

METODIKA VÝBĚRU FINÁLNÍ A ZÁLOŽNÍ LOKALITY PRO HLUBINNÉ ÚLOŽIŠTĚ V ČESKÉ REPUBLICE

Autoři: Markéta Dohnálková a kol.

Praha, 2024

NÁZEV ZPRÁVY: Metodika výběru finální a záložní lokality pro hlubinné úložiště v České republice

AUTORSKÝ KOLEKTIV: Dohnálková Markéta, Hausmannová Lucie, Popelová Eva, Vencí Marek, Matulová Michaela, Mikláš Ondřej, Augusta Jaromír

BIBLIOGRAFICKÝ ZÁPIS: Dohnálková M., Hausmannová L., Popelová E., Vencí M., Matulová M., Mikláš O. a Augusta J., (2024): Metodika výběru finální a záložní lokality pro hlubinné úložiště v České republice, MS SURAO, TZ 759/2024, Praha.

Revizní list:

Strana/ kapitola	Povaha změny	Datum	Zpracoval	Schválil

Obsah

1	Úvod	14
1.1	Výchozí stav	14
1.2	Související dokumenty	18
1.3	Rozsah platnosti	19
1.4	Změny dokumentu	19
2	Přístup k výběru finální a záložní lokality	21
2.1	Návaznost na předchozí práce	23
2.2	Předpoklady	24
2.3	Plošný rozsah lokalit	26
2.4	Časový harmonogram	28
2.5	Použitá data	29
2.6	Popisné modely vybraných lokalit	30
2.7	Výstupní studie	34
3	Proces hodnocení lokalit pro výběr finální a záložní lokality	36
3.1	Postup hodnocení	36
3.2	První krok hodnocení – Vyloučení rizik	38
3.2.1	Screeningová vylučující kritéria	38
3.3	Druhý krok hodnocení – předběžné posouzení dlouhodobé bezpečnosti vybraných lokalit	45
3.3.1	Průkaz dlouhodobé bezpečnosti českého ukládacího konceptu pro vyhořelé jaderné palivo na Referenční lokalitě	46
3.3.2	Předběžné posouzení dlouhodobé bezpečnosti českého ukládacího konceptu ve vybraných lokalitách	47
3.4	Třetí krok hodnocení – uplatnění předností (vzájemné porovnání lokalit) na základě stanovení klíčových porovnávacích kritérií	49
3.4.1	Zdůvodnění výběru klíčových porovnávacích kritérií pro výběr finální a záložní lokality hlubinného úložiště v ČR	50
3.5	Specifikace klíčových porovnávacích kritérií	52
3.5.1	Klíčové kritérium K1: Geologické a strukturní vlastnosti	53
3.5.2	Klíčové kritérium K2: Mechanické a fyzikální vlastnosti hornin	54
3.5.3	Klíčové kritérium K3: Stabilita lokality	55
3.5.4	Klíčové kritérium K4: Hydrogeologické a transportní vlastnosti	56
3.5.5	Klíčové kritérium K5: Fyzikálně – chemické a geochemické vlastnosti podzemních vod	58
3.5.6	Klíčové kritérium K6: Velikost podzemní části úložiště	58

3.6	Nejistoty hodnocení.....	60
3.6.1	Vstupní data.....	61
3.6.2	Matematické modely	61
3.7	Systematické hodnocení lokalit na základě metodiky	62
4	Závěr	64
5	Reference.....	65

Seznam použitých zkratk

ČR	Česká republika
DFN	Discrete Fracture Network
DOM	dávková optimalizační mez
EDU	Jaderná elektrárna Dukovany
ETE	Jaderná elektrárna Temelín
EU	Evropská unie
EURATOM	Evropské společenství pro atomovou energii
GWTF	Ground Water Flow
HÚ	hlubinné úložiště
IAEA	Mezinárodní agentura pro atomovou energii
JE	jaderná elektrárna
LTD	Long Term Diffusion
MP	metodický pokyn (SÚRAO)
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
OS	obalový soubor
PA	povrchový areál
PP	přírodní památka
PR	přírodní rezervace
PSHA	Pravděpodobnostní hodnocení seismického ohrožení (Probabilistic Seismic Hazard Assessment)
PÚZZK	Průzkumné území pro zvláštní zásah do zemské kůry
RAO	radioaktivní odpad(y)
RN	radionuklid
SAO	středněaktivní odpad
Sb.	Sbírka

SC1	Safety Case 1 = průkaz dlouhodobé bezpečnosti českého ukládacího konceptu pro vyhořelé jaderné palivo na Referenční lokalitě
SDM	Popisný model lokality (site descriptive model)
SKB	Švédská organizace pro nakládání s radioaktivními odpady (Svensk Kärnbränslehantering AB)
SSG	specifický bezpečnostní návod
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
VAO	vysokoaktivní odpad
VJP	vyhořelé jaderné palivo
Vyhl.	Vyhláška
ZUPA	zájmové území povrchového areálu hlubinného úložiště
ŽP	životní prostředí

Vysvětlení pojmů

Bezpečnostní funkce

Bezpečnostní funkce je činnost systému, konstrukce, komponenty nebo jiné součásti jaderného zařízení, která je významná pro zajišťování jaderné bezpečnosti jaderného zařízení. V případě hlubinného úložiště je plnění bezpečnostních funkcí definováno těmito požadavky:

- a. zajistit podkritičnost, a to již v projektu,
- b. zajistit takové vlastnosti zařízení, které omezí ozáření radiačních pracovníků a obyvatel,
- c. zajistit odvod zbytkového tepla,
- d. zabránit úniku radioaktivních látek a
- e. zajistit manipulovatelnost s radioaktivním odpadem (v povrchové části HÚ).

Dávková optimalizační mez

Efektivní dávka, která podle principu optimalizace radiační ochrany (§ 82 zákona č. 263/2016 Sb., Atomový zákon) nesmí být překročena. V případě hlubinného úložiště jde o dávku 0,25 mSv za rok pro reprezentativní osobu.

Efektivní dávka

Efektivní dávka je součet součinů tkáňových váhových faktorů a ekvivalentní dávky v ozářených tkáních nebo orgánech; tkáňový váhový faktor stanoví příloha č. 2 k vyhl. č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje.

Fyzická ochrana

Fyzická ochrana je systém technických a organizačních opatření zabraňující neoprávněným činnostem s jaderným zařízením nebo jaderným materiálem.

Hlubinné úložiště

Hlubinným úložištěm je jaderné zařízení sloužící k trvalému ukládání radioaktivního odpadu nejméně v hloubce 300 m pod zemským povrchem tak, aby jeho umístění vyhovovalo podmínkám jaderné bezpečnosti pro ukládání vysokoaktivního odpadu.

Homogenní blok

Horninový blok mocnosti 50 m vymezený zlomy regionálního významu na úrovni 500 m pod lokální drenážní bází.

Charakteristiky území, při jejichž dosažení je umístění jaderného zařízení zakázáno

Charakteristikou území k umístění hlubinného úložiště, při jejímž dosažení je umístění hlubinného úložiště zakázáno podle § 18 vyhl. č. 378/2016 Sb., je:

- a) horninové prostředí, které umožňuje migraci radioaktivních, chemických a toxických látek, které se mohou uvolnit z uloženého radioaktivního odpadu tak, že při očekávaném vývoji hlubinného úložiště dojde k většímu ozáření reprezentativní osoby, než je dáno dávkovou optimalizační mezí (0,25 mSv za kalendářní rok - § 82 z. č. 263/2016 Sb., Atomový zákon),
- b) nemožnost vytvoření:
 - 1) komplexního prostorového modelu geologické stavby z důvodu složité geologické stavby a tektonických poměrů,
 - 2) hydrogeologického modelu v důsledku obtížné popsitelnosti a predikovatelnosti hydrogeologických poměrů území k umístění jaderného zařízení, nebo
 - 3) geomechanických a geochemických modelů území k umístění jaderného zařízení, nebo
- c) přítomnost zdrojů geotermální energie.

V § 18 vyhl. č. 378/2016 Sb. uveden výčet vlastností území, které je třeba hodnotit, ale nejsou uvedeny hodnoty, podle kterých by bylo možno porovnávat potenciální území pro umístění hlubinného úložiště.

Charakteristika porušení území k umístění jaderného zařízení zlomem, při jejímž dosažení je umístění jaderného zařízení zakázáno

Charakteristikou porušení území k umístění hlubinného úložiště, při jejímž dosažení je umístění hlubinného úložiště zakázáno podle § 6 vyhl. č. 378/2016 Sb. je:

- a) výskyt zóny pohybové nebo seismicky aktivního zlomu nebo jiného pohybu zemské kůry, který by mohl způsobit deformaci jaderného zařízení snižující jadernou bezpečnost, do vzdálenosti 5 km,
- b) vznik doprovodného zlomu na pozemku jaderného zařízení.

Chráněný prostor

Chráněný prostor je prostor, v němž se nalézá jaderný materiál II. kategorie, vnitřní prostor nebo životně důležitý prostor.

Institucionální kontrola

Institucionální kontrola je soubor činností, kterými je zajišťována údržba a sledování území a vlastního úložiště radioaktivního odpadu po uzavření úložiště radioaktivního odpadu, a to po dobu stanovenou v dokumentaci pro povolovanou činnost.

Inženýrská bariéra

Člověkem vytvořená bariéra brání transportu radionuklidů či ztrátě bezpečnostní funkce bariér úložiště, například obalové soubory či těsnicí materiály.

Izolační část úložiště

Horninové prostředí s radioaktivními odpady, kde nejsou přítomny zlomy regionálního ani lokálního významu ani další jiné strukturní prvky, které by mohly ohrožovat dlouhodobou bezpečnost hlubinného úložiště.

Jaderná bezpečnost

Jaderná bezpečnost je stav a schopnost jaderného zařízení a fyzických osob obsluhujících jaderné zařízení zabránit nekontrolovatelnému rozvoji štěpné řetězové reakce nebo úniku radioaktivních látek anebo ionizujícího záření do životního prostředí a omezit následky nehod.

Jaderné zařízení

- 1) stavba nebo provozní celek, jehož součástí je jaderný reaktor využívající štěpnou řetězovou reakci nebo jinou řetězovou jadernou reakci,
- 2) sklad vyhořelého jaderného paliva,
- 3) sklad čerstvého jaderného paliva, pokud není součástí jiného jaderného zařízení,
- 4) obohacovací závod, závod na výrobu jaderného paliva nebo závod na přepracování vyhořelého jaderného paliva,
- 5) sklad radioaktivního odpadu, s výjimkou zařízení pro skladování radioaktivních odpadů, které je součástí jiného jaderného zařízení nebo jiného pracoviště, kde se vykonává radiační činnost,
- 6) úložiště radioaktivního odpadu, s výjimkou úložiště obsahujícího výlučně přírodní radionuklidy.

Konzervativní přístup

Způsob posuzování vlivu neurčitostí znalostí, vstupních dat, použitých metod a modelů odborným odhadem nebo statistickým vyhodnocením výsledku tak, že výsledek hodnocení posuzované položky zahrnuje též jeho nejméně příznivé věrohodné varianty.

Lokální drenážní báze

Lokální drenážní báze představuje nejnižší bod v rámci posuzované oblasti, kam je odváděna voda z jejího okolí. Je určena lokálními podmínkami, například hladinou řeky, jezera, mokřadu nebo jiným přirozeným či umělým nízko položeným místem. Tento bod ovlivňuje směr a míru odvodnění oblasti a hraje klíčovou roli při hodnocení hydrologického a hydrogeologického režimu.

Obalový soubor

Obalový soubor je soubor konstrukčních dílů nezbytných k úplnému uzavření radioaktivního obsahu.

Ochrana do hloubky

Ochrana do hloubky je způsob ochrany založený na několika nezávislých úrovních stupňovitě bránících vzniku možnosti ozáření pracovníků a obyvatelstva, šíření ionizujícího záření a úniku radioaktivních látek do životního prostředí.

Perspektivní území pro projektové práce

Perspektivní území pro projektové práce představuje plošný průmět homogenních bloků na jejich bázi – 500 m pod lokální drenážní bází.

Popisný model lokality

Vizuálně-matematická popisná charakterizace lokality a jejího regionálního uspořádání zahrnující všechny relevantní složky geosféry a povrchového ekosystému.

Posuzování území k umístění jaderného zařízení

Podle vyhl. č. 378/2016 Sb. výsledky posuzování území k umístění jaderného zařízení musí být srovnány s charakteristikami vlastností území, při jejichž dosažení je umístění jaderného zařízení zakázáno. Posuzování musí zahrnout hodnocení:

- a) souběžného působení a vzájemného ovlivňování vlastností, jejich intenzity a doby trvání,
- b) budoucího vývoje vlastností území.

Pozemek jaderného zařízení

Část území k umístění jaderného zařízení, na které se bude ve fázích životního cyklu následujících po umístění jaderného zařízení nacházet areál jaderného zařízení.

Pracoviště IV. kategorie

Pracoviště IV. kategorie je, ve smyslu z. č. 263/2016 Sb. a jeho prováděcích vyhlášek, pracoviště s jaderným zařízením.

Projekt

Slovo projekt má dva významy, jednak jde o:

- 1) časově ohraničenou a ucelenou sadu činností a procesů, jejímž cílem je zavedení, vytvoření nebo změna něčeho konkrétního, například projekt hlubinného úložiště, či
- 2) konstrukci, návrh či uspořádání hlubinného úložiště neboli anglicky design.

Místo projektu se v prvním významu tohoto slova používá rovněž termín program, například program přípravy hlubinného úložiště.

Radiační havárie

Radiační havárie – je radiační mimořádná událost nezvládnutelná silami a prostředky obsluhy nebo pracovníků vykonávajících práci v aktuální směně HÚ, při jejíž činnosti radiační mimořádná událost vznikla, která vyžaduje zavedení neodkladných ochranných opatření pro obyvatelstvo.

Radiační mimořádná událost

Radiační mimořádná událost je událost, která vede nebo může vést k překročení limitů ozáření a která vyžaduje opatření, jež by zabránila jejich překročení nebo zhoršování situace z pohledu zajištění radiační ochrany.

Radiační ochrana

Radiační ochrana je systém technických a organizačních opatření k omezení ozáření fyzické osoby a k ochraně životního prostředí před účinky ionizujícího záření.

Radioaktivní odpad

Věc, která je radioaktivní látkou nebo předmětem nebo zařízením ji obsahující nebo jí kontaminovaným, pro kterou se nepředpokládá další využití a která nesplňuje podmínky pro uvolňování radioaktivní látky z pracoviště stanovené zákonem č. 263/2016 Sb.

Referenční lokalita

Referenční lokalita – hypotetická lokalita umístěná ve vhodném bloku krystalické horniny na území ČR a použita pro hodnocení českého ukládacího konceptu. Předpokládá se, že parametry Referenční lokality jsou průměrné pro český masiv. Pro modely, které jsou vázané na lokálně specifická data, například na topologii terénu (většinou jsou to popisné modely jako geologický, hydrogeologický atd.), se používají data z lokality, kde byla pomocí modelu vypočítána nejvyšší (a tedy nejméně příznivá) rychlost proudění vody v úrovni úložiště.

Reprezentativní osoba

Jednotlivec z obyvatelstva zastupující modelovou skupinu fyzických osob, které jsou z daného zdroje a danou cestou nejvíce ozařovány.

Referenční projekt (řešení, komponenty, materiál) HÚ

Referenční projekt (řešení, komponenty, materiál) HÚ je technické řešení HÚ považované v dané době za nejvhodnější řešení bezpečnostního konceptu. Toto řešení se může měnit v závislosti na specifických charakteristikách lokalit či získáváním nových poznatků vedoucích k lepšímu řešení.

Riziko

Výskyt jevu, nebo stavu, který má potenciál způsobit škodu, nebo narušit bezpečnost hlubinného úložiště. V případě že je toto nebezpečí nepřijatelné, a nejsou k dispozici proveditelná technická opatření, bude považováno za vylučující kritérium.

Scénář

Posloupnost událostí zahrnující zejména náhodný výskyt iniciační události, odezvu jednotlivých systémů, konstrukcí a komponent zajišťujících bezpečnostní funkce a převedení JZ do bezpečného nebo jiného stavu.

Skladování RAO/VJP

Skladování RAO/VJP je předem časově omezené umístění radioaktivního odpadu nebo vyhořelého jaderného paliva do prostoru, objektu nebo zařízení s úmyslem jej znovu vyjmout.

Sklad VAO

Sklad VAO je určen ke skladování VP a pevných RAO produkovaných v ÚJV Řež, a. s. a CV Řež. Stavba skladu probíhala v letech 1981–1988. V roce 1995 byl zahájen zkušební provoz, od roku 1997 je sklad v trvalém provozu.

Střežený prostor

Střežený prostor je prostor, v němž se nalézá jaderný materiál III. kategorie, nebo chráněný prostor.

Technická bezpečnost

Technická bezpečnost je stav trvalé shody vybraného zařízení s technickými požadavky na něj kladenými, při němž není ohroženo lidské zdraví, životní prostředí a majetek.

Úložiště radioaktivního odpadu

Prostor, objekt nebo zařízení sloužící k ukládání radioaktivního odpadu.

Vyhořelé jaderné palivo

Ozářené jaderné palivo, které bylo trvale vyjmuto z aktivní zóny jaderného reaktoru a původce ho označil za odpad. Před prohlášením za odpad se používá termín použité palivo.

Vyřazování z provozu

Vyřazování z provozu jsou administrativní a technické činnosti, jejichž cílem je úplné vyřazení nebo vyřazení jaderného zařízení, pracoviště III. kategorie nebo pracoviště IV. kategorie s omezením k použití k dalším činnostem souvisejícím s využíváním jaderné energie nebo činnostem v rámci expozičních situací.

Abstrakt

Tento dokument popisuje metodiku hodnocení vybraných lokalit za účelem výběru finální a záložní lokality pro umístění hlubinného úložiště radioaktivních odpadů v České republice. Metodika hodnocení lokalit je klíčovým dokumentem procesu přípravy hlubinného úložiště. Tato metodika se zaměřuje na systematické zhodnocení čtyř vybraných lokalit, které prošly předchozími etapami hodnocení a fází zúžení počtu lokalit z 9 na 4. Metodika reflektuje požadavky výběru lokality na vyloučení potenciálních rizik na základě platné legislativy i požadavky dotčených dozorových orgánů.

Jejím cílem je komplexně zhodnotit klíčové faktory ovlivňující budoucí proveditelnost a bezpečnost hlubinného úložiště a v neposlední řadě identifikovat případné nevýhody spojené s jednotlivými lokalitami. Základním principem předkládané metodiky je strukturovaný přístup k analýze různých aspektů lokalit, s důrazem na efektivní identifikaci a prioritizaci možných rizik na základě získaných dat z dlouhodobého výzkumu vybraných lokalit i geologicko-průzkumných prací do hloubky budoucího úložiště.

Klíčová slova

Hlubinné úložiště, finální a záložní lokalita, kritérium, úložiště radioaktivního odpadu, hodnocení.

Abstract

This document describes the methodology for the evaluation of selected sites for the purpose of selecting the final and backup site for the location of a deep geological repository for radioactive waste in the Czech Republic. The site evaluation methodology is a key document in the process of development of a deep geological repository. This methodology focuses on the systematic evaluation of the four selected sites that have been through the previous site selection stages and the phase of reducing the number of sites from 9 to 4. The methodology reflects the requirements of site selection to eliminate potential risks based on the legislation as well as the requirements of the regulatory authorities concerned.

It aims to comprehensively assess the key factors affecting the future feasibility and safety of a deep geological repository and to identify potential disadvantages associated with each site. The basic principle of the presented methodology is a structured approach to the analysis of various aspects of the sites, with a focus to the effective identification and prioritisation of potential risks based on data obtained from long-term research of the selected sites and geological investigation work to the depth of the future repository.

Keywords

Deep geological repository, final and backup site, criterion, radioactive waste repository, evaluation.

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.

SÚRAO je v souladu s § 113 odst. 1 věta první zákona č. 263/2016 Sb., atomový zákon (dále také „AZ“ nebo „**atomový zákon**“) organizační složkou státu zřízenou Ministerstvem průmyslu a obchodu (dále také „MPO“) pro zajišťování činností spojených s ukládáním radioaktivního odpadu.

SÚRAO v souladu s § 113 odst. 5 AZ vykonává svoji činnost na základě vládou schváleného statutu a ročního, tříletého a dlouhodobého plánu činnosti.

Podle Statutu schváleného usnesením vlády č. 212 ze dne 22. března 2017 je posláním SÚRAO *„zajišťovat bezpečné nakládání s radioaktivními odpady dosud vyprodukovanými i budoucími, v souladu s vládou schválenou Koncepcí nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem v ČR a s požadavky na jadernou bezpečnost a ochranu člověka i životního prostředí před nežádoucími vlivy uložených odpadů.“*

Hlavní úkoly SÚRAO vyplývají z hlavního předmětu činnosti SÚRAO, který je vymezen v ustanovení § 113 odst. 4 AZ, přičemž dle § 113 odst. 4 písm. a) AZ je jedním z hlavních úkolů SÚRAO *„příprava, výstavba, uvádění do provozu, provoz a uzavření úložišť radioaktivního odpadu.“*

V souladu s § 108 odst. 1 věta první AZ zpracovává MPO pro nakládání s radioaktivním odpadem, včetně radioaktivního odpadu vzniklého při radiační havárii jako její důsledek, a vyhořelým jaderným palivem koncepci nakládání s radioaktivním odpadem a vyhořelým jaderným palivem, kterou pravidelně vyhodnocuje, nejméně jednou za 10 let, a v případě potřeby ji aktualizuje.

V § 108 odst. 2 AZ je stanoveno, že s radioaktivním odpadem a vyhořelým jaderným palivem lze nakládat pouze tak, aby současným i budoucím generacím nebyla způsobena nepřiměřená technická, ekonomická a společenská zátěž.

V souladu s § 108 odst. 1 AZ byla usnesením vlády ze dne 26. srpna 2019 č. 597/2019 schválena aktualizovaná Koncepce nakládání s radioaktivními odpady a s vyhořelým jaderným palivem v ČR (dále jen: „**Koncepce**“). Východiskem pro aktualizaci Koncepce byly požadavky vyplývající ze Směrnice Rady 2011/70/Euratom ze dne 19. července 2011, kterou se stanoví rámec společenství pro odpovědné a bezpečné nakládání s vyhořelým palivem a radioaktivním odpadem.

V souladu s čl. 2 Koncepce se při nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem uplatní mj. tyto hlavní zásady:

- Základní strategií ČR pro zneškodnění VJP je jeho přímé uložení do hlubinného úložiště.
- Do zprovoznění hlubinného úložiště budou VJP a RAO nepřijatelné do přípovrchových úložišť skladovány bezpečně u původců nebo v zařízeních SÚRAO.
- Nakládání s RAO a VJP a příprava hlubinného úložiště jsou prováděny v souladu se všemi legislativními požadavky, mezinárodními doporučeními a na úrovni současného poznání ve světě.

