽIČKA L., BROTÁNEK F., KRUPÍČKOVÁ L., KOUBOVÁ R., ŠINDELÁŘOVÁ J., HEJRAL J. A PROVAZNÍK J. (2018), Studie vlivů na životní prostředí (EIA) – lokalita ETE-jih, MS SÚRAO TZ 222/2018, příloha závěrečné zprávy.

NOVOTNÝ J. (2018): Účelová mapa inženýrskogeologické rajonizace M 1:10 000, lokalita Čihadlo, MS SÚRAO TZ 154/2018.

NÝVLT D. A DOBROVOLNÝ P. (2015): Klimatická stabilita území, MS SÚRAO TZ 22/2015.

PETRUŽÁLEK M. (2017): Stanovení mechanických vlastností hlavních petrografických typů na potenciálních lokalitách HÚ, MS SÚRAO TZ 88/2017.

POLÁK M., GVOŽDÍK L., MILICKÝ M., UHLÍK J. (2020): Pasport aktualizovaného detailního hydraulického modelu. Lokalita Čihadlo., MS SÚRAO TZ 475/2020

POSPÍŠIL P., KOVÁŘ L., GRYGAR R. A RAPANTOVÁ N. (2018): Účelová mapa inženýrskogeologické rajonizace M 1 : 10 000, lokalita Kraví hora, MS SÚRAO TZ 150/2018.

ROUT J. A MAŠÍN D. (2018): Účelová mapa inženýrskogeologické rajonizace M 1:10 000. Lokalita Hrádek, MS SÚRAO TZ 153/2018.

ŘÍHA J., UHLÍK J., GRECKÁ M., BAIER J., ČERNÝ M., GVOŽDÍK L., HAVLOVÁ V., KRÁLOVCOVÁ J., MARYŠKA J., MILICKÝ M., POLÁK M. A TRPKOŠOVÁ D. (2018): Transportní modely – závěrečná zpráva, MS SÚRAO TZ 324/2018.

SAATY, T.L. (1980): The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York

SCHRÖFEL J., CHAMRA S., STEIGER M. A VALENTA J. (2018): Účelová IG-mapa 1:10 000, lokalita Magdaléna, MS SÚRAO TZ 156/2017.

ŠPINKA O., GRÜNWARD, L. ZAHRADNÍK O., VEVERKA A., FIEDLER F., NOHEJL J., POŘÍZEK J. A KOBYLKA D. (2018a): Studie umístitelnosti HÚ v lokalitě Kraví hora, MS SÚRAO TZ 136/2017.

ŠPINKA O., GRÜNWARD, L. ZAHRADNÍK O., VEVERKA A., FIEDLER F., NOHEJL J., POŘÍZEK J. A KOBYLKA D. (2018b): Studie umístitelnosti v lokalitě Hrádek, MS SÚRAO TZ 138/2017.

ŠPINKA O., GRÜNWARD, L. ZAHRADNÍK O., VEVERKA A., FIEDLER F., NOHEJL J., POŘÍZEK J. A KOBYLKA D. (2018c): Studie umístitelnosti v lokalitě Březový potok, MS SÚRAO TZ 139/2017.

TRIANAPHYLLOU E. (2000): Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study, Springer-Science Business Media B.V. ISBN 978-1-4757-3157-6 (eBook)

TRPKOŠOVÁ D., HAVLOVÁ V., DOBREV, D., HUSTÁKOVÁ H., GONDOLLI J., KLAJMON M., MIRANDA AMN, VEČERNÍK P., BUKOVSKÁ Z., RATAJ J., FRÝBORT J., FEJT F., ŠTABMERG K., VETEŠNÍ A., VOPÁLKA D., UHLÍK J., GVOŽDÍK L., KRÁLOVCOVÁ J., ŘÍHA J., MARYŠKA J., STEINOVÁ J., STAŠ L. (2018): Bezpečnostní rozbor dlouhodobé bezpečnosti hlubinného úložiště na lokalitě Kraví hora, MS SÚRAO TZ 334/2018, Praha

UHLÍK J., KRÁLOVCOVÁ J., TRPKOŠOVÁ D., BAIER J., BALVÍN A., BŘEZINA J., MILICKÝ M., GVOŽDÍK L., POLÁK M., ŘÍHA J., ŠKARDIOVÁ I. (2015): Rešerše zahraničních přístupů k modelování HÚ, metodika a koncepce řešení, MS SÚRAO TZ 1/2015, Praha

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

UHLÍK J., JANKOVEC J., GVOŽDÍK L., MILICKÝ M. (2020a): Pasport aktualizovaného detailního hydraulického modelu. Lokalita Horka., MS SÚRAO TZ 476/2020

UHLÍK J., JANKOVEC J., GVOŽDÍK L., MILICKÝ M. (2020b): Pasport aktualizovaného detailního hydraulického modelu. Lokalita Kraví hora., MS SÚRAO TZ 477/2020

VOKÁL A., POSPÍŠKOVÁ I., VONDROVIC L., STEINEROVÁ L., KOVÁČIK M. A ČECH P. (2017): Metodický pokyn SÚRAO MP.22, Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště, vydání 03, 2017

VOKÁL A., ANTOŠ J., AUGUSTA J., BÁRTA K., ČECH P., KONOPÁČOVÁ K., KOVÁČIK M., LAHODOVÁ Z., POPELOVÁ E., POSPÍŠKOVÁ I. A VONDROVIC L. (2018a): Studie zadávací bezpečnostní zprávy pro umístění HÚ v lokalitě Březový potok, MS SÚRAO TZ 297/2018.