SÚRAO je v souladu s atomovým zákonem a Konceptí odpovědná za přípravu a vybudování hlubinného úložiště radioaktivního odpadu („HÚ“).

V souladu s Konceptí probíhá výběr lokality HÚ v několika fázích (etapách) postupného zužování počtu a plošného rozsahu lokalit.

Dle Koncepce byla v etapě výběru v letech 2014-2020 revidována dostupná data a proveden povrchový geologický průzkum bez prací se zásahem do pozemků. Výsledkem této etapy bylo zúžení počtu potenciálně vhodných lokalit, kde budou v následující etapě prováděna detailní geofyzikální, geochemická, hydrogeologická a geotechnická měření s využitím hlubokých vrtů. V souladu s konceptí bude dále vhodnost vybraných lokalit prokázána dokumenty v rozsahu studie hodnotící bezpečnost lokalit, které zhodnotí soulad s požadavky kladenými na lokalitu z hlediska její dlouhodobé bezpečnosti, studiemi umístitelnosti, které zhodnotí jak vhodnost technického řešení HÚ, tak náklady na jeho výstavbu v dané lokalitě, studiemi dopadu umístění úložiště na životní prostředí a studiemi socioekonomických dopadů na obce a mikroregion.

Koncepce obsahuje předběžný harmonogram (neaktualizovaný a současně nezohledňující podmínky Nařízení Evropské komise k Taxonomii EU – viz dále), dle něhož výběr dvou kandidátních lokalit na základě předběžné charakterizace lokalit se stanoviskem dotčených obcí měl být proveden v roce 2022, výběr finální lokality se stanoviskem dotčených obcí a podání žádosti o územní ochranu vybrané lokality v roce 2025 a zahájení provozu HÚ je předpokládáno v roce 2065.

Usnesením vlády č. 1350 ze dne 21. 12. 2020 o plánu činnosti Správy úložišť radioaktivních odpadů na rok 2021, tříletém plánu a dlouhodobém plánu a k přípravě hlubinného úložiště radioaktivního odpadu a vyhořelého jaderného paliva v České republice, vláda ve výroku I. /2 schválila v návaznosti na dokončení multikriteriálního hodnocení devíti potenciálních lokalit pro umístění HÚ návrh zúžení počtu lokalit pro budoucí hlubinné úložiště na 4 perspektivní pro navazující práce (Březový potok, Horka, Hrádek a Janoch, viz Obr.1) a informaci o dalším postupu prací k výběru dvou kandidátních lokalit, obsažených v části IV materiálu č. j. 1528/20. Dále bylo usnesením vlády ve výroku IV/1 uloženo místopředsedovi vlády, ministru průmyslu a obchodu a ministru dopravy předložit vládě do 31. prosince 2030 návrh finální lokality a návrh záložní lokality pro budoucí hlubinné úložiště radioaktivního odpadu a vyhořelého jaderného paliva.

Usnesením vlády ze dne 11. ledna 2023 byl schválen pod č. j. 7/2023 „Plán činnosti Správy úložišť radioaktivních odpadů na rok 2023, tříletý plán a dlouhodobý plán („**Plán činnosti**“).

Dle Plánu činnosti je pro čtyři vybrané lokality připravována návazná etapa prací za účelem získání dat z hloubky úložiště v režimu geologického výzkumu a průzkumu. Získání těchto dat je podmíněno nejen technickými možnostmi, ale především schválením průzkumného území pro zvláštní zásah do zemské kůry na dotčených lokalitách.



Obr. 1 Mapa 4 vybraných lokalit pro výběr finální a záložní lokality

Schválený Plán činnosti stanovil, že SÚRAO podá žádosti o stanovení průzkumných území na všech čtyřech potenciálních lokalitách pro hlubinné úložiště v první polovině roku 2023 s požadavkem jejich trvání nejméně do roku 2032. PÚZZK ve všech 4 lokalitách byly stanoveny v říjnu 2024. V řízeních o stanovení průzkumných území vydalo Ministerstvo životního prostředí rozhodnutí v říjnu 2024 (dále jen „Rozhodnutí PÚ ZZZK“), jímž na základě žádosti žadatele (Česká republika – Správa úložišť radioaktivních odpadů) rozhodlo tak, že v souladu s § 4a odst. 2 ve spojení s § 22a odst. 1 zákona o geologických pracích stanovilo žadateli průzkumná území Březový potok, Horka, Hrádek a Janoch pro zvláštní zásahy do zemské kůry („PÚ ZZZK“) pro zjištění vhodných geologických, strukturních, hydrogeologických, geomechanických a geochemických podmínek pro možnost vybudování podzemního úložiště vyhořelého jaderného paliva a ostatních radioaktivních odpadů.

Rozhodnutí PÚ ZZZK dosud není pravomocné, neboť probíhá řízení o rozkladech podaných dotčenými obcemi, a pro zahájení průzkumných prací je nutné vyčkat získání pravomocného rozhodnutí o stanovení průzkumného území.

Průzkumné práce ve stanovených průzkumných územích budou probíhat za účelem definování vlastního horninového bloku

pro potenciální umístění hlubinného úložiště a stanovení jeho vlastností. Geologické práce mají za úkol přinést data pro účely popisu a výběru finální a záložní lokality hlubinného úložiště.

Dalším strategickým dokumentem, který se zabývá problematikou vyhledávání lokality HÚ a stanoví MPO a SÚRAO příslušné úkoly, je politika územního rozvoje jako celorepublikový nástroj územního plánování, jehož hlavní úlohou je mj. určovat priority územního rozvoje – viz § 31 a násl. Zákona č. 283/2021 Sb. (Stavební zákon) Aktualizace č. 4 Politiky územního rozvoje České republiky přijatá usnesením ze dne 12. července 2021 č. 618 („PÚR“). PÚR v čl. 169 ukládá MPO ve spolupráci se SÚRAO „provést výběr finální a záložní lokality HÚ se zohledněním oprávněných zájmů dotčených obcí a krajů a za jejich účasti“ nejpozději v roce 2030.

Vláda svým usnesením z 11. ledna 2023 pod č.j. 9/2023 rovněž schválila materiál „Vyhodnocení vlivu Nařízení Komise o Taxonomii EU pro oblast jaderné energetiky do systému nakládání s radioaktivním odpadem v ČR“ tzv. „**Vyhodnocení Taxonomie**“ (Vondrovic et al. ,2022). Tato vládou schválená studie obsahuje rovněž optimalizaci harmonogramu přípravy hlubinného úložiště, a to s ohledem na plnění podmínek daných nařízením Komise v přenesené pravomoci (EU) 2022/1214 ze dne 9. března 2022, kterým se mění nařízení v přenesené pravomoci (EU) 2021/2139, pokud jde o hospodářské činnosti v některých odvětvích energetiky, a nařízení v přenesené pravomoci (EU) 2021/2178, pokud jde o specifické zveřejňování informací v souvislosti s těmito hospodářskými činnostmi („**Nařízení EK k Taxonomii EU**“), konkrétně s ohledem na přílohu č. 1, body 4.26 až 4.28, které stanoví podmínky pro financování jaderné energetiky jako přechodného zdroje k nízkouhlíkové ekonomice. Jednou z podmínek Nařízení EK k Taxonomii EU je zprovoznění hlubinného úložiště v roce 2050. Tento termín je možné dosáhnout optimalizací harmonogramu přípravy hlubinného úložiště, který je obsažen ve vládou schváleném Vyhodnocení Taxonomie – viz Příloha č. 2 této studie nazvaná „Podrobný harmonogram technických a licenčních kroků“. Optimalizovaný harmonogram dle Vyhodnocení Taxonomie předpokládal:

- Podání žádosti o stanovení PÚZZZK v roce 2023,
- Stanovení PÚZZZK v roce 2024 a
- Hodnocení a výběr finální a záložní lokality 2028.

SÚRAO dle plánu podala žádosti o stanovení PÚZZZK v únoru 2023, v tuto chvíli (březen 2025) stále nebylo pravomocně stanoveno PÚZZZK, což má vliv na návazné práce.

Vyhodnocení Taxonomie se dosud (v době finalizace dokumentu) nepromítlo do aktualizace Koncepce a do dalších strategických dokumentů včetně plánů činnosti, nicméně jedná se o dokument schválený usnesením vlády, tudíž vláda jako vrcholný orgán moci výkonné tímto potvrdila kritickou naléhavost optimalizace harmonogramu výběru finální a záložní lokality HÚ. Podmínkou dodržení optimalizovaného harmonogramu je rovněž dodržení lhůt veškerých správních procesů, včetně podání žádostí o stanovení průzkumných území pro zvláštní zásah do zemské kůry a jejich projednání při dodržení lhůt plynoucích ze zákona č. 500/2004 Sb., správní řád.

Předkládaná metodika výběru finální a záložní lokality pro umístění hlubinného úložiště popisuje způsob výběru finální a záložní lokality na základě vyloučení rizik jednotlivých lokalit, bezpečnostního hodnocení českého ukládacího konceptu hlubinného úložiště, hodnocení

funkčnosti bariér v podmínkách 4 vybraných lokalit a vzájemném porovnání klíčových kritérií na základě získání parametrů horninového prostředí 4 vybraných lokalit.

Tato metodika bude aplikována ve fázi výběru finální a záložní lokality pro umístění hlubinného úložiště, kde jedny ze základních vstupů budou tvořit geologická data získaná na základě průzkumu pro zvláštní zásah do zemské kůry z etapy vyhledávání dle § 3, odst. 2 vyhlášky č. 369/2004 Sb. a dále podkladové studie na základě požadavků Koncepce.

Metodika bude aplikována na 4 vybraných lokalitách, které byly vybrány v roce 2020 v předchozí fázi zúžení počtu lokalit z 9 potenciálních na 4 vybrané (Vondrovic et al. 2020). Jedná se o lokality: Březový potok (Plzeňský kraj, okr. Klatovy), Horka (Kraj Vysočina, okr. Třebíč a Žďár nad Sázavou), Hrádek (Kraj Vysočina, okr. Jihlava a Pelhřimov) a Janoch (ETE-jih, Jihočeský kraj, okr. Týn nad Vltavou a České Budějovice). Tyto lokality byly hodnoceny v několika etapách specialisty v oblastech bezpečnost, technická proveditelnost a vlivy na životní prostředí v souladu s Konceptí, která uvádí že „Systematické posuzování všech potenciálních lokalit pro umístění hlubinného úložiště bude prováděno ve všech etapách podle následujících kritérií: Bezpečnostní kritéria, Projektová kritéria, Environmentální kritéria, Socio-ekonomická kritéria“.

Předkládaná metodika hodnocení 4 vybraných lokalit je založena na třífázovém procesu hodnocení, během něhož dojde nejprve k vyloučení rizik ve vybraných lokalitách na základě platné legislativy a dokumentu SÚRAO MP.22 (Vokál et al. 2017), dále předběžného posouzení dlouhodobé bezpečnosti lokalit na základě hodnocení navrženého českého ukládacího konceptu pro VJP a hodnocení funkčnosti bariér v daných podmínkách Referenční lokality a následně k vzájemnému porovnání lokalit na základě klíčových kritérií. Tato kritéria charakterizují lokality z hlediska dlouhodobé bezpečnosti na základě jejich geologické stavby a dlouhodobého vývoje, přičemž úroveň popisu jednotlivých lokalit je srovnatelná. Podrobná definice klíčových kritérií, včetně způsobů jejich naplnění, hodnocení a vyhodnocení dat, bude zpracována v samostatném dokumentu. Data budou získána na základě geologického průzkumu pro zvláštní zásah do zemské kůry, který bude proveden v lokalitách v letech 2024-2028. Po vlastním hodnocení a po vyjádření Poradního panelu expertů II k předloženému hodnocení SÚRAO předloží Ministerstvu průmyslu a obchodu návrh výběru hlavního a záložního umístění (hlavní a záložní lokality) hlubinného úložiště spolu s rozhodnutím o stanovení průzkumného území pro zvláštní zásah do zemské kůry, jehož předmětem je hlubinné úložiště. Na základě procesu uvedeného v §4 Zákona č. 53/2024 ministerstvo následně v souladu s výše zmíněným zákonem pokračuje v procesu až do doby, kdy vláda ČR svým usnesením určí hlavní a záložní umístění hlubinného úložiště.

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.
- Hodnocení vhodnosti lokality pro umístění úložiště VJP a RAO z hlediska dlouhodobé bezpečnosti (Havlová et al. 2018);
- Hodnocení potenciálních lokalit HÚ dle klíčových environmentálních kritérií (Krajíček et al. 2020);
- Hierarchie kritérií či indikátorů vhodnosti lokalit a způsob hodnocení lokalit (Havlová et al. 2018);
- Hodnocení potenciálních lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií technické proveditelnosti (Butovič et al. 2020);
- Výběr potenciálních lokalit hlubinného úložiště v ČR pro navazující etapu prací po roce 2020 (Vondrovic et al. 2020);
- Vyhodnocení vlivu Nařízení Komise o Taxonomii EU pro oblast jaderné energetiky do systému nakládání s radioaktivním odpadem v ČR ve vztahu k činnostem SÚRAO (Vondrovic et al. 2022);
- Technické řešení hlubinného úložiště 2023 (Hausmannová et al. 2023);
- Modelovací strategie pro vývoj hlubinného úložiště (Mikláš et al. 2023);
- Strategie vytváření popisných modelů potenciálních lokalit pro umístění hlubinného úložiště v ČR (Valter et al. 2023);
- Plán výzkumu a vývoje SÚRAO 2024-2028 (Hausmannová et al. 2024).

1.3 Rozsah platnosti

Platnost tohoto dokumentu je omezena do výběru a schválení finální a záložní lokality pro umístění hlubinného úložiště v ČR. Tento předpis je platný pro zaměstnance SÚRAO a další experty dodavatelského řetězce, kteří se podílejí na procesu výběru finální a záložní lokality pro umístění hlubinného úložiště. Dokument může být průběžně aktualizován na základě nových zjištění.

1.4 Změny dokumentu

Tento dokument je koncipován jako rámcový metodický podklad pro posouzení a porovnání lokalit vhodných pro umístění hlubinného úložiště. Vzhledem k tomu, že se jedná o živý dokument, může být v průběhu dalších fází přípravy a hodnocení aktualizován či upřesňován, a to zejména na základě následujících vstupů:

- **Zpracování podrobných metodik jednotlivých kritérií**
Během následující etapy bude připravena detailní specifikace kritérií a indikátorů prostřednictvím expertních pracovních skupin. Tyto skupiny se zaměří na rozpracování metod hodnocení jednotlivých parametrů a jejich dopadu na výběr lokality.
- **Zjištění v průběhu geologických prací na lokalitách**
Nové poznatky získané při charakterizaci horninového prostředí mohou ovlivnit

zpřesnění vstupních dat a parametrů u jednotlivých kritérií, případně i vést k potřebě jejich redefinice.

- **Kompilace a vyhodnocení popisných modelů lokalit**
Vyhodnocení popisných modelů jednotlivých lokalit přinese komplexní a vzájemně provázané informace, které mohou upřesnit celkové hodnocení.
- **Identifikace vzájemných vazeb mezi charakteristikami v jednotlivých kritériích**
V případech, kdy dojde ke zjištění významných vzájemných závislostí mezi různými charakteristikami nebo indikátory, bude nezbytné na tyto interakce reagovat úpravou metodiky hodnocení.

Veškeré změny a aktualizace tohoto dokumentu budou **předem projednány v rámci Poradního panelu expertů II**, a to s cílem zajistit transparentnost celého procesu a zachovat možnost odborného a veřejného připomínkování.

2 Přístup k výběru finální a záložní lokality

Výběr finální a záložní lokality pro hlubinné úložiště musí být proveden v souladu s platnou legislativou České republiky a reflektovat požadavky dozorových orgánů, jako jsou Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo průmyslu a obchodu. Tento proces musí rovněž respektovat Koncepti nakládání s radioaktivními odpady a odpovídat mezinárodní praxi a zkušenostem z výběru lokalit v dalších státech s uplatněním požadavků a postupů IAEA.

Postup výběru musí být jasný a přehledný, s logickou návazností na předchozí etapy prací, včetně zúžení počtu potenciálních lokalit z 9 na 4. Klíčovým aspektem je prohlubování znalostí a dat o jednotlivých lokalitách získaných z předešlých fází procesu. V předchozích etapách prací byly všechny 4 nyní vybrané lokality podrobeny multikriteriálnímu hodnocení v oblastech bezpečnosti, technické proveditelnosti a vlivu na životní prostředí. Hlavní prioritou v závěrečné fázi umisťování hlubinného úložiště je proto především prokázání dlouhodobé bezpečnosti a vhodnosti hostitelského prostředí v kombinaci s inženýrskými bariérami, které musí zajistit bezpečnost po celou dobu životního cyklu hlubinného úložiště. Geologické prostředí poskytuje přirozenou, pasivní bariéru (NEA 2008) mající zásadní význam pro zajištění dlouhodobé bezpečnosti a izolace radioaktivního odpadu. Zatímco technické výzvy lze většinou překonat, přirozené vlastnosti geologického prostředí jsou dané a klíčové pro celkový proces prokázání bezpečnosti úložiště. Je tedy důležité zaměřit se především na důkladnou analýzu geologických podmínek (SKB 2015).

Předkládaná metodika výběru finální a záložní lokality pro hlubinné úložiště se zaměřuje především na posouzení geologického prostředí, které je dané a hraje klíčovou roli v zajištění dlouhodobé izolace radioaktivních odpadů po dobu až 1 000 000 let. Geologické vlastnosti, jako je stabilita horninového masívu, hydrogeologické podmínky a izolační schopnosti hornin, jsou zásadní pro bezpečnost úložiště.

Naopak povrchová část úložiště, která zahrnuje objekty a zařízení nezbytné pro příjem, přeložení a zavážení VJP a ostatních RAO, může být navržena a optimalizována inženýrskými a projektovými opatřeními. Z hlediska zajištění funkčnosti povrchového areálu je požadavek na jeho životnost omezena primárně na dobu provozu HÚ, což odpovídá době cca 120 let. Tento rozdíl v povaze a požadavcích na obě části úložiště odůvodňuje potřebu samostatných metodik pro jejich hodnocení.

Jedním z prioritních úkolů SÚRAO je dle aktualizované Koncepce nakládání s RAO a VJP, schválené usnesením vlády ČR č. 597/2019, vybrat vhodnou lokalitu pro hlubinné úložiště VJP a RAO, který nemůže být přijat do přípovrchových úložišť. Hlubinné úložiště je specifickým typem jaderného zařízení, které se skládá ze dvou provozních částí s rozdílnými činnostmi při nakládání s radioaktivními látkami a rozdílnými nároky na životnost objektů a zařízení. První provozní částí je povrchový areál, kde jsou objekty, zařízení a technologie nezbytné k zajištění provozu hlubinného úložiště. Druhá provozní část, ukládací prostory, které zabezpečují dlouhodobou izolaci odpadu po dobu až milionu let, je umístěna v podzemí.

Požadavky na umístění podzemního areálu:

Požadavky na podzemní areál úložiště, ukládací prostory, se odvozují zejména z vlastností horninového prostředí, které musí zajistit potřebnou izolaci VJP a ostatních RAO od životního

prostředí, dlouhodobou životnost inženýrských bariér a zadržení radioaktivních látek po jejich případném uvolnění z ukládacích obalových souborů. Tato izolace musí být zajištěna po dobu statisíců až jednoho milionu let, což klade mimořádné nároky na stabilitu a vlastnosti horninového prostředí.

Výběr lokality pro hlubinné úložiště je tedy především určen požadavky na horninové prostředí, které musí zajistit případné zpomalení toku radionuklidů. Vlastnosti horninového prostředí ve vybraných lokalitách budou proto v příštích letech podrobně zkoumány různými geologickými a technickými pracemi tak, aby na základě detailní interpretace jejich výsledků byla vybrána lokalita, která nejlépe splní požadavky na potřebnou izolaci VJP a ostatních RAO.

Požadavky na umístění povrchového areálu:

Požadavky na umístění povrchového areálu se odvozují zejména od požadavků na jaderná zařízení umístěvaná na povrchu, jejichž doba výstavby a provozu úložiště zpravidla nepřesahuje 120 let. Pozemek pro umístění povrchového areálu nepředstavuje základní bezpečnostní bariéru jako v případě podzemní části, ale slouží především pro zajištění provozní jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, technické bezpečnosti, monitorování radiační situace, zvládnutí radiační mimořádné události a zabezpečení jaderného materiálu, technologií a zařízení umístěných v povrchovém areálu. Jaderné zařízení umístěné v povrchovém areálu hlubinného úložiště představuje výrazně menší riziko než jaderné elektrárny, protože možnost uvolnění radionuklidů z těchto zařízení do životního prostředí i za havarijních podmínek je velmi malá. Cílem samostatně připravené Metodiky umístění povrchového areálu HÚ (Fiedler F., Vozár M. et al. 2024) je proto připravit projekt podle jasně definovaných pravidel při zachování všech požadovaných funkcí HÚ, a zároveň zohlednit požadavky všech dotčených stran.

Na rozdíl od podzemního areálu hlubinného úložiště je umístění a rozmístění objektů povrchového areálu, jeho začlenění do krajiny i jeho velikost možno ovlivnit různými projektovými opatřeními. Na základě specifických požadavků všech dotčených stran bude možno dle samostatné Metodiky umístění povrchového areálu HÚ připravit projekt povrchového areálu, který bude široce zohledňovat i požadavky všech dotčených stran.

Tato metodika bude sloužit nejen pro výběr pozemků pro umístění povrchového areálu v lokalitách, ale i jako nástroj pro komunikaci s dotčenými orgány a municipalitami při výběru pozemku pro umístění povrchového areálu a přípravě projektu povrchového areálu. Navržená metodika je především nástrojem pro navazující práce na umístění a rozmístění objektů povrchového areálu, při její přípravě se nelze zaměřit jen na omezení, daná legislativou a technické a bezpečnostní aspekty, ale musí rovněž zohledňovat požadavky, které mohou být důležité z pohledu místních komunit.

Metodika umístění povrchového areálu je samostatný dokument shrnující veškeré požadavky pro jeho umístění, dokument je rozdělený do dvou základních skupin kritérií: standardní kritéria a specifická kritéria. Standardní kritéria zahrnují charakteristiky území podle české legislativy a zahraničních doporučení, zatímco specifická kritéria zohledňují požadavky a názory všech dotčených stran. Tato metodika neslouží pro výběr finální a záložní lokality, ale pro umístění povrchových areálů v těchto lokalitách. Tento přístup vychází nejen z výše zmíněného požadavku na zajištění primární bezpečnosti podzemního areálu HÚ, ale také z předchozí etapy prací zohledňující požadavky na proveditelnost povrchových areálů v lokalitách, kdy ve

fázi zúžení počtu lokalit z 9 na 4 bylo možné v souladu se všemi legislativními požadavky umístit povrchový areál ve všech 4 vybraných.

Souhrn:

Navrhovaný postup plně reflektuje požadavky legislativy i dozorových orgánů (Dohoda 2024) pro umístění hlubinného úložiště, kdy se zaměřuje především na posouzení geologického prostředí, které je dané a hraje klíčovou roli v zajištění dlouhodobé izolace radioaktivních odpadů. Metodika poskytuje ucelený návod pro hodnocení jednotlivých lokalit na základě komplexního a detailního souboru kritérií. Tento soubor kritérií zahrnuje jak geologické, tak inženýrské aspekty, které jsou zásadní pro zajištění dlouhodobé bezpečnosti a stability hlubinného úložiště.

Metodika je navržena tak, aby poskytovala objektivní a vědecky podložené informace pro rozhodovací proces. Tento přístup zajišťuje, že výběr finální a záložní lokality bude založen na nejlepších dostupných datech a analýzách, čímž se minimalizuje riziko a maximalizuje budoucí dlouhodobá bezpečnost hlubinného úložiště.

Každá z vybraných lokalit bude podrobena detailnímu zkoumání, které zahrnuje rozsáhlý terénní výzkum a průzkum, laboratorní analýzy a modelování. Tímto způsobem bude možné získat komplexní a spolehlivé informace, které jsou nezbytné pro konečné rozhodnutí.

Celý proces je transparentní. Veškeré kroky jsou dokumentovány a komunikovány veřejnosti, což umožňuje aktivní zapojení všech zainteresovaných stran.

Tato metodika bude v případě nutnosti pravidelně aktualizována na základě nejnovějších vědeckých poznatků a mezinárodních zkušeností, což zajišťuje její relevanci a efektivitu v průběhu celého procesu výběru a hodnocení lokalit pro hlubinné úložiště.

2.1 Návaznost na předchozí práce

Provedené multikriteriální hodnocení v letech 2019-2020 (Vondrovic et al. 2020) na základě dostupných dat spolehlivě odlišilo čtyři relativně lepší lokality pro umístění hlubinného úložiště.

Hodnocení lokalit v etapě zúžení počtu lokalit bylo prováděno v oblastech kritérií bezpečnost (provozní a dlouhodobá), technická proveditelnost a vlivy na životní prostředí. Toto hodnocení proběhlo při aplikaci dvou základních kroků hodnocení:

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

S ohledem na rozsah provedených prací v předchozí etapě (přípovrchová charakterizace na devíti lokalitách) a charakter dostupných informací, mohla být hodnocena a použita pouze některá z definovaných vylučujících nebo porovnávacích kritérií a indikátorů z dokumentu MP.22 (Vokál et. al. 2017). Principem předchozího hodnocení a porovnání byla především aplikace takových kritérií a indikátorů (tzn. klíčových kritérií), které dostatečným způsobem diferencovaly lokality a zároveň byly dostupné v době hodnocení lokalit v letech 2019-2020.

Pro výběr finální a záložní lokality bude již existující sada dat doplněna o výsledky plánovaných výzkumných prací, které jsou popsány v Plánu výzkumu a vývoje SÚRAO 2024-2028 (Hausmannová et al. 2024). Hlavním přínosem budou data z hloubky ukládacího horizontu, která pomohou zpřesnit dosavadní znalosti a tím lépe charakterizovat lokality.

V předchozí fázi procesu byly lokality hodnoceny jak z hlediska umístění povrchových, tak podzemních staveb, aby byl zajištěn komplexní přehled o jejich celkové vhodnosti. Lokality, které by vykazovaly střet s tzv. vylučujícím kritériem pro umístění HÚ, bylo nutné během procesu vyloučit. Tím byla prokázána proveditelnost úložiště z hlediska vylučujících požadavků legislativy na všech 4 následně vybraných lokalitách. Nyní, v pokročilejší fázi výběru, se zaměřujeme výhradně na podzemní část lokalit. Tento přístup je technicky zdůvodněný a nezbytný, neboť dlouhodobá bezpečnost hlubinného úložiště závisí především na stabilitě a izolačních schopnostech geologického prostředí. Geologické vlastnosti, jako jsou hloubkový dosah vhodného horninového masívu, jeho petrografické a mineralogické složení, hydrogeologické a hydrogeochemické podmínky, a geomechanické vlastnosti, jsou klíčové pro zajištění podmínek, že uložený radioaktivní odpad nebude představovat riziko pro životní prostředí a zdraví obyvatelstva po dobu až milionu let. Na rozdíl od povrchových zařízení, která mohou být navržena a optimalizována inženýrskými opatřeními, jsou vlastnosti horninového prostředí dané a musí být důkladně prozkoumány a vyhodnoceny. Proto je nyní nezbytné soustředit se na detailní analýzu a hodnocení geologických podmínek ve vybraných lokalitách, aby byla vybrána ta, která nejlépe splňuje přísné požadavky na dlouhodobou bezpečnost a izolaci uloženého radioaktivního odpadu. Aby byly zohledněny i požadavky na povrchový areál, který je nedílnou součástí projektu hlubinného úložiště, avšak svými požadavky na životnost neporovnatelný s podzemní částí, budou součástí procesu také tzv. výstupní studie. Tyto studie posoudí technickou realizovatelnost projektu, bezpečnost lokality, a zahrnou rovněž environmentální a socioekonomická hodnocení.

2.2 Předpoklady

Předkládaná metodika hodnocení vychází z následujících předpokladů:

- Hodnocení 4 lokalit bude provedeno v letech 2028-2030 za účelem výběru finální a záložní lokality na základě dat získaných z geologicko-průzkumných prací pod úroveň budoucího ukládacího horizontu a předběžného hodnocení dlouhodobé bezpečnosti na základě hodnocení funkčnosti technického konceptu pro VJP. Výběr lokality bude probíhat jako postupné vyhodnocování na základě dostupných dat, přičemž výsledky a poznatky z geologických prací a dalších průzkumů mohou vést k její aktualizaci. Hodnocení bude založeno na věrohodnosti vstupních dat a výpočtů a bude zajištěna srovnatelnost mezi lokalitami, a to i v případě dílčích rozdílů v rozsahu nebo hloubce dostupných údajů.

Zdůvodnění: Tento předpoklad vychází z požadavků Koncepce a milníků daných usnesením vlády České republiky ze dne 21. 12. 2020 o plánu činnosti Správy úložišť radioaktivních odpadů na rok 2021, tříletém plánu a dlouhodobém plánu a k přípravě hlubinného úložiště radioaktivního odpadu a vyhořelého jaderného paliva v České republice. Tento přístup umožní objektivní a férové vyhodnocení všech lokalit v rámci společného metodického rámce.

- Hodnocení bude provedeno na základě mezinárodních zkušeností (SKB 2011) a doporučení, které plynou z doporučení pro postup výběru lokalit pro umístění hlubinného

úložiště a na základě doporučení pracovní skupiny Site selection Criteria, vzniklé pod IAEA.

Zdůvodnění: Aplikovaná metodika vychází ze zkušeností dalších vyspělých států s programem přípravy HÚ a mezinárodních doporučení.

- Hodnocení prováděné za účelem výběru finální a záložní lokality reflektuje požadavky vyplývající z atomového zákona č. 263/2016 Sb. a jeho prováděcího předpisu, tj. vyhlášky č. 378/2016 Sb. o umístění jaderného zařízení v daném stupni rozhodovacího procesu a podrobnosti poznání lokalit.

Zdůvodnění: Vzhledem k harmonogramu uvedenému v Konceptu 2019 a dále v dokumentu Vyhodnocení Taxonomie (Vondrovic et al., 2022) 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, což není pro tuto etapu legislativně ani požadováno. Hodnocení vychází z úrovně znalostí získaných v této etapě prací, především na základě dat z hloubky budoucího úložiště radioaktivních odpadů. Nicméně již během této etapy bude intenzivně probíhat sběr dat pro budoucí přípravu dokumentace pro získání povolení pro umístění jaderného zařízení atomového zákona č. 263/2016 Sb. a vyhlášky č. 378/2016.

- Hodnocení musí dále na základě požadavků vyplývajících z vyhlášky č. 378/2016 Sb. o umístění jaderného zařízení hodnotit a) hloubkový dosah a rozměr vhodného horninového masívu pro umístění hlubinného úložiště a vzdálenost geologických rozhraní a tektonických poruch, b) strukturně geologické vlastnosti horninového prostředí, včetně křehké a duktilní tektoniky, c) původ a předpokládaný vývoj horninového prostředí, d) vhodnost mechanických vlastností hornin pro zajištění dlouhodobé stability přírodní bariéry, e) petrografické a mineralogické složení horninového prostředí, f) výskyt nestejnorodého horninového prostředí s hydrotermálními a jinými druhotnými přeměnami, g) výskyt endogenních a exogenních jevů, jako jsou tektonické procesy, seismická aktivita, vulkanismus a další, h) oběh podzemních vod z hlediska možné doby transportu, retardace, rozpustnosti a změny koncentrace radioaktivních látek, i) paleohydrogeologické procesy a klimatickou historii, j) zranitelnost horninového prostředí a oběhu podzemních vod z hlediska dlouhodobých klimatických změn, k) fyzikálně chemické, geochemické a mikrobiologické vlastnosti geologického prostředí, l) geomechanické vlastnosti, jako jsou pevnostní a deformační vlastnosti hornin, m) plynopropustnost hornin, n) tepelné vlastnosti horninového prostředí, o) výskyt lidské aktivity, která by mohla narušit izolační vlastnosti úložného systému, p) změny v hostitelském a okolním geologickém prostředí vzniklé vrtnou a báňskou činností, q) popsitelnost a predikovatelnost geologické stavby, oběhu podzemních vod a fyzikálních, mechanických a geochemických vlastností horninového prostředí.

Hodnocení vlastností území podle těchto kritérií musí také zohlednit hloubku pod zemským povrchem, v níž se předpokládá umístění hlubinného úložiště. Tento metodický přístup zajistí, že vybrané lokality budou splňovat všechny nezbytné podmínky pro bezpečné a dlouhodobé uložení radioaktivního odpadu.

Zdůvodnění: Tento přístup reflektuje požadavky vyhlášky č. 378/2016 Sb. §18, která stanovuje zvláštní požadavky na rozsah a způsob posuzování území k umístění hlubinného úložiště. V souladu s těmito požadavky musí hodnocení zahrnovat izolační a zádržné vlastnosti horninového prostředí v kombinaci s uměle vytvořenými překážkami,

aby bylo zajištěno, že uložený radioaktivní odpad nezpůsobí při očekávaném vývoji hlubinného úložiště větší ozáření reprezentativní osoby, než je dáno dávkovou optimalizační mezí. Toto hodnocení bude založeno na výsledcích hodnocení funkčnosti a chování inženýrských bariér navržených pro český ukládací koncept a ověřování jejich kompatibility s přirozenými podmínkami na lokalitách. Při získávání informací o území musí být maximálně zachovány původní vlastnosti geologického prostředí.

- Hodnocení reflektuje požadavky Koncepce nakládání s radioaktivními odpady, která zdůrazňuje potřebu důkladného a komplexního posouzení všech aspektů týkajících se bezpečnosti, technické proveditelnosti, environmentálních dopadů a socioekonomických vlivů. Podle této koncepce je nezbytné zajistit, aby vybrané lokality splňovaly přísné bezpečnostní standardy a poskytovaly dlouhodobou ochranu proti únikům radioaktivních látek. Koncepce také klade důraz na transparentnost procesu a zapojení všech relevantních zainteresovaných stran, včetně místních komunit a veřejnosti. Toto hodnocení tedy nejen zajišťuje, že technické a geologické aspekty jsou pečlivě prozkoumány, ale také že je brán zřetel na názory a obavy obyvatel dotčených oblastí. Tento přístup zaručuje, že výběr finální a záložní lokality bude proveden s maximální odpovědností a s ohledem na dlouhodobou bezpečnost a udržitelnost.

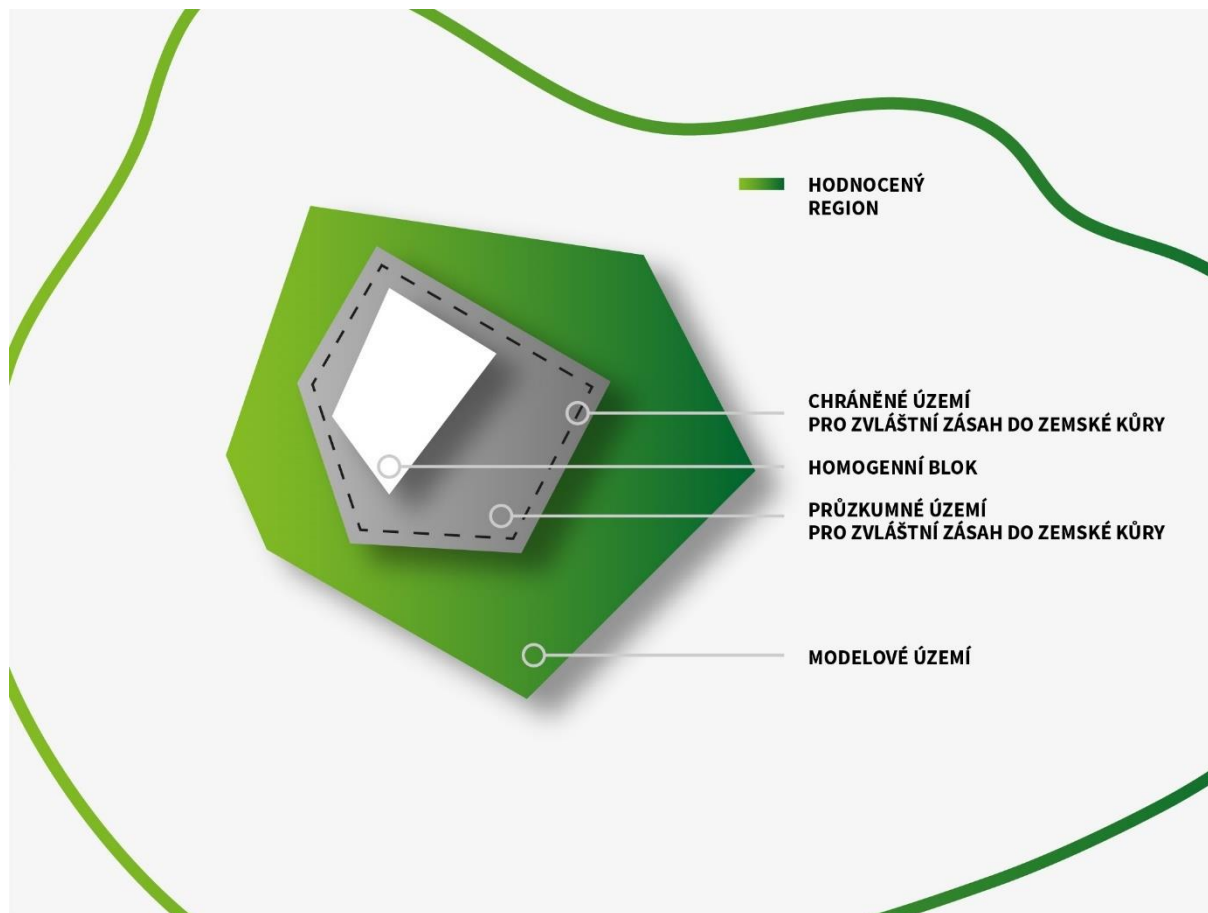
Zdůvodnění: Tento předpoklad vychází z požadavků Koncepce a milníků daných usnesením vlády České republiky ze dne 21. 12. 2020 o plánu činnosti Správy úložišť radioaktivních odpadů na rok 2021, tříletém plánu a dlouhodobém plánu přípravy hlubinného úložiště radioaktivního odpadu a vyhořelého jaderného paliva v České republice. Vhodnost vybraných lokalit bude argumentována a pospána v několika shrnujících dokumentech – výstupních studiích. Prvním z nich je studie umístitelnosti, která popíše jak vhodnost technického řešení hlubinného úložiště, tak náklady na jeho výstavbu v dané lokalitě. Dále bude vytvořena studie hodnotící bezpečnost lokality v rozsahu §18 vyhlášky č. 378/2016 Sb., studie dopadu umístění úložiště na životní prostředí a studie socioekonomických dopadů na obce a mikroregion.

- Hodnocení provádí SÚRAO a její dodavatelský tým, za účasti Poradního panelu expertů II, následně je výběr finální a záložní lokality předložen Ministerstvu průmyslu a obchodu na základě zákona č. 53/2024 Sb.

Zdůvodnění: Kompetencí a zodpovědností SÚRAO je provádění vlastního technického hodnocení na základě technických kritérií dle postupu v Konceptu. Supervizní činnost vykonávají další zúčastnění partneři v procesu výběru finální a záložní lokality prostřednictvím Poradního panelu expertů II. Hodnocení pro jednotlivé lokality je založeno na odborném posouzení a hodnocení na základě předkládané metodiky.

2.3 Plošný rozsah lokalit

Hodnocení potenciálních lokalit hlubinného úložiště bude prováděno na základě dat a podkladových studií. Pro účely jejich sběru a zpracování, byly definovány následující polygony (viz Obr. 2):



Obr. 2 Rozsah popisu lokalit

Homogenní blok: horninový blok mocnosti 50 m vhodný pro umístění hlubinného úložiště umístěný ve fázi výběru lokalit na úroveň 500 m pod lokální drenážní bází a omezený zlomy regionálního významu včetně jejich ochranných obálek. Homogenita bloku představuje vhodnost bloku pro dlouhodobě stabilní a srovnatelně predikovatelné umístění úložiště.

Průzkumné území pro zvláštní zásah do zemské kůry (PÚ – ZZZK): území, ve kterém mohou probíhat geologické práce za účelem vymezení homogenních bloků. Jedná se o území, ve kterém lze s velkou mírou pravděpodobnosti po provedení geologických průzkumných prací očekávat nalezení horninového prostředí splňující nároky na izolační část hlubinného úložiště.

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, které je součástí procesu hodnocení lokalit. Zejména modelové simulace pro účely kvantifikace a popisu hydrogeologických poměrů lokalit je třeba zpracovat při uplatnění regionálně založených okrajových podmínek.

Hodnocený region: území velkého měřítka, které je třeba popsat za účelem splnění charakteristik dle vyhlášky č. 378/2016 Sb. (např. seismicity).

Chráněné území pro zvláštní zásah do zemské kůry: území vhodné ke stavbě hlubinného úložiště s vymezením povrchové i podzemní části. se zajištěním nezbytné bezpečnostní horninové obálky.

2.4 Časový harmonogram

Časový harmonogram výběru finální a záložní lokality vychází ze SÚRAO Plánu výzkumu a vývoje (Hausmannová et al., 2024). V tomto plánu je prezentován časový harmonogram, který byl postaven na předpokladu stanovení PÚZZK na začátku roku 2024. V současnosti (březen 2025) PÚZZK stále není stanoveno, proto muselo dojít k aktualizaci harmonogramu. Aktualizace je založena na následujících předpokladech:

- kvalita výstupů musí zůstat zachovaná,
- ideální průběh všech prací, který bude podpořen včasnou přípravou a
- stanovením PÚZZK do Q2/2025.

Aktualizovaný harmonogram založený na výše jmenovaných předpokladech je uveden v Tab. 1. Z tohoto harmonogramu vyplývá, že všechna data potřebná pro hodnocení lokalit budou dostupná v roce 2028, samotné hodnocení bude probíhat postupně, největší intenzita se však předpokládá v roce 2029. Ukončení procesu výběru finální a záložní lokality je plánováno na rok 2030.

Tab. 1 - Časový harmonogram aktivit vedoucích k výběru finální a záložní lokality, * znamená, že byl termín pozměněn oproti Plánu VaV (Hausmannová et al., 2024)

č.	Aktivity do výběru finální a záložní lokality	od	do
1	Studie ekonomických a sociodemografických přínosů a rizik realizace HÚ (před umístěním povrchového areálu)	2022	2025
2	Finální lokalizace umístění povrchových areálů ve vybraných lokalitách	2023	2025
3	Posouzení funkčnosti a spolehlivosti navržených bariér HÚ (Performance Assessment)	2021	2026
4	Verifikace a validace matematických a výpočetních modelů pro bezpečnostní rozbor úložiště	2021	2026
5	Hodnocení dlouhodobé bezpečnosti českého ukládacího konceptu pro VJP na Referenční lokalitě	2023	2026
6	Geologické práce na lokalitách (Hydromonitoring, geofyzika a vrtné práce)	2024	2028*
7	Aktualizace technického řešení bufferu, backfillu a výplní ukládacích komor pro SAO	2026	2026
8	Aktualizace technického řešení HÚ	2024	2028*
9	Popisné modely vybraných lokalit	2026*	2028*
10	Studie ekonomických a sociodemografických přínosů (po umístění povrchového areálu) *	2027*	2029*
11	Posouzení vlivu HÚ na životní prostředí a obyvatelstvo („Studie EIA“ HÚ) – podkladové studie pro vybrané lokality	2027*	2029
12	Studie umístitelnosti vybraných lokalit	2027*	2029*

13	Předběžné posouzení dlouhodobé bezpečnosti vybraných lokalit	2026*	2029*
14	Výběr finální a záložní lokality		2030

2.5 Použitá data

Hodnocení a vzájemné porovnání lokalit bude provedeno na základě dat získaných SÚRAO v letech 2000-2028 s důrazem na data získaná na základě geologicko-průzkumných prací ve vybraných lokalitách. V Plánu výzkumu a vývoje SÚRAO 2024-2028 (Hausmannová et al. 2024) je souhrn všech dosavadních informací a také plán činností, jejichž cílem je získání potřebných dat pro výběr finální a záložní lokality.

Na lokalitách budou prováděny následující aktivity pro získání potřebných dat:

Oblast geologických prací:

- Geologické mapování 1: 25 000 a 1:10 000
- Hydrogeologické mapování 1: 25 000 a 1:10 000
- Strukturně-geologický průzkum
- Geomorfologický a morfostrukturní průzkum
- Dálkový průzkum země
- Hydrologický a hydrogeologický monitoring
- Geofyzikální práce
- Vrtné práce a měření ve vrtech
- Monitoring ve vrtech
- Seismologický monitoring
- Inženýrsko-geologický průzkum
- Hodnocení fyzikálních, mechanických a transportních vlastností hornin

Oblast monitoringu životního prostředí:

- Biologický screening
- Hluková studie
- Rozptylová studie
- Podrobný biologický průzkum
- Dendrologický průzkum
- Pedologický průzkum

Aplikovaná metodika hodnocení je založena na předpokladu, že všechna důležitá horninová rozhraní (zlomy vyšších řádů, kontakty litologických celků aj.) bylo možné díky dobré geologické prozkoumanosti a předchozím projektům SÚRAO (souhrn Franěk et al. 2018, Mixa et al. 2019) identifikovat. Tato data budou nyní ověřena na základě provedení geologicko-průzkumných prací do hloubky pod budoucí ukládací horizont úložiště (zejména vrtných a geofyzikálních prací).