VOKÁL A., ANTOŠ J., AUGUSTA J., BÁRTA K., ČECH P., KONOPÁČOVÁ K., KOVÁČIK M., LAHODOVÁ Z., POPELOVÁ E., POSPÍŠKOVÁ I. A VONDROVIC L. (2018b): Studie zadávací bezpečnostní zprávy pro umístění HÚ v lokalitě Čertovka, MS SÚRAO TZ 298/2018

VOKÁL A., ANTOŠ J., AUGUSTA J., BÁRTA K., ČECH P., KONOPÁČOVÁ K., KOVÁČIK M., LAHODOVÁ Z., POPELOVÁ E., POSPÍŠKOVÁ I. A VONDROVIC L. (2018c): Studie zadávací bezpečnostní zprávy pro umístění HÚ v lokalitě Čihadlo, MS SÚRAO TZ 299/2018.

VOKÁL A., ANTOŠ J., AUGUSTA J., BÁRTA K., ČECH P., KONOPÁČOVÁ K., KOVÁČIK M., LAHODOVÁ Z., POPELOVÁ E., POSPÍŠKOVÁ I. A VONDROVIC L. (2018 d): Studie zadávací bezpečnostní zprávy pro umístění HÚ v lokalitě Horka, MS SÚRAO TZ 300/2018.

VOKÁL A., ANTOŠ J., AUGUSTA J., BÁRTA K., ČECH P., KONOPÁČOVÁ K., KOVÁČIK M., LAHODOVÁ Z., POPELOVÁ E., POSPÍŠKOVÁ I. A VONDROVIC L. (2018e): Studie zadávací bezpečnostní zprávy pro umístění HÚ v lokalitě Hrádek, MS SÚRAO TZ 301/2018.

VOKÁL A., ANTOŠ J., AUGUSTA J., BÁRTA K., ČECH P., KONOPÁČOVÁ K., KOVÁČIK M., LAHODOVÁ Z., POPELOVÁ E., POSPÍŠKOVÁ I. A VONDROVIC L. (2018f): Studie zadávací bezpečnostní zprávy pro umístění HÚ v lokalitě Janoch, MS SÚRAO TZ 302/2018.

VOKÁL A., ANTOŠ J., AUGUSTA J., BÁRTA K., ČECH P., KONOPÁČOVÁ K., KOVÁČIK M., LAHODOVÁ Z., POPELOVÁ E., POSPÍŠKOVÁ I. A VONDROVIC L. (2018g): Studie zadávací bezpečnostní zprávy pro umístění HÚ v lokalitě Kraví hora, MS SÚRAO TZ 303/2018.

VOKÁL A., ANTOŠ J., AUGUSTA J., BÁRTA K., ČECH P., KONOPÁČOVÁ K., KOVÁČIK M., LAHODOVÁ Z., POPELOVÁ E., POSPÍŠKOVÁ I. A VONDROVIC L. (2018h): Studie zadávací bezpečnostní zprávy pro umístění hlubinného úložiště v lokalitě Magdaléna, MS SÚRAO TZ 304/2018.

VOKÁL A., ANTOŠ J., AUGUSTA J., BÁRTA K., ČECH P., KONOPÁČOVÁ K., KOVÁČIK M., LAHODOVÁ Z., POPELOVÁ E., POSPÍŠKOVÁ I. A VONDROVIC L. (2018i): Studie zadávací bezpečnostní zprávy pro umístění HÚ v lokalitě Na Skalním, MS SÚRAO TZ 305/2018.

ZAHRADNÍK O., BUREŠ P., HABARTA D., GRÜN WALD L., ŠPINKA O., BUTOVIČ A., BABIČ M., MAKÁSEK M. (2020): Doplněk ke studiím umístitelnosti HÚ v kandidátních lokalitách, MS SÚRAO TZ 442/2019

Vyhláška SÚJB č. 378/2016 Sb., o umístění jaderného zařízení, ČR, 2016

Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, v platném znění

Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon, ČR, 2016

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 (2015): Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations, Specific Safety Guide, No. SSG-35, Vienna, 2015

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



SÚRAO

SPRÁVA ÚLOŽIŠŤ
RADIOAKTIVNÍCH
ODPADŮ

NAŠE
BEZPEČNÁ
BUDOUCNOST

info@surao.cz | www.surao.cz