Dalším předpokladem hodnocení je schopnost vytvořit popisné modely lokalit (které jsou tvořeny dílčími modely, např. geologickým, hydrogeologickým, geomechanickým atd.) na základě vrtných prací do hloubky pod budoucí úložiště. Pomocí geofyzikálních měření a dlouhodobého monitoringu lokalit je možné získat kvantitativní charakteristiky lokalit vhodné pro jejich vzájemné porovnání.

Pro účely hodnocení bude dále použito aktualizované projektové řešení HÚ, které bude připraveno na základě technického řešení HÚ (Hausmannová et al. 2023). V případě vlivu na životní prostředí budou pro účely hodnocení lokalit aplikována data vycházející z aktualizace umístění povrchového areálu hlubinného úložiště a ze Studií umístitelnosti HÚ. V případě socioekonomických studií se vychází převážně z dat Českého statistického úřadu.

2.6 Popisné modely vybraných lokalit

Za účelem posuzování vlastností území k umístění jaderného zařízení a demonstraci popsitelnosti a predikovatelnosti lokalit, podle § 18 vyhlášky 378/2016 Sb., budou v rámci prvního kroku vytvořeny popisné modely lokalit. Výsledky popisných modelů budou ve druhém kroku využity pro předběžné posouzení dlouhodobé bezpečnosti a ve třetím kroku poslouží popisné modely pro hodnocení potenciálních lokalit na základě porovnávacích kritérií. V souladu s vyhláškou č. 378/2016 Sb. budou popisné modely interpretací jak statických parametrů lokalit (např. rozměr a strukturně geologické vlastnosti horninového masivu anebo petrografické složení horninového prostředí), tak i parametrů, jejichž povaha je provázána s dynamickými, v čase proměnlivými přírodními procesy (např. výskyt projevů endogenních a exogenních procesů, oběh podzemních vod, fyzikálně chemické, geochemické a mikrobiologické vlastnosti geologického prostředí, či geomechanické vlastnosti horninového masivu).

Pro popisný model všeobecně platí, že představuje vizuálně-matematickou popisnou charakterizaci dané lokality a jejího regionálního uspořádání zahrnující všechny relevantní složky geosféry a povrchového ekosystému. Úlohou popisného modelu je vizualizovat, syntetizovat a interpretovat místní přírodní systém na základě dat z terénních průzkumných prací. Popisné modely budou tudíž interpretací současného stavu potenciálních lokalit a na nich probíhajících přírodních procesů se zohledněním regionální geologické minulosti.

Každý popisný model potenciálních lokalit bude tvořen několika dílčími, vzájemně provázanými modely. Na základě zprávy Mikláš et al. (2023) a Valter et al. (2023) se jedná o vytvoření následujících modelů:

Strukturně – geologický popisný model

Základním cílem strukturně-geologického modelu bude získání geometrických parametrů horninového masivu pro všechny ostatní navazující modely včetně modelů fyzikálních a chemických procesů. Účelem tohoto modelu bude mimo jiné interpretace hloubkového dosahu a velikosti horninového masivu, vhodného pro umístění hlubinného úložiště a hodnocení vzdálenosti geologických rozhraní, samostatných puklin, či puklinových zón a tektonických poruch, které mohou působit jako cesty pro transport radioaktivních látek. Dále bude model použitý pro interpretaci strukturně geologických vlastností, původu, předpokládaného vývoje a petrografické heterogenity masivu. Strukturně – geologickým popisným modelem bude tudíž interpretována litologická distribuce a strukturní prvky geologické stavby lokalit. Jeho součástí

budou stochastické modely sítě diskontinuit (DFN) později využitelné pro hydrogeologické a transportní simulace, jako i pro simulace geomechanické. Hlavní stochastické (statisticky odvozené) parametry modelů DFN, jako je například konektivita nebo frekvence výskytu hydraulicky vodivých puklin v horninovém masivu, jsou obvykle velmi důležité charakteristiky hydraulických vlastností horninového masivu. Rovněž samostatné zlomy a pukliny mohou být potenciálními cestami pro transport uvolněných radionuklidů, jako i sloučenin nepříznivě ovlivňujících stabilitu inženýrských bariér. Strukturně – geologický model bude proto interpretací existence všech zmíněných vlastností geologického podloží lokalit.

Popis distribuce litologických jednotek a strukturních prvků v prostoru bude ovlivňovat řadu dalších modelů. Rozložení většiny materiálových parametrů ostatních popisných modelů, ale také i některých modelů funkčnosti bariér, bude vycházet z litologické a strukturní distribuce. Proto jedním z hlavních výsledků strukturně-geologického modelu bude prostorová distribuce litotypů a strukturních prvků jako zóny duktilních deformací a zóny s režimem křehkých deformací.

Hydrogeologický model

Cílem hydrogeologického modelování je popsat horninový masiv na lokalitách s ohledem na prostorové uspořádání, rozsah, vlastnosti a hydraulickou vodivost hlavních puklinových zón, jakož i menších puklin. Tyto parametry přímo souvisejí s určením míry a variability propustnosti horniny v úrovni plánovaného úložiště. Cílem sestavení tohoto popisného modelu je také popsat hydrogeologické vlastnosti horninového masivu v blízkosti povrchu v návaznosti na popisný model povrchového ekosystému. Napojení hydrogeologického modelu také na dílčí model klimatu a geodynamických procesů sehraje klíčovou roli při zohlednění vlivu počasí a klimatických změn na místní hydrogeologické poměry.

Hydrogeologický model bude důležitým nástrojem vstupujícím do hodnocení bezpečnosti lokality a pro posouzení vhodnosti lokality pro vybudování hlubinného úložiště. Hlavním účelem hydrogeologického modelu je interpretace hydrogeologických podmínek horninového masivu pro posouzení jejich vlivu na stabilitu inženýrských bariér. Pro tento účel se z hydrogeologických modelů získává pravděpodobností distribuce průtoků přes náhodný ukládací vrt. Za účelem určení uvedených průtoků je potřeba získat hodnověrné modely proudění vody v puklinovém prostředí. V současné době je vývoj hydrogeologických modelů založen zejména na metodě DFN (discrete fracture network), popisující tok vody přímo v diskrétní síti puklin.

V rámci vývoje hydrogeologického modelu bude vytvořen také srážko-odtokový model který vychází z bilančních rovnic a využívá klimatická a hydrologická data. Vzhledem k přímé interakci mezi srážko-odtokovým a hydrogeologickým modelem, budou oba modely vytvářeny v rámci jednoho balíku prací. Napojení hydrogeologického modelu na dílčí popisný model klimatu a geodynamických procesů sehraje klíčovou roli při zohlednění vlivu počasí a klimatických změn na hydrogeologické poměry lokalit.

Účelem hydrogeologického modelu bude také interpretace advektivně-transportních parametrů lokality. Tyto parametry je možné použít přímo pro hodnocení klíčových, porovnávacích hydrogeologických a transportních kritérií lokality, nebo je použít jako vstup pro plně transportní modely pro účely bezpečnostních rozborů.

Transportní model

Transportní popisné modely lokalit budou vytvořeny za účelem stanovení retardačních parametrů (retardační, nebo rozdělovací koeficient, difuzní koeficienty, pórovitost, geometrický faktor) na lokalitě a jejich prostorové interpretace. Interpretace bude vycházet z kombinace archivních informací, laboratorních analýz vrtných jader, znalostí o prostorovém rozložení geologických struktur a geochemických parametrů. Popisný transportní model bude spolu s hydrogeologickým modelem tvořit vstup pro modelování migrace radionuklidů za účelem hodnocení dlouhodobé bezpečnosti hlubinného úložiště.

Hydrogeochemický model

Cílem hydrogeochemického modelování je charakterizovat hydrogeochemické podmínky na lokalitě a získat konkrétní údaje o parametrech, které jsou důležité pro posouzení bezpečnosti a projektování úložiště, jako je chemické složení podzemní vody, redukční podmínky, obsah kyslíku, nebo zádržné vlastnosti horninového prostředí, vstupujících do transportního modelu.

Pro posouzení technické proveditelnosti a dlouhodobé bezpečnosti úložiště je nezbytné znát hodnoty koncentrací určitých prvků a látek v podzemní vodě. Účelem hydrogeochemických modelů je proto popsat procesy vytváření chemického složení v souvislosti s jejím prouděním horninovým masivem ve vertikálním a horizontálním směru. Účelem vytvoření hydrogeochemických modelů je pochopení procesů, které vedly k současným geochemickým podmínkám na lokalitách, a které mají původ v geologické minulosti.

Modely budou založeny na výsledcích analýz vzorků podzemní vody odebraných v rámci vrtného průzkumu na čtyřech vybraných lokalitách. Vzhledem k tomu že geochemické a hydrogeologické podmínky na lokalitě tvoří společný systém, bude v rámci modelu vývoje chemického složení vod ověřována také konzistentnost hydrogeochemického modelu s hydrogeologickým modelem a transportním modelem.

Geotermální model

Teplota a její rozložení v masivu patří mezi základní parametry při navrhování hlubinného úložiště. Teplota ovlivňuje mechanickou stabilitu hornin, proudění podzemní vody a chemicko-biologické vztahy v prostředí. Tepelné vlastnosti hornin a teplotní podmínky v masivu budou mít přímý vliv na uspořádání prostor a konstrukci hlubinného úložiště. Cílem geotermálního modelu bude charakterizace současného teplotního pole a popis prostorového rozložení tepelných vlastností v horninovém masivu.

Pomocí geotermálního modelu budou na základě naměřených tepelných vlastností hornin vyhodnocovány tepelné procesy v horninovém masivu, za účelem získání prostorového rozložení tepla po uložení UOS a vyhodnocení schopnosti horninového prostředí na lokalitě odvádět teplo. Simulace disipace tepla v horninovém masivu je důležitá z důvodu prostorového dimenzování HÚ. V rámci prací na geotermálním modelu bude potřeba stanovit a obhájit způsob opisu prostorového rozložení tepelných vlastností hornin (kromě jiných například tepelná vodivost a tepelná kapacita) v horninovém prostředí pro HÚ. Model bude alespoň pro iniciační výpočty založen na závislosti tepelných vlastností na litologické distribuci. Bude proto úzce provázán se strukturně – geologickým modelem. Jelikož tepelné vlastnosti v reálných podmínkách nemusí být závislé pouze na litologické distribuci a mohou se měnit například v závislosti na strukturních podmínkách, nebo vlivem saturace horninového masivu, lokálních nehomogenit apod., bude potřeba i tyto vlivy kvantitativně zhodnotit.

Geomechanický model

Geomechanický model bude interpretovat mechanické chování horninového prostředí na lokalitách se zohledněním prostorového rozložení geomechanických vlastností hornin. Geomechanický model bude jeden z podkladů pro následné hodnocení horninového prostředí při různé úrovni jeho zatížení, aby byla zachována stabilita přírodní bariéry HÚ v průběhu všech fází výstavby HÚ. Model tak bude interpretovat kvalitu hornin s ohledem na realizovatelnost stavební a důlní činnosti. Modelování mechanických vlastností horninového masivu, reakce horniny při působení napětí z různých směrů a jejího přetvoření, bude navazovat na přímé či nepřímé (analýza jader) měření ve vrtech. Geomechanický model bude úzce propojen se strukturně – geologickým modelem, zejména pokud jde o puklinové systémy. Zatímco strukturně – geologický model řeší zejména geometrický popis puklinových systémů, geomechanický model se zabývá původem jejich vzniku, jejich vývojem v geologické minulosti a interakcí mezi puklinovými systémy a mechanickými vlastnostmi méně porušených částí horninového masivu. Geomechanický model tak bude úzce provázán nejen se strukturně – geologickým modelem, ale také s modelem geodynamických procesů. Dílčí geomechanický model poslouží také pro upřesnění, geologických a hydrogeologických DFN modelů a pro odhad vývoje hydraulické vodivosti s hloubkou v rámci dílčího hydrogeologického popisného modelu.

Popisný model klimatu a geodynamických procesů

Cílem tohoto modelu bude získat informace o vývoji klimatu a geodynamických procesů v geologické minulosti lokalit vedoucích k současnému stavu na potenciálních lokalitách. Účelem modelu bude interpretace vlivu těchto dvou vzájemně propojených přírodních fenoménů na geologický a geomorfologický vývoj reliéfu a přìpovrchové vrstvy litosféry v současnosti. Zdůrazněna bude interakce a vzájemná podmíněnost těchto fenoménů, jakož i jejich provázanost s vývojem zemské kůry, povrchové a podzemní vody, jejího chemického složení a prostorového rozložení. Model zahrne informace o výskytu projevů endogenních a exogenních procesů, například projevů tektonických pohybů a seismické aktivity ve podobě deformací povrchu území. Model bude interpretovat rychlost v současnosti probíhající eroze, zvětrávání a sedimentace, a jejich provázání s vertikálními tektonickými pohyby. Model bude v neposlední řadě zohledňovat hlavní složky atmosféry a řídící parametry, které ovlivňují klima na lokalitách v současnosti s přesahem do geologické minulosti. Model bude postavený na strukturně-geologickém a hydrogeologickém modelu s úzkou provázaností se srážko-odtokovým modelem a modelem biosféry.

Popisný model povrchového ekosystému

Cílem vytvoření modelu ekosystému bude identifikovat, popsat a kvantifikovat všechny relevantní složky povrchového ekosystému potenciálních lokalit. Popisný model zahrne výsledky měření a monitoringu získané v současnosti, a rovněž i informace získané z historických záznamů. Účelem modelu bude pochopení vzájemných vztahů biotických a abiotických složek ekosystémů a poskytnutí vstupních dat pro posouzení bezpečnosti, ve kterém se zhodnotí vliv hypotetické existence HÚ na ekosystém jednotlivých potenciálních lokalit. Účelem modelu bude také po určení finální lokality umožnit navržení programu monitoringu vlivu samotné realizace HÚ na místní ekosystém. Kromě toho model poslouží jako platforma pro bezpečnostní hodnocení finální lokality po konečném uzavření HÚ (safety case).

Popisné modely potenciálních lokalit budou vycházet z informací a dat získaných během geologického průzkumu na povrchu a v hlubokých vrtech, geofyzikálních měření a

komplexního monitoringu na vybraných lokalitách a dále budou čerpat z předešlých prací a dat dostupných z dříve realizovaných projektů. Modely budou interpretovat geologickou stavbu a přírodní vztahy v horninovém masivu a na povrchu lokalit. Jejich součástí budou rovněž probíhající přírodní procesy, které podmínily současnou přírodní stavbu geosféry a vztahů povrchových ekosystémů. Vývoj popisných modelů lokalit vyžaduje multidisciplinární interpretaci získaných informací z geologie, strukturní geologie, mechaniky hornin, termomechaniky hornin, hydrogeologie, hydrogeochemie, geotechniky, geodynamiky, klimatologie a povrchových ekosystémů.

Popisné modely lokalit budou posléze vstupem pro předběžné posouzení těchto lokalit s ohledem na jejich dlouhodobou bezpečnost od doby uložení radioaktivních odpadů v úložišti do jednoho milionu let v budoucnosti. Vytvořením takovýchto geologických popisných modelů prokáže splnění požadavku dle odst. 4) § 18 vyhlášky 378/2016 Sb. který definuje nemožnosti vytvoření komplexního prostorového modelu geologické stavby z důvodu složité geologické stavby a tektonických poměrů a hydrogeologického modelu v důsledku obtížné popsitelnosti a predikovatelnosti hydrogeologických poměrů území k umístění jaderného zařízení, nebo geomechanických a geochemických modelů území k umístění jaderného zařízení, jako charakteristiky vlastnosti území, při kterých je umístění hlubinného úložiště zakázáno.

2.7 Výstupní studie

Výstupní studie budou tvořit syntézu všech informací získaných na lokalitách. Často jsou tyto studie nazývány Podkladovými studiemi, jelikož budou sloužit jako podklad pro výběr finální a záložní lokality. Zároveň jsou tyto studie dokladem pro ty lokality, které budou vyhodnoceny, že naplňují všechny legislativní požadavky a budou posouzeny jako předběžně bezpečné (tzn. projdou prvním a druhým krokem hodnocení, viz kapitola 3). Zároveň tyto studie budou sloužit jako cenný podklad pro přípravu dokumentace žádosti o umístění jaderného zařízení na finální a záložní lokalitě (Koncepte 2019).

Studie umístitelnosti

Studie umístitelnosti ověřuje umístění podzemního a povrchového areálu hlubinného úložiště pro VJP a ukládání radioaktivních odpadů nepřijatelných do stávajících přípovrchových úložišť ve vymezeném průzkumném území dané lokality. Ověření umístění podzemního areálu zahrnuje posouzení velikosti potenciálně využitelných horninových bloků dle předpokládaného inventáře VJP a RAO a stanovení objemu rubaniny pro dané technické řešení. Studie navrhuje optimální umístění povrchového areálu v rámci lokality včetně jeho napojení na infrastrukturu a způsob realizace horké komory. Studie rovněž obsahuje vyhodnocení střetů zájmů, identifikaci a zhodnocení nejistot navržených řešení.

Studie hodnotící bezpečnost lokality (v rozsahu §18 vyhlášky č. 378/2016 Sb.)

Tato studie je zaměřená na předběžné posouzení bezpečnosti lokality v rozsahu §18 vyhlášky č. 378/2016 Sb. Studie hodnotí všechny dostupné znalosti o vlastnostech posuzované lokality jako jsou vlastnosti horninového masivu, a to až do hloubky, kde se HÚ předpokládá umístit. Dále se posuzuje ozáření reprezentativní osoby při očekávaném vývoji HÚ, nemožnost vytvoření popisných modelů a přítomnost geotermální energie.

Posouzení vlivu HÚ na životní prostředí

Cílem této studie je předběžné vyhodnocení dopadů umístění HÚ v dané lokalitě na jednotlivé složky ŽP (půda, voda, ovzduší, krajinný ráz, fauna, flóra, ekosystémy, veřejné zdraví, přírodní zdroje, kulturní památky a hmotný majetek. Studie bude zpracována ve struktuře příl. č. 4 zákona č. 100/2001 Sb. (části: B, C, D, E). Předmětem posouzení bude především povrchový areál, resp. jeho dílčí, prostorově samostatné segmenty a trasy jejich napojení na stávající dopravní infrastrukturu.

Socioekonomické studie vlivu HÚ na lokalitu

Cílem těchto studií je vyhodnocení ekonomických a sociodemografických přínosů a rizik HÚ na danou lokalitu. V předchozích etapách prací byl zpracován rozvoj tzv. „širších regionů“ pro každou ze čtyř lokalit (Perlín r., et al. 2024). V průběhu procesu hodnocení lokalit proběhne aktualizace této zprávy po přesném umístění povrchových areálů v lokalitách, včetně jejich napojení na dopravní infrastrukturu. Tyto studie budou předloženy Ministerstvu průmyslu a obchodu společně s návrhem výběru hlavního a záložního umístění hlubinného úložiště.

Doplňující studie

Hodnocení vybraných 4 lokalit pro výběr finální a záložní lokality je dlouhodobým procesem, v jehož průběhu lze předpokládat, že vyvstane potřeba pro komplexnost informací zpracovat doplňující studie. Předpokládá se například vznik studií, které nemají vliv na prokázání dlouhodobé bezpečnosti budoucího HÚ, ale mohou poskytnout dodatečné informace o konkrétní lokalitě. Výstupy těchto studií budou součástí procesu výběru finální a záložní lokality, nicméně bez vlivu na konkrétní klíčová hodnotící kritéria hodnocení.

3 Proces hodnocení lokalit pro výběr finální a záložní lokality

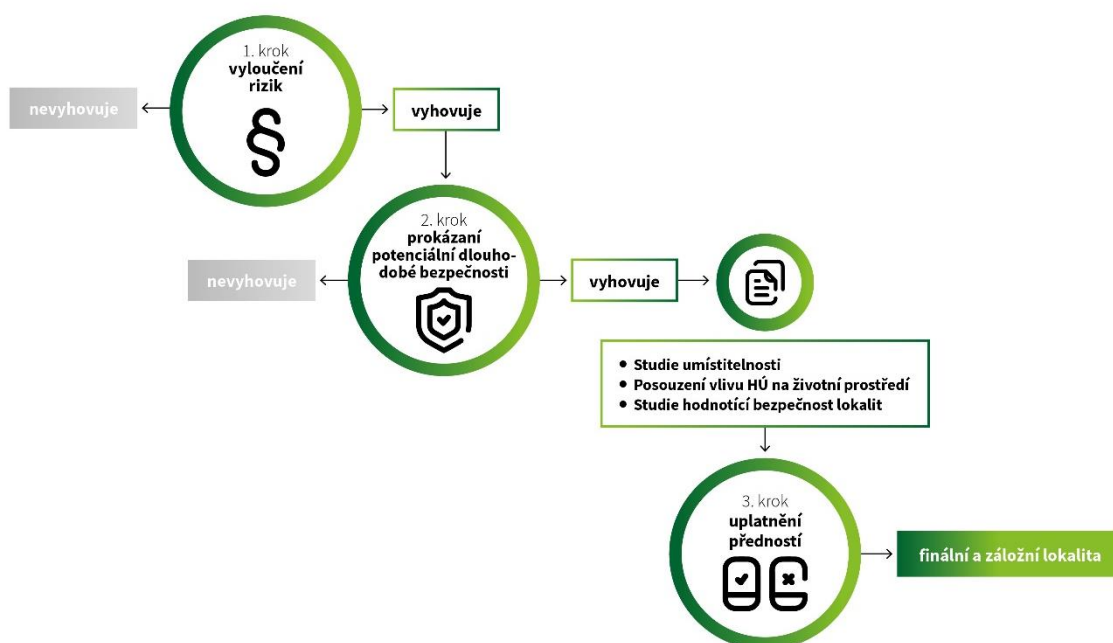
Proces hodnocení lokalit pro výběr finální a záložní lokality je založen na multidisciplinárním využití dat a podkladových studií, které vychází z požadavků Koncepce, která zdůrazňuje potřebu důkladného a komplexního posouzení všech aspektů týkajících se bezpečnosti, technické proveditelnosti, environmentálních dopadů a socioekonomických vlivů. Podle této koncepce je nezbytné zajistit, aby vybrané lokality splňovaly přísné bezpečnostní standardy a poskytovaly dlouhodobou ochranu proti únikům radioaktivních látek. Do procesu hodnocení tak vstupují nejen data z geologického prostředí, dále technická proveditelnost samotného úložiště v dané lokalitě, data o procesu hodnocení vlivů stavby na životní prostředí, ale také socioekonomická data. Primárním úkolem hodnocení v této etapě, tedy výběru finální a záložní lokality pro umístění hlubinného úložiště, je však především předběžné prokázání dlouhodobé bezpečnosti navrženého řešení ve vybrané lokalitě. Horninové prostředí finální lokality musí tedy zajistit vhodné a stabilní podmínky pro navržené inženýrské bariéry.

3.1 Postup hodnocení

Postup hodnocení vychází především z doporučení mezinárodní metodiky IAEA SSG-35 a dále požadavků národní legislativy a vyhlášky č. 378/2016 Sb., která v §18 specifikuje zvláštní požadavky na rozsah a způsob posuzování území k umístění hlubinného úložiště. V rámci stávajícího procesu hodnocení budou podrobeny detailnímu posouzení čtyři perspektivní lokality. Tyto lokality budou během jednotlivých kroků hodnocení buď postupovat do dalších fází, nebo mohou být na základě zjištěných skutečností vyloučeny z dalšího posuzování. Na konci tohoto hodnocení bude doporučena jedna hlavní lokalita pro výstavbu hlubinného úložiště a jedna záložní lokalita, která splní všechny potřebné požadavky. Vyhláška č. 378/2016 Sb. stanovuje, že posuzování musí zahrnovat hodnocení izolačních a zádržných vlastností horninového prostředí v kombinaci s uměle vytvořenými překážkami, aby bylo zajištěno, že uložený radioaktivní odpad nezpůsobí větší ozáření reprezentativní osoby, než je dáno dávkovou optimalizační mezí. Posuzování musí také hodnotit hloubkový dosah a rozměr vhodného horninového masívu, strukturně geologické vlastnosti, mechanické vlastnosti horninového masívu, jejich petrografické a mineralogické složení, oběh podzemních vod a jejich chemické složení, tepelné vlastnosti horninového prostředí a další klíčové faktory. Získávání informací musí být prováděno tak, aby byly v nejvyšší možné míře zachovány původní vlastnosti geologického prostředí. Tímto způsobem je zajištěno, že výběr finální a záložní lokality bude založen na důkladném a komplexním posouzení všech relevantních geologických a environmentálních aspektů, čímž bude dosaženo dlouhodobé bezpečnosti hlubinného úložiště. Při hodnocení bude dále vycházeno z dokumentu SÚRAO MP.22, který představuje souhrn požadavků, indikátorů a kritérií, které jsou relevantní při hodnocení vhodnosti lokality pro umístění hlubinného úložiště. Hodnocení lokalit ve stávající etapě bude prováděno nejprve na základě tzv. vyloučení rizik lokality, schopnosti prokázání funkčnosti navrženého ukládacího konceptu pro VJP v prostředí lokality, popsitelnosti a predikovatelnosti lokalit a následně budou lokality mezi sebou vzájemně porovnány na základě aplikace klíčových porovnávacích kritérií. Toto hodnocení proběhne při aplikaci tří základních kroků hodnocení (viz Obr. 3):

1. **krok hodnocení** – hodnocení v první fázi bude založeno na aplikaci skrínigových vylučujících kritérií, jak doporučuje metodika IAEA SSG-35. Vyloučení rizik představuje vyhodnocení výsledků individuálního hodnocení lokalit ve vztahu k legislativním požadavkům na vhodnost lokality pro umístění HÚ dle vyhlášky č. 378/2016 Sb., popis lokalit, včetně vytvoření popisných modelů lokalit;
2. **krok hodnocení** – prokázání potenciální dlouhodobé bezpečnosti lokalit během kterého bude provedeno hodnocení dlouhodobé bezpečnosti technického konceptu pro VJP na Referenční lokalitě odpovídající charakteru jaderného zařízení a jeho bezpečnostním požadavkům (IAEA 2015) a porovnání výstupních transportních parametrů (transportní časy, koncentrace, ...) referenční lokality s transportními parametry lokalit získaných z popisných modelů.
3. **krok hodnocení** – uplatnění předností (vzájemné porovnání lokalit) na základě stanovení klíčových porovnávacích kritérií a jejich relativních výhod

S ohledem na rozsah provedených prací ve stávající etapě (charakterizace horninového masivu na úrovni budoucího ukládacího horizontu, hodnocení dlouhodobé bezpečnosti technického konceptu pro VJP na Referenční lokalitě) a charakter dostupných informací budou ve stávající etapě hodnocení použita vybraná kritéria z dokumentu MP.22 plně reflektující požadavky legislativy pro umístění hlubinného úložiště a dále taková klíčová kritéria, která plně zohlední zaměření výběru finální a záložní lokality, které se soustředí především na předběžné prokázání dlouhodobé bezpečnosti ve vztahu k podzemnímu areálu a horninového masivu, ve kterém je tato stavba umístěna a kde bude v budoucnu klíčové prokázat její dlouhodobou bezpečnost po dobu až 1 milionu let (Vrba et al. 2023). Principem předkládaného hodnocení a porovnání je aplikace takových kritérií (tzn. klíčových porovnávacích kritérií), které dostatečným způsobem definují lokality ve vztahu k prokázání dlouhodobé bezpečnosti a technického provedení navrženého řešení hlubinného úložiště v dané lokalitě.



Obr. 3 Postup hodnocení lokalit

3.2 První krok hodnocení – Vyloučení rizik

V kontextu přípravy hlubinného úložiště radioaktivního odpadu je zásadní zajistit, aby lokality pro jejich umístění splňovaly přísné bezpečnostní standardy. V souladu s českou legislativou, konkrétně vyhláškou č. 378/2016 Sb., a mezinárodními doporučeními metodiky IAEA SSG-35, jsou definována tzv. screeningová vylučující kritéria, která vylučují možnost umístění hlubinného úložiště v případech, kdy nepříznivý vliv daného jevu nelze eliminovat nebo snížit na akceptovatelnou mez pomocí inženýrských opatření.

Při hodnocení vybraných lokalit je klíčové posoudit, zda zjištěné vlastnosti lokality naplňují stanovené požadavky. Pokud hodnocená lokalita vykazuje naplnění vylučujícího kritéria a neexistují žádná účinná opatření k jejich eliminaci, tato lokalita nebude nadále zvažována a bude zařazena mezi vyloučené. Naopak, pokud jsou zjištěny překážky, ale existují inženýrská opatření – technická či administrativní pro jejich odstranění, způsob vypořádání a náklady na tato opatření mohou být porovnány s náklady na realizaci úložiště.

Každá lokalita je hodnocena na základě dvou klíčových skutečností definovaných vyhláškou č. 378/2016 Sb. Zaprvé, zda informace o vlastnostech lokality naznačují, že požadavky budou splněny, což znamená, že příležitost převažuje nad rizikem. Zadruhé, zda zjištěné informace indikují překážky nebo problémy, které mohou znemožnit splnění požadavků, což znamená, že riziko převažuje nad příležitostí.

Při identifikaci a posouzení překážek je nutné využít dostupná data o geologické stavbě, hydrogeologických poměrech a vlastnostech hornin v hloubce plánovaného úložiště. Vyhláška č. 378/2016 Sb. stanovuje specifické požadavky, které musí být splněny nejen pro samotné umístění, ale také pro bezpečnostní dokumentaci jaderného zařízení.

V této kapitole budou podrobně popsána vylučující kritéria a jejich aplikace na podzemní části úložiště. Hodnocení budou prováděna specialisty jednotlivých zpracovatelských týmů, kteří se zaměřují na průzkumné území pro zvláštní zásah do zemské kůry i hodnocený region. Souhrn vylučujících kritérií a jejich vyhodnocení poskytuje jasný rámec pro rozhodovací proces týkající se umístění hlubinného úložiště z hlediska vyloučení možných rizik.

3.2.1 Screeningová vylučující kritéria

Výstupem prvního kroku hodnocení bude tabulka vylučujících kritérií a jejich vyhodnocení pro každou lokalitu s konstatováním, zda lokalita vyhovuje a postupuje do kroku č.2 hodnocení, nebo je lokalita z dalšího hodnocení vyloučena.

Charakteristiky vlastností území vylučující umístění jaderného zařízení, vyhláška č. 378/2016 Sb.) jsou následující:

- 1) Výskyt zóny pohybově nebo seismicky aktivního zlomu nebo jiného pohybu zemské kůry, který by mohl způsobit deformaci jaderného zařízení snižující jadernou bezpečnost, do vzdálenosti 5 km (§ 6, odst. 2, písm. a)
- 2) Vznik doprovodného zlomu na pozemku jaderného zařízení (§ 6, odst. 2, písm. b)
- 3) Pravidelné zaplavování pozemku jaderného zařízení v důsledku extrémních meteorologických situací s pravděpodobností výskytu jednou za 100 let nebo vyšší (§ 7, odst. 2)

- 4) Existence významných útvarů podzemních vod, u nichž by mohlo dojít k trvalému znečištění radioaktivní látkou (§ 8, odst. 2)
 - 5) Výskyt 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 (§ 9, odst. 3, písm. a)
 - 6) Výskyt kaveren a krasových formací, hlubinných dolů, podzemních zásobníků plynu a jiných staveb realizovaných v podzemních prostorech a pozůstatků historické těžby § 9, odst. 3, písm. b)
 - 7) Výskyt čerpacích vrtů a technologií rozpouštění k těžbě nerostných surovin a podzemní vody, včetně propadu nebo deformace povrchu (§ 9, odst. 3, písm. c)
 - 8) Výskyt svahových pohybů snižujících jadernou bezpečnost, nebo přetrvávajících nevhodných vlastností základových půd (§ 9, odst. 3, písm. c)
 - 9) Výskyt přetrvávajících nevhodných vlastností základových půd (§ 9, odst. 3, písm. d)
 - 10) Vzdálenost zařízení, kde může dojít k výbuchu či požáru, znemožňující provést preventivní nebo ochranná opatření zamezující ohrožení jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, zvládání radiační mimořádné události nebo zabezpečení (§ 14, odst. 2)
 - 11) Zasahování pozemku do ochranného pásma definovaného v § 15, odst. 1 písm. a) a b)
- V odst. 4) § 18 vyhlášky 378/2016 Sb. jsou dále definovány charakteristiky vlastnosti území, při jejímž dosažení je zakázáno přímo umístění hlubinného úložiště:

a) horninové prostředí, které umožňuje migraci radioaktivních, chemických a toxických látek, které se mohou uvolnit z uloženého radioaktivního odpadu tak, že při očekávaném vývoji hlubinného úložiště dojde k většímu ozáření reprezentativní osoby, než je dáno dávkovou optimalizační mezí,

b) nemožnost vytvoření¹

- 1) komplexního prostorového modelu geologické stavby z důvodu složité geologické stavby a tektonických poměrů,
- 2) hydrogeologického modelu v důsledku obtížné popsatelnosti a predikovatelnosti hydrogeologických poměrů území k umístění jaderného zařízení, nebo
- 3) geomechanických a geochemických modelů území k umístění jaderného zařízení, nebo

c) přítomnost zdrojů geotermální energie.

Všechna tato kritéria jsou shrnuta v Tab. 2, kde je u každého kritéria zároveň uveden rozsah území, kde bude kritérium hodnoceno.

¹ Tato podmínka SÚJB je interpretována jako nemožnost vytvoření dostatečně důvěryhodných modelů z důvodu nejistot daných složitými poměry v lokalitě nebo nemožností získat dostatek informací.

Tab. 2 Souhrn screeningových vylučujících kritérií dle vyhlášky č. 378/2016 Sb.

ID	definice/naplnění	odkaz	hodnocené území ^{*1} /zdůvodnění	podklad/data
1	výskyt zóny pohybové nebo seismicky aktivního zlomu nebo jiného pohybu zemské kůry, který by mohl způsobit deformaci jaderného zařízení snižující jadernou bezpečnost, do vzdálenosti 5 km	§ 6 odst. 2 písm. a)	Hodnocený region § 5 písm. a) vyhl. č. 378/2016 Sb. (do vzdálenosti 25 km)	Geologické práce, popisné modely
2	vznik doprovodného zlomu na pozemku jaderného zařízení ^{*2}	§ 6 odst. 2 písm. b)	Homogenní blok Homogenní blok horniny je geologické prostředí vhodné pro umístění podzemní části HÚ	Geologické práce, popisné modely
3	pravidelné zaplavování pozemku jaderného zařízení v důsledku extrémních meteorologických situací s pravděpodobností výskytu jednou za 100 let nebo vyšší	§ 7 odst. 2	Perspektivní území pro projektové práce Pro posouzení vylučujícího kritéria budou určeny popisné modely lokalit, konkrétně srážko-odtokový model (součást dílčího popisného hydrogeologického modelu), a modelu dlouhodobé predikce klimatu a geodynamických procesů vytvořeného na základě stejnojmenného popisného modelu.	Geologické práce, popisné modely
4	existence významných útvarů podzemních vod, u nichž by mohlo dojít k trvalému znečištění radioaktivní látkou	§ 8 odst. 2	Modelové území Hydrogeologický model	Geologické práce

ID	definice/naplnění	odkaz	hodnocené území ^{*1} /zdůvodnění	podklad/data
5	výskyt 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	§ 9 odst. 3 písm. a)	Homogenní blok Homogenní blok horniny je geologické prostředí vhodné pro umístění podzemní části HÚ	Geologické práce
6	výskyt kaveren a krasových formací na pozemku jaderného zařízení ^{*2}	§ 9 odst. 3 písm. b)	Homogenní blok Homogenní blok horniny je geologické prostředí vhodné pro umístění podzemní části HÚ	Geologické práce
7	výskyt kaveren a krasových formací mimo pozemek jaderného zařízení, hrozí-li propad nebo deformace povrchu území k umístění jaderného zařízení s vlivem na jadernou bezpečnost	§ 9 odst. 3 písm. b)	Pro podzemní část není relevantním kritériem	Geologické práce
8	výskyt hlubinných dolů, podzemních zásobníků plynu a jiných staveb realizovaných v podzemních prostorech a pozůstatků historické těžby na pozemku jaderného zařízení ^{*2}	§ 9 odst. 3 písm. b)	Homogenní blok Homogenní blok horniny je geologické prostředí vhodné pro umístění podzemní části HÚ	Geologické práce
9	výskyt hlubinných dolů, podzemních zásobníků plynu a jiných staveb realizovaných v podzemních prostorech a pozůstatků historické těžby mimo pozemek jaderného zařízení, hrozí-li propad nebo deformace povrchu území k umístění jaderného zařízení s vlivem na jadernou bezpečnost	§ 9 odst. 3 písm. b)	Pro podzemní část není relevantním kritériem	Geologické práce
10	výskyt čerpacích vrtů a technologií rozpouštění k těžbě nerostných surovin a podzemní vody, včetně propadu	§ 9 odst. 3 písm. b)	Homogenní blok	Geologické práce

ID	definice/naplnění	odkaz	hodnocené území ^{*1} /zdůvodnění	podklad/data
	nebo deformace povrchu na pozemku jaderného zařízení ^{*2}		Homogenní blok horniny je geologické prostředí vhodné pro umístění podzemní části HÚ	
11	výskyt čerpacích vrtů a technologií rozpouštění k těžbě nerostných surovin a podzemní vody, včetně propadu nebo deformace povrchu mimo pozemek jaderného zařízení, hrozí-li propad nebo deformace povrchu území k umístění jaderného zařízení s vlivem na jadernou bezpečnost	§ 9 odst. 3 písm. b)	Pro podzemní část není relevantním kritériem	Geologické práce
12	výskyt svahových pohybů snižujících jadernou bezpečnost	§ 9 odst. 3 písm. c)	Pro podzemní část není relevantním kritériem	Geologické práce
13	výskyt přetrvávajících nevhodných vlastností základových půd pro zakládání objektů důležitých z hlediska jaderné bezpečnosti, pokud průměrná rychlost příčných vln v základové půdě je nižší než 360 m/s	§ 9 odst. 3 písm. d)	Pro podzemní část není relevantním kritériem	Geologické práce
14	výskyt základové půdy s únosností nižší než 0,2 MPa	§ 9 odst. 3 písm. d)	Pro podzemní část není relevantním kritériem	Geologické práce
15	výskyt prosedavých nebo silně bobtnavých základových půd	§ 9 odst. 3 písm. d)	Pro podzemní část není relevantním kritériem	Geologické práce
16	výskyt základové půdy zařazené mezi středně organické nebo vysoce organické	§ 9 odst. 3 písm. d)	Pro podzemní část není relevantním kritériem	Geologické práce
17	výskyt ztekucených zemin	§ 9 odst. 3 písm. d)	Pro podzemní část není relevantním kritériem	Geologické práce

ID	definice/naplnění	odkaz	hodnocené území*1/zdůvodnění	podklad/data
18	vzdálenost výskytu výbuchů a požárů, které mají původ v činnosti člověka, a jejich zplodin, od jaderného zařízení znemožňující provést preventivní nebo ochranná opatření zamezující ohrožení jeho jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, zvládnutí radiační mimořádné události nebo zabezpečení	§ 14 odst. 2	Pro podzemní část není relevantním kritériem	Studie umístitelnosti
19	zasahování pozemku jaderného zařízení do silničního ochranného pásma	§ 15 odst. 2	Pro podzemní část není relevantním kritériem	Studie umístitelnosti
20	zasahování pozemku jaderného zařízení do železničního ochranného pásma	§ 15 odst. 2	Pro podzemní část není relevantním kritériem	Studie umístitelnosti
21	horninové prostředí, které umožňuje migraci radioaktivních, chemických a toxických látek, které se mohou uvolnit z uloženého radioaktivního odpadu tak, že při očekávaném vývoji hlubinného úložiště dojde k většímu ozáření reprezentativní osoby, než je dáno dávkovou optimalizační mezí	§ 18 odst. 4, písm. a)	Modelové území	Geologické práce, popisné modely
22	nemožnost vytvoření komplexního prostorového modelu geologické stavby z důvodu složité geologické stavby a tektonických poměrů	§ 18 odst. 4, písm. b)	Modelové území Geologický model	Geologické práce, popisné modely
23	nemožnost vytvoření hydrogeologického modelu v důsledku obtížné popsitelnosti a predikovatelnosti hydrogeologických poměrů území k umístění jaderného zařízení	§ 18 odst. 4, písm. b)	Modelové území Hydrogeologický model	Geologické práce, popisné modely

ID	definice/naplnění	odkaz	hodnocené území ^{*1} /zdůvodnění	podklad/data
24	nemožnost vytvoření geomechanických a geochemických modelů území k umístění jaderného zařízení	§ 18 odst. 4, písm. b)	Modelové území Geomechanický (Inženýrskogeologický a geochemický model)	Geologické práce, popisné modely
25	přítomnost zdrojů geotermální energie	§ 18 odst. 4, písm. c)	Homogenní blok Homogenní blok horniny je geologické prostředí vhodné pro umístění podzemní části HÚ	Geologické práce

*1 – dle Obr. 2 Rozsah popisu lokalit pro účely jejich hodnocení

*2 – definováno v § 2 písm. c) vyhl. č. 378/2016 Sb., pro podzemní část HÚ aplikováno přiměřeně

Vylučující kritéria plynoucí z projednávání aktualizace Koncepce ve vztahu k životnímu prostředí se týkají povrchových objektů HÚ a jsou tedy zahrnuta samostatně v rámci připravované metodiky umístění povrchových areálů (Pospíšková et al. 2024)

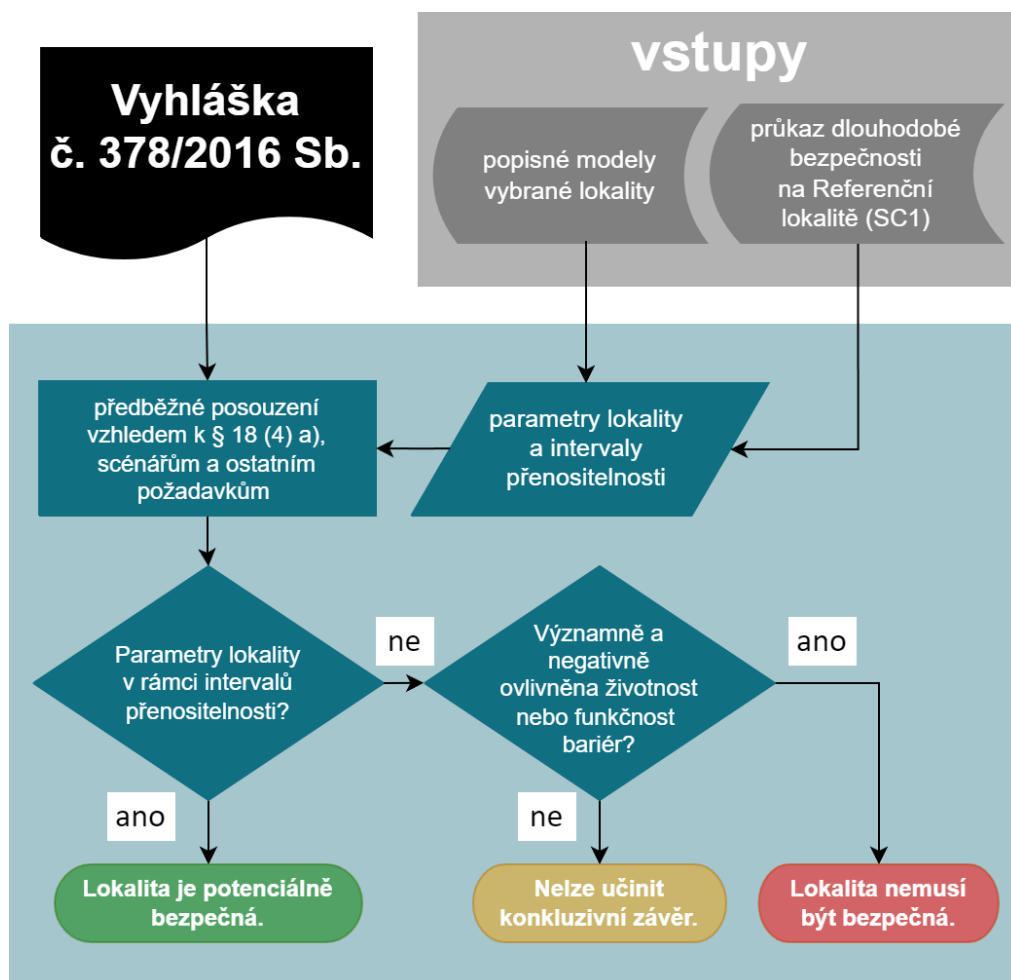
3.3 Druhý krok hodnocení – předběžné posouzení dlouhodobé bezpečnosti vybraných lokalit

Předběžné posouzení dlouhodobé bezpečnosti hlubinného úložiště v podmínkách vybraných lokalit je důležitým krokem procesu z důvodu zajištění vhodných, stabilních podmínek horninového prostředí pro navržené inženýrské bariéry. Cílem kroku dva je předběžně posoudit, zda uložený radioaktivní odpad v navrženém systému bariér nebude představovat riziko pro životní prostředí a lidské zdraví v horizontu statisíců let. Jedná se o předběžné posouzení vzhledem k požadavku §18 odst. 4 a) vyhlášky č. 378/2016 Sb.

Tento krok bude posuzovat jen ty lokality, které splnily požadavky v prvním kroku, a tedy u nichž byla vyloučena rizika, pro která nelze úložiště umístit.

Předběžné posouzení bezpečnosti pracuje se dvěma hlavními zdroji vstupních informací. Prvním jsou výstupy z popisných modelů vybraných lokalit, které poskytují ucelený zdroj informací o lokalitě (geologické, hydrogeologické, ...). Druhým zdrojem jsou výsledky z generického hodnocení dlouhodobé bezpečnosti českého ukládacího konceptu pro vyhořelé jaderné palivo v rámci Referenční lokality (dále označován zkratkou SC1 z anglického Safety Case 1), kterého vypracování je plánováno do konce roku 2026.

Tímto přístupem znázorněným na Obr. 4, a detailněji popsáním v kapitole 3.3.2, lze přenést důvěru v dlouhodobou bezpečnost z SC1 (pro Referenční lokalitu) na vybrané lokality. Výsledkem posouzení jsou tři tvrzení, která odrážejí míru přenositelnosti.



Obr. 4 Druhý krok hodnocení – předběžné posouzení dlouhodobé bezpečnosti vybraných lokalit

3.3.1 Průkaz dlouhodobé bezpečnosti českého ukládacího konceptu pro vyhořelé jaderné palivo na Referenční lokalitě

Průkaz dlouhodobé bezpečnosti českého ukládacího konceptu pro vyhořelé jaderné palivo na Referenční lokalitě (SC1) bude pracovat s následujícími předpoklady:

Popis českého ukládacího konceptu

Český ukládací koncept, použitý v SC1, je založen na technickém řešení, popsaném v TZ 711/2023 (Hausmannová et al. 2023), které vychází z požadavků Konceptu nakládání s RAO a VJP, schválené v roce 2019. Základní předpoklady konceptu:

- bude ukládáno nepřepracované vyhořelé jaderné palivo,
- VJP bude ukládáno v ukládacích obalových souborech (UOS),
- UOS bude složen z vnějšího obalu z uhlíkové oceli a vnitřního pouzdra z korozi-vzdorné oceli,
- UOS bude obklopen bufferem z Ca/Mg bentonitu,
- hostitelským prostředím budou krystalinické horniny,
- ukládací horizont bude přibližně 500 metrů pod zemským povrchem,
- ukládací vrty budou orientovány vertikálně a
- HÚ bude budováno konvenční ražbou.

Inventář vychází z Koncepce, přičemž základním vstupem je technická zpráva TZ 694/2023 (Fejt et al. 2023).

Referenční lokalita

Referenční lokalita je hypotetická lokalita umístěná ve vhodném bloku krystalinické horniny na území ČR. Předpokládá se, že parametry Referenční lokality jsou průměrné pro Český masiv. Pro modely, které jsou vázané na lokálně specifická data, například na topologii terénu (většinou jsou to popisné modely jako geologický, hydrogeologický atd.), se používají data z lokality, kde byla pomocí modelu (v rámci projektu Bezpečnost I, 2014 - 2020) vypočítána nejvyšší (a tedy nejméně příznivá) rychlost proudění podzemní vody v úrovni ukládacího horizontu pro VJP.

Projektové řešení podzemní části HÚ

Dalším vstupem do SC1 je projektové řešení podzemní části HÚ pro VJP na Referenční lokalitě. Projektové řešení podzemní části HÚ vychází z optimalizace studie umístitelnosti (TZ 513/2020), která pracuje s inventářem dle Koncepce.

Průkaz dlouhodobé bezpečnosti

Cílem hodnocení bude průkaz dlouhodobé bezpečnosti (SC1), který potvrdí, zda je navržený český ukládací koncept pro VJP (Hausmannová et al. 2023) proveditelný a funkční v podmínkách českých krystalinických hornin. Měl by též demonstrovat použitelnost uvažované metodiky hodnocení dlouhodobé bezpečnosti HÚ.

3.3.2 Předběžné posouzení dlouhodobé bezpečnosti českého ukládacího konceptu ve vybraných lokalitách

V rámci SC1 budou provedeny výpočty celkového ozáření reprezentativní osoby v uvažovaných scénářích. Vstupem pro odvození intervalů přenositelnosti jsou rozsahy hodnot parametrů Referenční lokality, které byly uvažovány v rámci modelů použitých v SC1. Interval přenositelnosti je pak rozsah hodnot významných parametrů, pro který platí že:

- 1) budou splněny požadavky na výkonové charakteristiky inženýrských bariér,
- 2) výpočet celkového ozáření reprezentativní osoby v rámci scénáře normálního vývoje (SC1) nepřekročí hodnotu dávkové optimalizační meze (DOM).

Předpokládá se, že významné parametry budou identifikovány prostřednictvím citlivostní analýzy.

Za předpokladu, že parametry vybrané lokality spadají do intervalu přenositelnosti, lze očekávat, že vývoj systému inženýrských bariér bude obdobný jako v SC1 a celkové ozáření reprezentativní osoby nepřekročí hodnoty stanovené v SC1 (tj. menší než DOM v rámci scénáře normálního vývoje). V případě, že některý z parametrů lokality nespadá do intervalů přenositelnosti, nelze přenést důvěru v dlouhodobou bezpečnost HÚ na posuzované lokality (dle SC1). Za takové situace nelze vyslovit konkluzivní závěr o nebezpečnosti lokality, s výjimkou, kdy některý z parametrů významně sníží účinnost nebo životnost systému inženýrských bariér.

Závěr z předběžného posouzení dlouhodobé bezpečnosti lokalit na základě výsledků SC1:

- **lokalita je z hlediska dlouhodobé bezpečnosti potenciálně bezpečná** – pokud hodnoty parametrů z vybrané lokality budou v intervalech přenositelnosti, lokalita postupuje do třetího kroku hodnocení.

- **nelze učinit konkluzivní závěr** – pokud hodnota/y parametru/ů z vybrané lokality budou mimo intervaly přenositelnosti, lokalita postupuje do třetího kroku hodnocení. Pokud by v rámci kroku 3 vyšla srovnatelně nebo lepší než ostatní lokality, pak je nezbytné provést výpočet veličin hodnocených v SC1 (především DOM a výkonových charakteristik inženýrských bariér) s parametry dané lokality.
- **lokalita nemusí být z hlediska dlouhodobé bezpečnosti bezpečná** – pokud některý z parametrů významně sníží účinnost nebo životnost systému inženýrských bariér, lokalita nepostupuje do třetího kroku hodnocení.

Tento přístup zcela nenaplnuje požadavek dle vyhlášky č. 378/2016 Sb., § 18 (4) písmeno a), a ani se nejedná o formálně ucelené předběžné posouzení (preliminary safety assessment) ve formě nezávislého průkazu bezpečnosti (safety case) pro danou lokalitu. Výše popsany postup je ve shodě s obecným přístupem k předběžnému posouzení dlouhodobé bezpečnosti pro výběr lokality, který je akceptován v SSG-23, par. 4.16 (IAEA 2012). V této fázi je přijatelné pracovat s předpoklady nebo neúplnými informacemi o charakteristikách lokality nebo návrhu úložiště, neboť hlavním cílem je (předběžné) posouzení, zda je lokalita potenciálně vhodná. Přenesení důvěry z SC1 na vybrané lokality prostřednictvím intervalů přenositelnosti, umožňuje přispět k výběru finální a záložní lokality pro umístění HÚ. Plnohodnotné provedení výpočtu celkového ozáření reprezentativní osoby pro všechny typy RAO bude následně součástí procesu v rámci přípravy dokumentace pro umístění jaderného zařízení, dle zákona č. 263/2016 Sb., Příloha č. 1, bod 1. a), kde musí být proveden kompletní bezpečnostní rozbor v podmínkách dané lokality.

Následující tabulka (Tab. 3) demonstruje rozdílný rozsah posouzení dlouhodobé bezpečnosti pro výběr finální a záložní lokality a pro dokumentaci pro umístění JZ dle zákona č. 263/2016 Sb., Příloha č. 1.

Tab. 3 Rozsah předběžného posouzení dlouhodobé bezpečnosti

Oblast posouzení	Předběžné posouzení dlouhodobé bezpečnosti pro výběr lokality	Hodnocení pro umístění JZ
Geotermie	Analýza tepelných parametrů horninového prostředí lokality na základě popisného modelu a srovnání s intervaly přenositelnosti	Modely šíření tepla na lokalitě po uzavření HÚ
Hydrogeologie	Analýza hydrogeologických poměrů lokality na základě popisného modelu a srovnání s intervaly přenositelnosti	Modely proudění vody na lokalitě po uzavření HÚ a toků v místě ukládacích vrtů Modely proudění se zahrnutím možných klimatických změn
Geochemie	Analýza geochemických parametrů lokality na základě popisného modelu a srovnání s intervaly přenositelnosti	Geochemický model po uzavření HÚ, včetně analýzy vzájemného vlivu sekcí VJP a SAO Analýza vlivu možných klimatických změn.

Oblast posouzení	Předběžné posouzení dlouhodobé bezpečnosti pro výběr lokality	Hodnocení pro umístění JZ
Transport RN v poli blízkých interakcí	N/A	Modely transportu RN pro různé scénáře
Transport RN v geosféře	Analýza transportních procesů na lokalitě na základě popisného modelu a srovnání s intervaly přenositelnosti	Modely transportu RN pro různé scénáře
Transport RN v biosféře	Analýza povrchového ekosystému lokality z SDM s parametry referenční biosféry a srovnání s intervaly přenositelnosti	Modely šíření RN biosférou pro různé scénáře

3.4 Třetí krok hodnocení – uplatnění předností (vzájemné porovnání lokalit) na základě stanovení klíčových porovnávacích kritérií

Ve třetím kroku budou lokality, které prošly hodnocením vylučujících kritérií v prvním kroku a zároveň zde bylo možné lokalitu dostatečně popsat, prokázaly funkčnost a slučitelnost navrženého konceptu s horninovým prostředím v kroku druhém, vzájemně porovnávány pomocí hodnocení klíčových kritérií. Klíčová kritéria jsou takové charakteristiky lokality, podle kterých lze lokality porovnat v dané fázi vývoje hlubinného úložiště (Vondrovic et al. 2020) a případně identifikovat nevýhody, které daná lokalita může z hlediska klíčových kritérií vykazovat. 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, a to především na základě dat získaných z hloubky budoucího ukládacího horizontu.

Hlavním cílem při výběru finální a záložní lokality je zajistit, aby izolační a zádržné vlastnosti horninového prostředí finální a záložní lokality ve spojení s uměle vytvořenými překážkami efektivně bránily úniku radioaktivních látek. Toto hodnocení se zaměřuje na zajištění, že v průběhu očekávaného vývoje hlubinného úložiště nedojde k většímu ozáření reprezentativní osoby, než je stanoveno dávkovou optimalizační mezí. Důležitým aspektem je zároveň zachování původních vlastností geologického prostředí v maximální možné míře při získávání informací o daném území.

Posuzování území k umístění hlubinného úložiště zahrnuje široké spektrum oblastí, která jsou klíčová pro určení vhodnosti lokality. Tyto oblasti zahrnují:

Geologické a strukturní vlastnosti: Analýza hloubkového dosahu a rozměru vhodného bloku horninového masívu, strukturně geologických vlastností, včetně tektoniky, původu a předpokládaného vývoje horninového prostředí.

Mechanické a fyzikální vlastnosti hornin: Posouzení mechanických vlastností pro dlouhodobou stabilitu přírodní bariéry, petrografického a mineralogického složení a výskytu hydrotermálních a jiných druhotných přeměn.

Stabilita lokality: Zohlednění endogenních a exogenních jevů, včetně tektonických procesů, seismické aktivity, vulkanismu a klimatických změn.

Hydrogeologické a transportní vlastnosti: Popis oběhu podzemních vod, doby transportu a zádržných vlastností hornin.

Fyzikálně – chemické a geochemické vlastnosti podzemních vod: Zhodnocení fyzikálně chemických a geochemických vlastností geologického prostředí, zejména chemického složení podzemní vody.

Geomechanické a tepelné vlastnosti: Zkoumání pevnostních a deformačních charakteristik hornin a horninového masívu, napjatostního stavu horninového prostředí a tepelných vlastností, včetně teplotního gradientu.

Všechny uvedené oblasti budou analyzovány na základě stanovení klíčových porovnávacích kritérií pro danou oblast tak, aby bylo možné vybrat nejvhodnější lokalitu pro hlubinné úložiště. Tento přístup zajistí dlouhodobou bezpečnost a ochranu životního prostředí, čímž dojde ke splnění zákonných požadavků plynoucích z vyhlášky č. 378/2016 Sb., ale také etických závazků vůči současným i budoucím generacím.

3.4.1 Zdůvodnění výběru klíčových porovnávacích kritérií pro výběr finální a záložní lokality hlubinného úložiště v ČR

Výběr finální a záložní lokality pro hlubinné úložiště radioaktivního odpadu v České republice je proces, který vyžaduje pečlivé zhodnocení řady faktorů s cílem zajistit dlouhodobou bezpečnost a minimalizaci rizik pro životní prostředí a veřejné zdraví. Klíčová porovnávací kritéria použitá pro vzájemné porovnání lokalit byla vybrána na základě jejich schopnosti identifikovat a kvantifikovat parametry zásadní pro dlouhodobou bezpečnost a provozní spolehlivost HÚ.

1. Zajištění dlouhodobé bezpečnosti

Hlavním cílem výběru lokalit je zajistit, aby izolační a zádržné vlastnosti horninového prostředí ve spojení s inženýrskými bariérami efektivně bránily úniku radioaktivních látek. Klíčová porovnávací kritéria byla zvolena tak, aby reflektovala faktory ovlivňující transport radionuklidů a stabilitu geologického prostředí během celého životního cyklu hlubinného úložiště a především v době po jeho uzavření až do doby 1 milionu let.

2. Odborná opora v regulačních požadavcích

Výběr klíčových porovnávacích kritérií vychází z legislativních požadavků, zejména vyhlášky č. 378/2016 Sb., Vyhlášky o umístění jaderného zařízení. Tato vyhláška definuje specifické podmínky pro umístění hlubinných úložišť a stanovuje požadavky na hodnocení dle:

- Geologických podmínek (§ 6, § 18 odst. 2 písm. a, b, q), zahrnující složení hornin, jejich mechanické vlastnosti a přítomnost zlomových struktur.
- Hydrogeologických charakteristik (§ 18 odst. 2 písm. h, i, k), včetně proudění podzemních vod, retardačních vlastností hornin a sorpčních kapacit.
- Geomechanických a fyzikálně-chemických parametrů (§ 18 odst. 2 písm. d, f, l, n), které ovlivňují stabilitu podzemních děl a bezpečnostní funkce inženýrských bariér.
- Seismického ohrožení a stability území (§ 18 odst. 2 písm. g, i, j), s ohledem na pravděpodobnost geodynamických jevů.

Zařazením klíčových porovnávacích kritérií plynoucích z legislativy je zajištěno, že hodnocení lokalit odpovídá nejen vysoce odborným požadavkům a mezinárodním standardům, ale také právním předpisům České republiky.

Vazba indikátorů na požadavky českého regulátora

Při výběru indikátorů pro hodnocení jednotlivých kritérií bylo zásadní, aby odpovídaly požadavkům na bezpečnost hlubinného úložiště. Indikátory byly definovány s ohledem na jejich schopnost objektivně kvantifikovat klíčové vlastnosti horninového prostředí a byly vybrány v souladu s bezpečnostním návodem BN-OD-1.2 (SÚJB, 2024). V následující tabulce je uvedena provázanost jednotlivých indikátorů s požadavky vyhlášky č. 378/2016 Sb. a s doporučenými bezpečnostními indikátory.

Geologické podmínky (§ 6, § 18 odst. 2 písm. a, b, q)

- **Stupeň křehkého porušení horninového masivu:** § 18 odst. 2 písm. a), b) - odpovídá bezpečnostnímu indikátoru **Geometrie puklin, strukturní charakter masívu**
- **Intenzita křehkého porušení masivu:** § 18 odst. 2 písm. a) - odpovídá **Hustotě puklinové sítě**
- **Variabilita geologických vlastností:** § 18 odst. 2 písm. b) - odpovídá **Mineralogii matrice, variabilitě horninových těles**

Mechanické a fyzikální vlastnosti hornin (§ 18 odst. 2 písm. d, f, l)

- **Pevnost horniny v prostém tlaku:** § 18 odst. 2 písm. d) - odpovídá **Charakteristice horninového materiálu**
- **Modul pružnosti a modul přetvárnosti:** § 18 odst. 2 písm. f) - odpovídá **Deformačním vlastnostem hornin**
- **Poissonovo číslo:** § 18 odst. 2 písm. f) - odpovídá **Napět'ovému stavu v okolí podzemních děl**
- **Napět'ový stav:** § 18 odst. 2 písm. l) - odpovídá **Primárnímu napětí v horninovém masivu**

Stabilita lokality (§ 18 odst. 2 písm. g, i, j)

- **Pravděpodobnostní hodnocení seismického ohrožení PSHA:** § 18 odst. 2 písm. g), i) - odpovídá **Pravděpodobnostnímu hodnocení seismického ohrožení (PSHA)**
- **Vliv výškového gradientu a permafrostu:** § 18 odst. 2 písm. j) - odpovídá **Kvantifikaci denudace a geomorfologické stability**

Hydrogeologické a transportní vlastnosti (§ 18 odst. 2 písm. h, i, k)

- **Proudění v místě ukládacích vrtů:** § 18 odst. 2 písm. h) - odpovídá **Proudění podzemní vody, transportním časům**
- **Transportní odpor:** § 18 odst. 2 písm. h) - odpovídá **Transportnímu odporu v horninovém prostředí**
- **Rozložení kontaminace do drenážních oblastí:** § 18 odst. 2 písm. k) - odpovídá **Shannonově entropii (rozdělení kontaminace)**
- **Retardační parametry horninového prostředí:** § 18 odst. 2 písm. k) - odpovídá **Sorpčním koeficientům a retardačním faktorům**

Fyzikálně-chemické a geochemické vlastnosti podzemních vod (§ 18 odst. 2 písm. k)

- **Chemické složení a vlastnosti podzemní vody:** § 18 odst. 2 písm. k) - odpovídá **pH, Eh, mineralizaci**

Velikost podzemní části úložiště (Geomechanické a tepelné vlastnosti) (§ 18 odst. 2 písm. l, n)

- **Velikost hlubinného úložiště na ukládacím horizontu:** § 18 odst. 2 písm. n) - odpovídá **Geometrii úložiště, teplotnímu gradientu**
- **Velikost rezervy horninového bloku:** § 18 odst. 2 písm. l) - odpovídá **Rezervní kapacitě horninového bloku**

3. Možnost objektivního porovnání lokalit

Klíčová porovnávací kritéria byla stanovena tak, aby umožnila srovnání lokalit na základě měřitelných a kvantifikovatelných indikátorů. Každé kritérium zahrnuje dílčí indikátory, které reflektují konkrétní vlastnosti dané lokality důležité pro zachování dlouhodobé bezpečnosti zařízení. Tento přístup umožňuje identifikovat silné a slabé stránky jednotlivých lokalit, a tím usnadňuje rozhodování.

4. Zohlednění dat z hloubky ukládacího horizontu

Kritéria byla dále vybrána s ohledem na dostupnost dat a možnost jejich validace na základě geologicko-průzkumných prací. Přednost mají charakteristiky z hloubky budoucího ukládacího horizontu, které lze změřit, stanovit nebo přesně určit ze současných poznatků a zejména z dat získaných z geologicko-průzkumných prací.

5. Multidisciplinární přístup

Vybraná klíčová porovnávací kritéria pokrývají široké spektrum oblastí, od geologických a hydrogeologických vlastností po mechanické, fyzikálně-chemické a geochemické parametry. Tento přístup zajišťuje komplexní hodnocení každé lokality z pohledu dlouhodobé bezpečnosti lokalit se zohledněním rozhodujících parametrů horninového prostředí, čímž se minimalizují rizika spojená s jednostranným hodnocením.

6. Mezinárodní srovnatelnost

Použitá kritéria odpovídají metodikám uplatňovaným v jiných zemích s pokročilými programy hlubinného ukládání (např. Švýcarsko, Švédsko, Finsko).

7. Etické a mezigenerační aspekty

Výběr kritérií zohledňuje i etické závazky vůči budoucím generacím, s důrazem na princip předběžné opatrnosti. Hodnocení kritérií směřuje k minimalizaci možných rizik především v dlouhodobém časovém horizontu, což je zásadní pro zajištění trvalé bezpečnosti hlubinného úložiště.

Závěr

Specifikovaná klíčová porovnávací kritéria pro hodnocení lokalit hlubinného úložiště v ČR reflektují komplexní přístup k zajištění dlouhodobé bezpečnosti, technické proveditelnosti a ochrany životního prostředí. Tento metodický rámec přispívá k výběru nejvhodnějších lokalit, které splňují přísné požadavky na dlouhodobou bezpečnost a odolnost vůči vnějším i vnitřním rizikovým faktorům v souladu s požadavky vyhlášky č. 378/2016 Sb. a požadavky pro bezpečnostní indikátory stanovenými dozorovým regulátorním orgánem v ČR.

3.5 Specifikace klíčových porovnávacích kritérií

Metodika hodnocení lokalit na základě klíčových kritérií poskytuje systematický přístup k identifikaci výhod, nevýhod a rizik spojených s umístěním hlubinného úložiště jaderného odpadu.

Každé kritérium je důležité pro zajištění bezpečnosti a úspěšnosti provozu úložiště. Následující popis jednotlivých kritérií a jejich vědeckého hodnocení umožňuje provést objektivní porovnání lokalit.

Klíčová porovnávací 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 z hlediska dlouhodobé bezpečnosti a jejich vlastní hodnocení je opřeno o dostatečné množství dat. Přehled klíčových porovnávacích kritérií včetně zdůvodnění jejich výběru pro tuto fázi je uvedeno níže.

Kritéria budou detailněji popsána v návazném dokumentu Detailní popis porovnávacích kritérií a indikátorů. Na přípravě tohoto dokumentu se budou podílet expertní skupiny, které budou vytvořeny pro každé kritérium zvlášť, tak aby byla pokryta potřebná odbornost. Expertní skupina pro každé kritérium bude složená jak z pracovníků SÚRAO, tak i externích expertů a členů Poradního panelu expertů II v roli nezávislých pozorovatelů. Závěry expertních skupin mohou mít dopad i na znění tohoto dokumentu, v takovém případě bude tento dokument aktualizován.

3.5.1 Klíčové kritérium K1: Geologické a strukturní vlastnosti

Studium geologických a strukturních vlastností je klíčovým kritériem procesu výběru lokality, protože tyto vlastnosti určují dlouhodobou stabilitu a budoucí dlouhodobou bezpečnost úložiště. Podle §6 a §18, odst. 2, písm. a), b), či q) vyhlášky č. 378/2016 Sb. musí být posouzeny geologické podmínky, jako je složení hornin, jejich mechanické vlastnosti a přítomnost zlomových systémů, ty hrají zásadní roli v odolnosti horninového masivu vůči seismickým aktivitám a migraci podzemních vod. Důležitá je schopnost vytvořit důvěryhodný komplexní prostorový model geologické stavby, který zohledňuje složitou geologickou stavbu a tektonické poměry. Hloubkový dosah horninového masivu musí být dostatečný pro umístění úložiště v hloubce minimálně 500 metrů. Nepříjemná míra nejistoty při identifikaci a popisu regionálních a lokálních poruchových zón může vylučovat umístění úložiště.

Indikátor: Rozsah zlomových struktur v horninových blocích

Stupeň křehkého porušení horninového masivu reflektuje počet a rozsah zlomových struktur indikovaných do doby výběru lokalit (křehká struktura, podél které došlo k významnému pohybu horninových bloků), zároveň reflektuje stáří pohybů na těchto poruchách, pokud je známo. 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

Kvantifikace: Množství zlomových struktur.

Hodnocení území: Homogenní blok

Indikátor: Intenzita křehkého porušení horninových bloků puklinami

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

nejnižším počtem hydraulicky aktivních puklinových systémů a nízkou hustotou puklin. Hodnocení indikátoru v porovnání s ostatními lokalitami v případě, že byl vytvořen DFN model.

Kvantifikace: Plocha hydraulicky aktivních puklin v jednotkovém objemu horniny.

Hodnocené území: Homogenní blok

Indikátor: Variabilita geologických vlastností

Prostorová variabilita udává množství, prostorovou distribuci a charakter horninových těles, petrologická variabilita souhrnně udává odlišné mineralogické a geochemické vlastnosti v rámci jednotlivých horninových typů. Prostorová variabilita vystihuje horizontální i vertikální distribuci, tj. charakter a četnost střídání jednotlivých horninových těles v oblasti lokality HÚ. Indikátor zahrnuje také posouzení charakteru kontaktů jednotlivých horninových těles (např. rovný, nerovný, laločnatý, tektonický, petrografický přechod).

Kvantifikace: Složitá prostorová variabilita horninového prostředí, se střídáním jednotlivých litologií a s komplikovanými kontakty.

Hodnocené území: Homogenní blok

3.5.2 Klíčové kritérium K2: Mechanické a fyzikální vlastnosti hornin

Kritérium mechanické a fyzikální vlastnosti hornin definuje vhodnost daného hostitelského prostředí z hlediska těchto vlastností. Podle § 18, odst. 2, písm. d), f), či l) vyhlášky č. 378/2016 Sb. musí být tyto vlastnosti lokality posouzeny. Základní charakteristikou je průměrná pevnost horniny v prostém tlaku stanovená podle klasifikací horninových masivů a zkouškami v jednoosém zatěžovacím systému. Horniny s pevností mezi 100-250 MPa jsou považovány za velmi pevné (very strong rock) a odpovídají skutečným hodnotám pevnosti granitoidů v hlubinných úložištích, jako je Olkiluoto ve Finsku a ve Švédsku (Forsmark).

Mineralogické složení, velikost minerálních zrn, pórovitost a další strukturně-texturní vlastnosti horniny ovlivňují její pevnost a další mechanické vlastnosti. Parametry jako modul pružnosti, modul přetvárnosti a Poissonovo číslo jsou klíčové pro geomechanický model lokalit.

Napětově-přetvárný stav horninového masivu je rovněž důležitý pro kvalitativní hodnocení masivu a plánování projektových prací. Při ražbě podzemních děl je klíčové udržet napětový stav pod kontrolou tak, aby napětí vyvolané okolo výrubu vlastní tíhou horninového masivu a ostatními vlivy (např. technologie ražby apod.) minimalizovalo možné deformace jeho stěn a napětí za jeho stěnami.

Indikátor: Pevnost horniny v prostém tlaku

Pevnost horniny v prostém tlaku je největší zatížení, které je vztaženo na jednotku původního průřezu zkušebního tělesa, je to podíl nejvyšší dosažené síly a počátečního průřezu tělesa, měřeného v rovině kolmé ke směru působící síly. Jedná se tedy o pevnost, kterou hornina vykazuje při jednoosém a tlakovém zatížení.

Kvantifikace: Nevýhodou jsou horniny s nižšími pevnostmi v prostém tlaku a extrémně vysoké hodnoty pevností průvodních hornin, které mohou, na druhé straně, mít vliv na vysoké hodnoty abrazivnosti a způsob porušení horniny (křehké porušení)

Hodnocené území: Modelové území

Indikátor: Modul pružnosti a modul přetvárnosti

Vztah napětí a deformace horninového prostředí lze popsat modulem. Podle druhu deformace, z níž je pro hodnotu příslušného napětí stanoven rozeznáváme Modul pružnosti E (z pružné poměrné deformace) a modul přetvárnosti E_{def} (z celkové poměrné deformace). Vyšší hodnota těchto modulů znamená menší deformovatelnost horniny.

Kvantifikace: Nevýhodou jsou hodnoty parametru, které nejsou v souladu s kvantifikací provedenou pro pevnost intaktní horniny v prostém tlaku a neodpovídají přetvárným parametrům běžných krystalinických hornin Českého masivu.

Hodnocené území: Modelové území

Indikátor: Poissonovo číslo

Poissonovo číslo udává poměr osového (ve směru působícího napětí) a příčného přetvoření, tj. představuje absolutní hodnotu podílu poměrných deformací. Pro izotropní materiály je nezávislé na směru zatěžování, pro anizotropní je závislé na směru zatěžování vůči struktuře. Vyšší hodnota Poissonova čísla znamená, že se při stlačování hornina v příčném směru více zvětší.

Kvantifikace: Nevýhodou jsou hodnoty parametru, které nejsou v souladu s kvantifikací provedenou pro pevnost intaktní horniny v prostém tlaku a neodpovídají přetvárným parametrům běžných krystalinických hornin Českého masivu.

Hodnocené území: Modelové území

Indikátor: Napěťový stav horninového masivu

Napěťový stav horninového masivu definuje rozložení vnitřních napětí v hornině vlivem zatížení, jako je geostatické napětí, hydrostatický tlak nebo reziduální napjatost vlivem formování horninového prostředí v průběhu jeho vývoje. Napěťový stav může být klíčový pro stabilitu horninového masivu při ražbě podzemních děl nebo při umístění hlubinného úložiště. Může být ovlivněn různými faktory, včetně geologické stavby, tektoniky a hydraulických podmínek v horninovém masivu.

Kvantifikace: Nevýhodou je napěťový stav v horninovém masivu, který dosahuje „extrémních“ hodnot a vykazuje vysokou anizotropii. V úložných prostorách nesmí napětí dosahovat hodnot, které by mohly způsobit deformace stěn (např. spalling) výrubů nebo vývrtů.

Hodnocené území: Modelové území

3.5.3 Klíčové kritérium K3: Stabilita lokality

Geologická stavba území k umístění hlubinného úložiště musí zaručit stabilitu hlubinného úložiště po dobu nejméně v řádu 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 (2011b, I.25) 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.

Indikátor: Pravděpodobnostní hodnocení seismického ohrožení PSHA

Pravděpodobnostní hodnocení seismického ohrožení (PSHA) vyjadřuje pravděpodobnost, že v hodnoceném regionu dojde během určitého časového období k překročení definované úrovně

seismických vibrací (např. PGA). Toto hodnocení poskytuje komplexní obraz o seismickém riziku a zahrnuje nejistoty spojené s lokalitou, mechanismem zemětřesení a vlastnostmi prostředí.

Kvantifikace: Pravděpodobnost překročení hodnoty PGA (g) během časového období, vyjádřená v procentech (%).

Pravděpodobnostní úrovně: Nízké riziko: Pravděpodobnost překročení hodnoty PGA = 0,1g < 10 %. Střední riziko: Pravděpodobnost překročení hodnoty PGA = 0,1g mezi 10–30 %. Vysoké riziko: Pravděpodobnost překročení hodnoty PGA = 0,1g > 30 %.

Hodnocené území: Průzkumné území pro zvláštní zásah do zemské kůry až do vzdálenosti 5 km, zahrnující aktivní zlomy a potenciální zdroje seismické aktivity.

Zohledněny budou regionální i lokální seismické zdroje (historická a aktuální data o zemětřeseních a zlomech).

Poznámka.: Tento indikátor je v současné podobě součástí Metodiky a bude dále přezkoumán v rámci přípravy detailní specifikace kritérií. Jeho zahrnutí mezi porovnávací indikátory není v této fázi považováno za definitivní a bude záviset na dalším odborném posouzení.

Indikátor: Vliv výškového gradientu a permafrostu na dynamiku reliéfu a budoucí geomorfologické procesy

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. Zároveň bude uvažován vliv permafrostu na změnu hydrogeologického režimu.

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

Hodnocené území: Region

3.5.4 Klíčové kritérium K4: Hydrogeologické a transportní vlastnosti

Kritérium hydrogeologických a transportních vlastností je klíčové pro hodnocení vhodnosti lokality pro umístění hlubinného úložiště, protože se zaměřuje na posouzení mechanismů proudění podzemní vody, které mohou výrazně ovlivnit stabilitu systému inženýrských bariér, uvolňování radionuklidů a jejich následný transport. Podle § 18, odst. 2, písm. h), i), či k) vyhlášky č. 378/2016 Sb. musí být tyto vlastnosti posouzeny. Advektivní transport radionuklidů spolu s proudící vodou je ovlivněn řadou procesů, jako je srážení, rozpouštění, difúze, sorpce a ředění v důsledku mísení s nekontaminovanou vodou. Tyto procesy mohou buď zpomalit, nebo urychlit migraci radionuklidů do okolního prostředí, což má zásadní dopad na dlouhodobou bezpečnost úložiště. Důkladné pochopení hydrogeologických podmínek umožňuje předpovědět chování radionuklidů v podzemním prostředí a navrhnout efektivní inženýrské bariéry, které minimalizují riziko úniku kontaminantů do biosféry.

Indikátor: Proudění v oblasti HÚ

Mechanismy proudění podzemní vody, jako například průtoky, nebo směry a rychlosti proudění, je důležité hodnotit z důvodu ovlivnění funkčnosti a stability inženýrských bariér proudící vodou ale také z důvodu rychlosti uvolňování a transportu radionuklidů z oblasti HÚ. Hodnoceným indikátorem je průtok v oblasti HÚ, který zohledňuje zároveň tlakový gradient i propustnost horninového masivu. Parametry budou získány z hydrogeologických modelů a předpokládá se jejich vyhodnocení jako pravděpodobnostní rozdělení průtoků v místě ukládacích vrtů.

Kvantifikace: Průtoky v místě ukládacích vrtů.

Hodnocené území: Homogenní blok

Indikátor: Transportní odpor

Transportní odpor je parametr, který charakterizuje zdržení látky v transportním médiu a závisí na transmisivitě puklin a hydraulickém gradientu, bude tedy odvozen z hydrogeologického modelu. Přesná definice parametru závisí na konkrétním retenčním modelu. Indikátor zahrnuje advektivní složku transportu, ale také i vlastnosti puklin (v závislosti na retenčním modelu může zahrnovat i vlastnosti a parametry horninového prostředí), kterými látka migruje.

Kvantifikace: Indikátor bude kvantifikován průměrnou hodnotou transportního odporu podél transportních cest.

Hodnocené území: Modelové území

Indikátor: Rozložení kontaminace do drenážních oblastí

Tato charakteristika udává, do kolika samostatných drenážních oblastí se rozkládá území, ze kterého jsou odváděny podzemní vody z hlubinného úložiště spolu s procentuálními podíly plochy HÚ, jež jsou vztaženy k jednotlivým drenážním oblastem. Větší rozptýlení kontaminace do drenážních bází snižuje riziko vysokých koncentrací radionuklidů v jednotlivých oblastech. Identifikace drenážních bází a procentuální podíly jsou jedním z výsledků hydrogeologických modelů.

Kvantifikace: Indikátor hodnotí rozložení kontaminace do oblastí, zohledňující jejich počet a zároveň procentuální přerozdělení, je možné kvantifikovat pomocí vztahu pro výpočet Shannonovy entropie:

$$I = - \sum_i^N P_i \log_2 P_i$$

Kde I je hodnota kvantifikovaného indikátoru a P_i procentuální podíl plochy HÚ, určený pomocí matematického modelu (pravděpodobnost dotoku kontaminace do konkrétní drenážní báze). Vyšší výsledná hodnota I je příznivější.

Hodnocené území: Modelové území

Indikátor: Retardační parametry horninového prostředí

Doba transportu radionuklidů kromě advekce podzemní vodou závisí i na možnosti retardace pohybu radionuklidů v důsledku migrace do matrice horniny či sorpce na povrchu puklin a jejich výplní, a složení podzemní vody a reakční kinetiky v podzemní vodě. Vzhledem k velkým nejistotám spojeným s přenosem výsledků difuzních parametrů hornin z laboratorních experimentů do in-situ podmínek (projekty LTD, GWTF) není v současnosti uvažováno srovnávání lokalit na základě potenciálu difuze radionuklidů do horninové matrice. Pokud budou výsledky sorpčních analýz (sorpční izoterm, rozpustnosti radionuklidů) vzorků z vrtů v dostatečně reprezentativní kvalitě pro možnost upscalingu sorpčních parametrů do jejich prostorového rozložení v měřítku lokality, budou lokality srovnávány také na základě retardačního potenciálu (například vhodnější jsou lokality se strukturami vyplněnými minerály s vyšším sorpčním potenciálem, zejména v oblastech s předpokládanými vyššími koncentracemi).

Kvantifikace: Sorpční koeficienty pro reprezentativní radionuklidy a jejich předpokládané koncentrace.

Hodnocené území: Modelové území

3.5.5 Klíčové kritérium K5: Fyzikálně – chemické a geochemické vlastnosti podzemních vod

Posouzení fyzikálně – chemických a geochemických vlastností horninového masivu, zejména s ohledem na zádržné vlastnosti horninového prostředí, chemické složení podzemní vody, redukční podmínky a obsah kyslíku podle § 18, odst. 2, písm. k) vyhlášky č. 378/2016 Sb. je klíčové pro ohodnocení procesů degradace inženýrských bariér, které jsou úzce svázány především s chemickými procesy, které nastávají při kontaktu inženýrských bariér a podzemní vody. Základní bezpečnostní požadavek pro český bezpečnostní koncept hlubinného úložiště je především rychlé dosažení redukčního prostředí v úložišti po jeho uzavření.

Indikátor: Chemické složení a vlastnosti podzemní vody

Příznivou charakteristikou podzemní vody je nízká přítomnost látek, které mohou nepříznivě ovlivnit rychlost degradace obalových souborů, rychlost rozpouštění forem odpadů či rychlost transformace bentonitu. Důležitá je i hodnota pH, která by se neměla odlišovat od běžných hodnot podzemních vod v krystalinickém prostředí.

Kvantifikace: Indikátor bude hodnotit množství rozpuštěných látek, hodnoty pH a Eh v podzemní vodě. Data budou získána z vrtných prací. Konkrétní limitní hodnoty pro český koncept se v současné době definují.

Hodnocené území: Geologické charakterizační práce

3.5.6 Klíčové kritérium K6: Velikost podzemní části úložiště

Geomechanické a tepelné vlastnosti horninového masivu jsou zásadními parametry, které definují geometrii a také velikost podzemní části HÚ, převážně sekci s VJP. Podle § 18, odst. 2, písm. l) či n) vyhlášky č. 378/2016 Sb. musí být tyto vlastnosti posouzeny. Geomechanické parametry horninového masivu determinují podmínky mechanické stability celého systému podzemních prostor. Tepelné parametry horninového masivu jsou určující z hlediska bezpečného odvodu tepla, které je generováno uloženým VJP.

Odvod tepla je závislý na tepelných parametrech horninového masivu, kterými jsou zejména tepelná vodivost, počáteční teplota v ukládacím horizontu a jejich prostorová variabilita. Protože uvedené parametry přímo podmiňují velikost podzemní části HÚ a tím i požadavek na dostatečně velký horninový masiv. Proto se tyto požadavky promítají do dvou indikátorů, které byly zvoleny jako klíčové pro hodnocení kritéria.

Indikátor: Velikost hlubinného úložiště na ukládacím horizontu

Na základě aktualizovaného technického řešení HÚ, bude na každé lokalitě umístěn projekt hlubinného úložiště do horninového masivu. To bude zdokumentováno ve studiích umístitelnosti. Na každé lokalitě se bude velikost podzemní části HÚ lišit dle tepelných vlastností masivu. Zjednodušeně lze říct, že čím menší HÚ bude tím bude výhodnější jak z pohledu ovlivnění celkového masivu, tak z pohledu množství rubaniny a množství materiálu potřebného k vyplnění těchto prostor. Zároveň menší velikost HÚ znamená také nižší investiční a provozní náklady.

Kvantifikace: velikost podzemní části HÚ na ukládacím horizontu.

Hodnocené území: projektované úložiště

Indikátor: Velikost rezervy horninového bloku

Každá lokalita má vymezené území, které je identifikováno jako vhodný horninový masiv. Na základě technického řešení (studie umístitelnosti) bude část vymezeného horninového masivu využita pro umístění podzemní části HÚ. Všechny podzemní stavby jsou zatíženy mírou nejistoty neočekávatelných lokálních změn v horninovém prostředí. Přestože část těchto nejistot je kompenzována ve vlastním technickém řešení, které počítá s 20 % rizikem výskytu nevhodných poloh pro umístění UOS, je z hlediska konzervativního přístupu k řešení umístění HÚ výhodnější lokalizace do tak velkého bloku horninového masivu, který bude mít velikost vhodné plochy ještě větší, čímž je možné snížit nejistoty i v nadprojektové oblasti.

Kvantifikace: podíl velikosti nevyužité části horninového masivu k velikosti podzemní části HÚ.

Hodnocené území: Homogenní blok

V následující tabulce (Tab. 4) je uveden přehled indikátorů ve vazbě k příslušnému kritériu a s popisem trendu či rozptylu hodnot, který je pro umístění HÚ příznivější.

Tab. 4 Typy hodnot použitých indikátorů

ID	Název kritéria	Název indikátoru	Odkaz k vyhlášce 378/2016 Sb.	Odkaz k BN-OD-1.2	Trend
K1	Geologické a strukturní vlastnosti	Stupeň křehkého porušení horninového masivu (počet)	§ 18 odst. 2 písm. a), b)	odpovídá Geometrie puklin, strukturní charakter masivu	čím menší, tím lepší
		Intenzita křehkého porušení masivu (m^{-1})	§ 18 odst. 2 písm. a), b)	odpovídá Hustotě puklinové sítě	čím menší, tím lepší
		Variabilita geologických vlastností	§ 18 odst. 2 písm. q)	odpovídá Mineralogii matrice, variabilitě horninových těles	čím menší, tím lepší
K2	Mechanické a fyzikální vlastnosti hornin	Pevnost horniny v prostém tlaku (MPa)	§ 18 odst. 2 písm. d), l)	odpovídá Charakteristice horninového materiálu	třída R1-R2*
		Modul pružnosti a modul přetvárnosti (GPa)	§ 18 odst. 2 písm. f), l)	odpovídá Deformačním vlastnostem hornin	třída R1-R2*
		Poissonovo číslo	§ 18 odst. 2 písm. f), l)	odpovídá Napětovému stavu v okolí podzemních děl	čím menší, tím lepší
		Napětový stav	§ 18 odst. 2 písm. l)	odpovídá Primárnímu napětí v horninovém masivu	čím menší, tím lepší
K3	Stabilita lokality	Pravděpodobnostní hodnocení seismického ohrožení PSHA	§ 18 odst. 2 písm. g)	odpovídá Pravděpodobnostnímu hodnocení seismického ohrožení (PSHA)	čím menší, tím lepší
		Vliv výškového gradientu a permafrostu na dynamiku reliéfu a	§ 18 odst. 2 písm. j)	odpovídá Kvantifikaci denudace a geomorfologické stability	čím menší, tím lepší

ID	Název kritéria	Název indikátoru	Odkaz k vyhlášce 378/2016 Sb.	Odkaz k BN-OD-1.2	Trend
		budoucí geomorfologické procesy (m)			
K4	Hydrogeologické a transportní vlastnosti	Proudění v oblasti HÚ ($\text{l} \cdot \text{min}^{-1}$)	§ 18 odst. 2 písm. h)	odpovídá Proudění podzemní vody, transportním časům	čím menší, tím lepší
		Transportní odpor (m/rok)	§ 18 odst. 2 písm. h)	odpovídá Transportnímu odporu v horninovém prostředí	čím větší, tím lepší
		Rozložení kontaminace do drenážních oblastí	§ 18 odst. 2 písm. k)	odpovídá Shannonově entropii (rozdělení kontaminace)	čím větší, tím lepší
		Retardační parametry horninového prostředí ($\text{kg}_v \cdot \text{m}_h^{-3}$)	§ 18 odst. 2 písm. k)	odpovídá Sorpčním koeficientům a retardačním faktorům	čím větší, tím lepší
K5	Fyzikálně chemické a geochemické vlastnosti podzemních vod	Chemické složení a vlastnosti podzemní vody na ukládacím horizontu (jednotka dle parametru)	§ 18 odst. 2 písm. k)	odpovídá pH, Eh, mineralizaci	v závislosti na parametru
K6	Velikost podzemní části hlubinného úložiště	Velikost hlubinného úložiště na ukládacím horizontu (m^2)	§ 18 odst. 2 písm. n)	odpovídá Geometrii úložiště, teplotnímu gradientu	čím menší, tím lepší
		Velikost rezervy horninového bloku (%)	§ 18 odst. 2 písm. l)	odpovídá Rezervní kapacitě horninového bloku	čím větší, tím lepší

* třída hornin dle ČSN P 73 1005 Inženýrskogeologický průzkum

Postup vyhodnocení klíčových kritérií bude zahrnovat expertní posouzení, při kterém budou na základě dostupných informací identifikovány výhody a nevýhody jednotlivých lokalit.

3.6 Nejistoty hodnocení

Při výběru lokality je nutné, stejně jako u jiných procesů rozhodování, uvažovat nejen data a modely, podporující rozhodování, ale také nejistoty těchto dat a modelů. Nejistoty mohou být přirozené povahy, dané inherentní nahodilostí přírodních fenoménů (aleatorická nejistota). Tuto nejistotu je možné kvantifikovat opakovaným měřením ve formě pravděpodobnostního rozdělení a následně ji zohlednit například v rámci stochastických výpočtů, není ji ale možné eliminovat. V rámci geologických dat je tento typ nejistoty daný prostorovou přirozenou heterogenitou dat. U surových dat, je tento typ nejistoty nezávislý od epistemické nejistoty, na rozdíl od modelů, kde se tato nejistota definuje parametricky a tudíž závisí od epistemické nejistoty (míra znalosti).

Druhým typem je nejistota daná nedostatečnou znalostí nebo chybějící informací o zkoumaném systému (epistemická nejistota). Tato nejistota je redukována doplňováním chybějících dat, ale ve srovnání s předchozím typem je obtížně kvantifikovatelná. V případě modelů, spadají do této kategorie také nejistoty způsobené převodem fyzikálního systému do výpočetních algoritmů,

nebo nejistoty v důsledku různých zjednodušení (viz 3.6.2). V průběhu geologických prací se předpokládá redukce primárně tohoto typu nejistot. Třetím, často opomíjeným typem nejistoty, která je ale obvykle přítomná při zpracovávání a interpretaci geologických dat, je ontologická nejistota, která je zanášena nevědomým použitím nevhodné metodiky, nebo subjektivního přesvědčení, při zpracování a interpretaci dat. Tato nejistota je z podstaty nekvantifikovatelná, nicméně je možné ji redukovat precizní dokumentací a transparentností při získávání dat a jejich zpracování a také dokumentací použitých modelů a kódů.

3.6.1 Vstupní data

Parametry horninového prostředí budou stanoveny na základě naměřených dat. Klíčová přímá data z úrovně ukládacího horizontu reprezentují hluboké vrty, a to jak ve formě dat z vrtného jádra, tak z měření ve vrtech samotných.

Tato data mají sama o sobě určitou aleatorní nejistotu, danou samotným laboratorním či in-situ měřením. Jedná se o nejistotu měření, kdy měřená data nejsou určena s absolutní přesností, nebo se jedná o nejistotu vzorkování, která je zavedena tím, že výběr vzorků k analýzám nese v sobě prvek nahodilosti a tudíž nemusí být dostatečně reprezentativní pro popis celého systému a extrapolaci na velké vzdálenosti. Tyto nejistoty lze částečně kvantifikovat dostatečným množstvím vzorků pro reprezentativní popis systému, ačkoliv z praktických a finančních důvodů je úplná kvantifikace těchto nejistot nemožná. Nicméně tato nejistota bude redukována relativně jednoduchou geologickou stavbou jednotlivých lokalit.

Těžiště průzkumných prací bude, z hlediska nakládání s nejistotami, zaměřeno na snižování epistemické nejistoty, tzn. doplňování mezer v znalostech parametrů horninového masivu, kdy je v první fázi průzkumu nezbytná interpretace získaných nepřímých měření masivu na základě souboru dat, poznatků o lokalitě a kontextu použitých metod. Následně budou výstupy vyhodnocovány a srovnávány s novou sadou dat, získaných v navazující fázi průzkumu. Například hustota, délka a hloubkový dosah geofyzikálních měření v druhé fázi detailní charakterizace lokalit stejně tak jako využití podrobnějších povrchových pozorování umožní postupně nejistoty snižovat.

3.6.2 Matematické modely

Nedílnou součástí tvorby modelů je kvantifikace nejistot modelů, analýza koncepčních nejistot modelů a výpočet propagace těchto nejistot. V průběhu tvorby matematických modelů a převodu přírodních procesů do matematických vztahů nutně dochází k zjednodušení, nebo jinému zkreslení reálného systému, či už z důvodu nedostatečné znalosti modelovaného systému (jenž je daná například nedostatkem dat), nedeterministické povahy vstupních parametrů, nebo vědomému zjednodušení reprezentace systému z výpočetních důvodů, případně dalších technických důvodů. Analýza koncepčních nejistot modelů bude vyhodnocovat rozsah ovlivnění výsledků modelů, daných těmito zjednodušeními.

Kromě koncepčních nejistot bude analyzována také propagace nejistot vstupních parametrů. Nejistoty vstupních parametrů jsou dané 1) neúplnou znalostí systému a vstupních parametrů, nebo chyby měření (tzv. observation noise), 2) statistickou povahou přírodních jevů, které je možné vyjádřit pouze pomocí pravděpodobnostního rozdělení. Nejistoty vstupních parametrů a vztahů budou kvantifikovány pomocí prostoru možných hodnot, které na základě znalosti nejistot a jejich charakteristiky může být vyjádřeno pravděpodobnostním rozdělením, nebo intervalově (uniformní rozdělení). Propagace nejistot je hodnocena jako odezva kvantit zájmu modelu na

parametry modelu v rozsahu jejich nejistot, zapracovaných do modelu jako jejich ovzorkované pravděpodobnostní rozdělení. V případě aplikace pravděpodobnostních modelů budou tyto nejistoty ovzorkovány v jejich celém rozsahu. V případě konzervativních modelů bude vybrána hodnota, odhadnutá jako nejméně příznivá pro studovanou vlastnost systému (například lokality). Nejistoty modelu budou snižovány získáváním a zapracováváním nových dat, zejména pro parametry relevantní z hlediska jejich vlivu na výsledky modelů.

Vliv nejistot na výsledky modelů bude hodnocen na základě citlivostních analýz vstupních parametrů. V případě, že se nejedná o lineárně nezávislé parametry modelu, musí citlivostní analýza zohledňovat i vzájemné interakce mezi parametry. Znalost odezvy modelu na vstupní data umožní také orientovat výzkumné aktivity směrem k získání parametrů, které mohou přispívat k zužování nejistot modelů.

3.7 Systematické hodnocení lokalit na základě metodiky

Systematické hodnocení vybraných lokalit na základě tříkrokového postupu, využívá a kombinuje mezinárodně uznávané metodiky a národní legislativní požadavky, čímž vzniká ucelený individuální přístup, který je schopen komplexně zhodnotit a vzájemně porovnat jednotlivé varianty.

Individuální přístup k hodnocení lokalit je zásadní pro zajištění odpovědného výběru finální a záložní lokality hlubinného úložiště. Tento přístup klade důraz na identifikaci předností každé lokality, které přispívají k její bezpečnosti, dlouhodobé stabilitě a celkové vhodnosti, ale také identifikuje případné nevýhody lokalit.

Hodnocení lokalit je postaveno na důsledném a systematickém přístupu, který kombinuje splnění minimálních (nepřekročitelných) požadavků v krocích 1 a 2 a detailní analýzu klíčových porovnávacích kritérií horninového prostředí lokalit v kroku 3. Cílem je identifikovat lokalitu, která poskytuje nejlepší podmínky pro umístění izolační části úložiště a zajištění dlouhodobé bezpečnosti uloženého odpadu.

Individuální hodnocení lokalit na základě kritérií (Krok 3) znamená, že po splnění předchozích kroků jsou jednotlivé lokality podrobeny detailnímu hodnocení jejich předností a potenciálních nevýhod. Tento krok zahrnuje aplikaci hodnotících kritérií a indikátorů, která umožňují vzájemné porovnání lokalit na základě jejich charakteristik. Všechna kritéria budou v každé lokalitě odborně vyhodnocena na základě kvantitativních nebo kvalitativních hodnot příslušných indikátorů a dostupných dat. Pro každý indikátor budou stanoveny referenční úrovně nebo intervaly, které umožní posoudit, zda daný výsledek představuje z hlediska posuzovaného kritéria **výhodu, nevýhodu nebo neutrální stav**. Tyto hodnotící úrovně budou definovány ve zprávě Detailní popis porovnávacích kritérií a indikátorů, která bude zpracována jako navazující dokument k této metodice.

Například lokalita bude v daném kritériu označena jako **výhodná**, pokud její charakteristiky překračují definovanou úroveň příznivosti pro bezpečnost nebo realizovatelnost úložiště. **Nevýhodná** pak v případě, že vykazuje parametry z hlediska bezpečnosti méně příznivé či rizikovější. **Neutrální** znamená, že výsledek se nachází v přijatelné oblasti. Detailní metodika rozhodovacího procesu při porovnání lokalit bude zpracována samostatně.

Tento přístup umožňuje odborně obhajitelné a přehledné srovnání lokalit bez použití váhového systému. Předpokládá se, že všechna kritéria mají stejnou váhu. Pokud by nastala situace, kdy

by všechny lokality byly hodnoceny ve všech kritériích stejně (například jako neutrální), bude rozhodujícím faktorem pro výběr Velikost rezervy horninového bloku, která představuje klíčový prostorový předpoklad pro realizaci úložiště.

Navržený proces hodnocení bude podpořen aplikací následujících standardů a doporučení:

1. IAEA SSG-35: Poskytuje rámec pro hodnocení lokalit pro jaderná zařízení, včetně hlubinných úložišť, s důrazem na bezpečnostní a technické aspekty.
2. Vyhláška č. 378/2016 Sb., §18: Specifikuje požadavky na umístění hlubinného úložiště v České republice.
3. Mezinárodní standardy ISO 9001 a ISO 14001: Podporují systematický a transparentní přístup k procesu hodnocení a jeho vlivům na životní prostředí.
4. Metodika SÚRAO MP.22: Poskytuje indikátory a kritéria pro hodnocení lokalit v národním kontextu České republiky.

4 Závěr

Popsaná metodika je založena na několikastupňovém hodnocení vybraných lokalit pro umístění hlubinného úložiště v České republice, a to na základě požadavků na hodnocení lokalit vycházejících z vyhlášky č. 378/2016 Sb., která zajišťuje důkladné a komplexní posouzení všech geologických a bezpečnostních aspektů nezbytných pro výběr vhodné lokality zajišťující dlouhodobou bezpečnost pro hlubinné úložiště radioaktivního odpadu. Tato metodika zahrnuje detailní hodnocení izolačních a zádržných vlastností horninového prostředí, strukturně geologické charakteristiky, mechanické a tepelné vlastnosti hornin, oběh a chemické složení podzemních vod a další klíčové faktory, které jsou zásadní pro zajištění dlouhodobé bezpečnosti úložiště.

Postup hodnocení je strukturován do tří základních kroků:

Vyloučení rizik: Tento krok zahrnuje vyhodnocení individuálních lokalit ve vztahu k legislativním požadavkům na jejich vhodnost pro umístění hlubinného úložiště. Dále zahrnuje popis lokalit a vytvoření popisných modelů.

Předběžné posouzení dlouhodobé bezpečnosti lokality: V tomto kroku se hodnotí dlouhodobá bezpečnost technického konceptu pro vyhořelé jaderné palivo na referenční lokalitě a porovnávají se transportní parametry získané z popisných modelů jednotlivých lokalit.

Uplatnění předností: Závěrečné porovnání lokalit na základě klíčových porovnávacích kritérií s cílem stanovit jejich vzájemné výhody či nevýhody.

Aplikace této metodiky umožní efektivně porovnat jednotlivé lokality na základě systematického postupu a vybrat tu nejvhodnější pro umístění hlubinného úložiště, čímž bude v budoucnu zajištěna a prokázána dlouhodobá bezpečnost uloženého VJP a RAO po dobu až 1 milionu let. Tato metodika poskytuje základ pro rozhodovací proces při výběru finální a záložní lokality, zajišťující bezpečné a udržitelné řešení pro uložení radioaktivního odpadu.

5 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.
- BLAHETA R., BYCZANSKI P., MALÍK J., KOHUT R., KOLCUN A., STARÝ J., HOKR M., KRÁLOVCOVÁ J., FRYDRYCH D. (2012): Tepelná analýza referenčního návrhu úložiště vyhořelého jaderného paliva. Závěrečná zpráva řešení projektu. ÚSTAV GEONIKY AV ČR, v. v. i., 39 STR.
- BUTOVIČ A., ZAHRADNÍK O., GRÜNWARD L., BUREŠ P., ŠPINKA O., MARTINČÍK J., KOBYLKA D. (2020): Hodnocení potenciálních lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií technické proveditelnosti. – MS SÚRAO, TZ 457/2020, Praha
- DOHNÁLKOVÁ M., VONDROVIC L., HAUSMANNOVÁ L., (2022): Technické řešení hlubinného úložiště 2022. - MS SÚRAO, TZ 580/2022_rev0.1, Praha
- FEJT F., SUK P., FRÝBORT J., RATAJ J., (2024): Aktualizace databáze vyhořelého jaderného paliva – MS SÚRAO TZ 694/2023, Praha
- FIEDLER F., MINÁRIKOVÁ V., ZAHRADNÍK O., VOZÁR M., VOKÁL A., POSPÍŠKOVÁ I., KRAJŇÁK M., LEŠKO M., BUTOVIČ A., ŠPINKA O., BUREŠ P., MLÁDEK P., VEVERKA A., HUMMELOVÁ E., BREJCHA A., HUPTYCH F., KRIVDA M., PLESKOTOVÁ M., PRÍBOJOVÁ M., ŠTÁSTKA J. (2024): Metodika umístění povrchového areálu HÚ - MS SÚRAO TZ 767/2024, PRAHA
- HAUSMANNOVÁ L., DOHNÁLKOVÁ M., MATUŠKOVÁ E., LAHODOVÁ Z., A AUGUSTA J. (2023): Technické řešení hlubinného úložiště 2023, MS SÚRAO TZ 711/2023, PRAHA
- HAUSMANNOVÁ L., DOHNÁLKOVÁ M., MATULOVÁ M., ŠEDIVÝ T., VENCL M., POPELOVÁ E., AUGUSTA J., SMUTEK J., TOUŠ M., GOLUBKO A., LAHODOVÁ Z., KONOPÁČOVÁ K., LUKIN D., MATUŠKOVÁ E., MECOVÁ M., MIKLÁŠ O., POSPÍŠIL M., ŠTEFANOVÁ E A VRBA T. (2024): Plán výzkumu a vývoje SÚRAO 2024-2028, MS SÚRAO TZ 746/2024, PRAHA
- HAVLOVÁ V., ČERVINKA R., PERTOLDOVÁ J., BUKOVSKÁ Z., MIXA P., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., MILICKÝ M., ŘÍHA J. (2018): Hierarchie kritérií či indikátorů vhodnosti lokalit a způsob hodnocení lokalit, MS SÚRAO TZ285/2018, Praha
- HAVLOVÁ V., PERTOLDOVÁ J., MIXA P., HROCH T., ŠTĚDRÁ V., BAIER J., MILICKÝ M., BUKOVSKÁ Z., ČERNÝ M., DUDÍKOVÁ B., DUŠEK K., FRANĚK J., GVOŽDÍK L., HOLEČEK J., JANKOVEC J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KUČERA R., KUNCEOVÁ E., PETYNIÁK O., POLLÁK M., RAPPRICH V., RUKAVIČKOVÁ L., ŠVAGERA O., UHLÍK J., VOJTĚCHOVÁ H., ŽÁČKOVÁ E. (2020): Hodnocení potenciálních lokalit HÚ z hlediska klíčových kritérií dlouhodobé bezpečnosti. Lokalita Hrádek. – MS SÚRAO, TZ 453/2020, Praha
- KALÁB Z., ŠÍLENÝ J., LEDNICKÁ M., JECHUMTÁLOVÁ Z. (2015): Seismická stabilita území. - MS SÚRAO, TZ 26/2015, Praha
- KRAJÍČEK L., SKOŘEPA Z., HUBÁČEK O., MAREK P. (2020): Hodnocení potenciálních lokalit HÚ dle klíčových environmentálních kritérií. – MS SÚRAO, TZ 456/2020, Praha
- MIKLÁŠ, O., VRBA, T., LUKIN, D., LAHODOVÁ, Z., POPELOVÁ, E. (2023): Modelovací strategie pro vývoj hlubinného úložiště. MS SÚRAO TZ 698/2023, PRAHA.

- MIXA P., FRANĚK J., RUKAVIČKOVÁ L., MILICKÝ M., SKÁCELOVÁ Z., HROCH T., TENENKO V., ŠPAČEK P., NOVOTNÝ J., BUKOVSKÁ Z., ČERNÍK M., DOBEŠ P., DONÁT A., HANÁK J., HANŽL P., HAVLOVÁ V., PRCHAL K., HRDLIČKOVÁ K., JELÉNEK J., JELÍNEK J., KONÍČEK P., KYCL P., LEXA O., PECINA V., PERTOLDOVÁ J., SEDLÁČEK J., SOUČEK K., STEINOVÁ J., SVOBODA J., ŠTRUPL V., ŠVAGERA O., VAVRO M., WACLAWIK P. (2019): Aktualizace a konkretizace projektu geologických prací na hypotetické lokalitě – MS SÚRAO, TZ 390/2019, Praha
- Nuclear Energy Agency (NEA). 2008. "Moving Forward with Geological Disposal of Radioactive Waste: A Collective Statement by the NEA Radioactive Waste Management Committee (RW MC)." NEA No. 6433. OECD, Paris.
- PERLÍN, R., KOMÁREK, M. (2024): Studie ekonomických a sociodemografických přínosů a rizik HÚ ve vybraných lokalitách pro rozvoj dotčených regionů – etapa 3 A: Identifikace a vyhodnocení možných přínosů a rizik pro dotčené regiony vyplývajících z aktuálního technického řešení HÚ (včetně umístění PA) ve vybraných lokalitách. - MS SÚRAO, TZ 775/2024
- POSIVA (2013): Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto – Performance Assessment 2012. – POSIVA Report 2012-04, POSIVA Oy, Olkiluoto, Finland.
- POSPÍŠKOVÁ I., A KOL. (2024): Metodika umístění povrchového areálu hlubinného úložiště. MS SÚRAO TZ 767/2024, PRAHA, dokument v přípravě
- SKB (2015): TR-11-01 Long-term safety for the final repository for spent nuclear fuel at Forsmark. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB (2011): R-11-07 Site selection – Siting of the final repository for spent nuclear fuel. Svensk Kärnbränslehantering AB.
- VALTER M., MACÁKOVÁ A., MAREDA L., ŠTOR T., VENCL M. (2023): Strategie vytváření popisných modelů potenciálních lokalit pro umístění hlubinného úložiště v ČR. MS SÚRAO TZ 705/2023, PRAHA.
- 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
- VONDROVIC L., AUGUSTA J., VOKÁL A., HAVLOVÁ V., KONOPÁČOVÁ K., LAHODOVÁ Z., POPELOVÁ E., URÍK J., BAIER J., BUKOVSKÁ Z., BUREŠ P., BURIÁNEK D., BUTOVIČ A., ČERNÝ M., DUŠEK K., FRANĚK J., GRÜN WALD L., GVOŽDÍK L., HANŽL P., HOLEČEK J., HRDLIČKOVÁ K., HROCH T., HUBÁČEK O., JELÉNEK J., JELÍNEK J., KACHLÍKOVÁ R., KOBYLKA D., KRYŠTOFOVÁ E., KUČERA R., KUNCEOVÁ E., JANKOVEC J., KRAJÍČEK L., MAREK P., MARTINČÍK J., MILICKÝ M., MIXA P., NAHODILOVÁ R., PERTOLDOVÁ J., PETYNIÁK O., POLÁK M., RUKAVIČKOVÁ L., SEDLÁČKOVÁ I., SKOŘEPA Z., SOEJONO I., ŠÍR P., ŠPINKA O., ŠTĚDRÁ V., ŠVAGERA O., UHLÍK J., VERNER K., VOJTĚCHOVÁ H., ZAHRADNÍK O., ŽÁČEK V., ŽÁČKOVÁ E. (2020): Výběr potenciálních lokalit hlubinného úložiště v ČR pro navazující etapu prací po roce 2020. – MS SÚRAO, TZ465/2020, Praha.
- VONDROVIC L., AUGUSTA J., BÍLÁ M., DOHNÁLKOVÁ M., DUDA V., EHLE R T., GORČICA L., HAUSMANNOVÁ L., LAHODOVÁ Z., MÁČELOVÁ M., POPELOVÁ E., ROSENDORF T., URÍK J., VOKÁL A. (2022): Vyhodnocení vlivu Nařízení Komise o Taxonomii EU pro oblast jaderné energetiky do systému nakládání s radioaktivním odpadem v ČR ve vztahu k činnostem SÚRAO. – MS SÚRAO TZ 601/2022, Praha.

Zákony a vyhlášky

Koncepce 2019: Koncepce nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem v České republice schválená 26. srpna usnesením vlády České republiky č. 597/2019

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

Vyhláška č.369/2004 Sb., Vyhláška o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek, ČR, 2004

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

Zákon č. 62/1988 Sb., Zákon České národní rady o geologických pracích a o Českém geologickém úřadu, ČR, 1988

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

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

Zákon č. 53/2024 Sb., o řízeních souvisejících s hlubinným úložištěm radioaktivního odpadu

Zákon č.283/2021 Sb., stavební zákon, ČR, 2021

Aktualizace č.4 Politiky územního rozvoje ČR, 2021

Usnesení vlády č.9/2023

Nařízení Komise v přenesené pravomoci (EU) 2022/1214 ze dne 9. března 2022, kterým se mění nařízení v přenesené pravomoci (EU) 2021/2139, pokud jde o hospodářské činnosti v některých odvětvích energetiky, a nařízení v přenesené pravomoci (EU) 2021/2178, pokud jde o specifické zveřejňování informací v souvislosti s těmito hospodářskými činnostmi

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.

SÚJB (2024): Bezpečnostní návod METODIKA PRO HODNOCENÍ BEZPEČNOSTI HLUBINNÉHO ÚLOŽIŠTĚ S VYUŽITÍM BEZPEČNOSTNÍCH INDIKÁTORŮ, BN-OD-1.2 (REV. 0.0), Praha, 2024.

Ostatní

Dohoda o spolupráci mezi Státním úřadem pro jadernou bezpečnost a Správou úložišť radioaktivních odpadů v oblasti vývoje hlubinného úložiště v České republice, Praha 2024



SÚRAO

SPRÁVA ÚLOŽIŠŤ
RADIOAKTIVNÍCH
ODPADŮ

NAŠE
BEZPEČNÁ
BUDOUCNOST

www.surao.cz