



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta biomedicínského inženýrství
Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

**Analýza možností výběru vhodné lokality hlubinného úložiště
radioaktivního odpadu v České republice**

**Analysis of the Possibilities of Selecting a Suitable Locality for a Deep
Geological Repository of Radioactive Waste in the Czech Republic**

Diplomová práce

Studijní program: Ochrana obyvatelstva
Studijní obor: Civilní nouzové plánování

Vedoucí práce: RNDr. Jiří Slovák

Bc. Eva Juránková, DiS.

Kladno, květen 2018

Katedra zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva

Akademický rok: 2017/2018

Z a d á n í d i p l o m o v é p r á c e

Student: **Bc. Eva Juránková, DiS.**
Studijní obor: Civilní nouzové plánování
Téma: **Analýza možností výběru vhodné lokality hlubinného úložiště radioaktivního odpadu v České republice**
Téma anglicky: Analysis of the Possibilities of Selecting a Suitable Locality for a Deep Geological Repository of Radioactive Waste in the Czech Republic

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

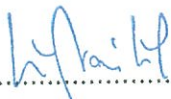
Předmětem diplomové práce bude proces výběru vhodné lokality pro výstavbu hlubinného úložiště radioaktivního odpadu na území České republiky. Teoretická část práce popíše současný stav dané problematiky a důležitost vybudování hlubinného úložiště na našem území. V praktické části bude provedena analýza a následná komparace sedmi vytipovaných lokalit. Cílem práce bude zúžení počtu lokalit na čtyři nejvhodnější, které budou zařazeny do první fáze hodnocení procesu výběru vhodné lokality pro výstavbu hlubinného úložiště. Hodnocení bude probíhat na základě předem stanovených kritérií a požadavků, které budou zaměřeny zejména na ochranu obyvatelstva, veřejné mínění, geologické a socioekonomické podmínky.

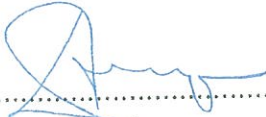
Seznam odborné literatury:

- [1] DRÁBOVÁ, Dana, PAČES, Václav a kol., Perspektivy české energetiky, ed. 1, Praha: Novela Bohemica, 2014, ISBN 978-80-87683-26-2
- [2] DLOUHÝ, Zdeněk, Nakládání s radioaktivním odpadem a vyhořelým palivem, ed. 1, Brno: Vysoké učení technické, 2014, ISBN 978-80-214-3629-9
- [3] ALEXANDER, Russel, MCKINLEY, Linda, Deep Geological Disposal of Radioactive Waste, ed. 1, Oxford: Elsevier, 2007, ISBN 978-0-08-045010-0

Vedoucí: RNDr. Jiří Slovák

Zadání platné do: 20.08.2019


.....
vedoucí katedry / pracoviště


.....
děkan

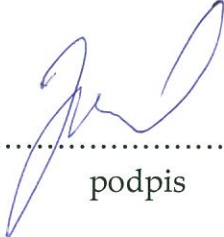
V Kladně dne 02.10.2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem Analýza možností výběru vhodné lokality hlubinného úložiště radioaktivního odpadu v České republice vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů, které uvádím v seznamu bibliografických odkazů.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 11.05.2018



.....
podpis

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce RNDr. Jiřímu Slovákovi za vstřícnost, trpělivost, aktivní přístup a za vysokou míru odborných znalostí, které velkou částí přispěly k výsledkům diplomové práce.

Dále bych ráda poděkovala zejména svému manželovi a rodině za pomoc a podporu během studia.

Abstrakt

Diplomová práce se zaměřuje na aktuální téma z oblasti jaderné energetiky, výstavbu hlubinného úložiště vyhořelého jaderného paliva. Česká republika (dále jen „ČR“) je aktivní v jaderném programu a na jejím území se nachází dvě jaderné elektrárny. S jejich využíváním roste i množství radioaktivních odpadů. Bezpečné nakládání s těmito odpady je prioritním zájmem společnosti - státu. K tomuto účelu byl státem vytvořen a vládou schválen důležitý strategický dokument Koncepce nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem. Tato koncepce předpokládá jako nejlepší možný způsob ukládání vysoceaktivního odpadu a vyhořelého jaderného paliva do hlubinného úložiště, které zajistí bezpečnost pro dotčené budoucí generace minimálně po sto tisíc let. K zajištění bezpečného ukládání radioaktivních odpadů a vyhořelého jaderného paliva byla na základě atomového zákona č. 18/1997 Sb. (a nově dle nového atomového zákona č. 263/2016 Sb.) zřízena státní organizace Správa úložišť radioaktivních odpadů (dále jen „SÚRAO“).

K zajištění budoucího hlubinného úložiště SÚRAO vytipovala v minulosti sedm lokalit, které budou dále hodnoceny. Diplomová práce zanalyzuje těchto sedm lokalit s cílem návrhu čtyř lokalit, které budou vybrány a doporučeny pro další fázi hodnocení lokalit.

Diplomová práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část rozebere pojem radioaktivní odpady a celkový význam hlubinného úložiště na našem území. Praktická část stanoví kritéria, na základě kterých bude provedena analýza sedmi určených lokalit a jejich vzájemné porovnání.

Klíčová slova

Hlubinné úložiště; radioaktivní odpady; vyhořelé jaderné palivo; jaderná elektrárna; kritérium; indikátor vhodnosti.

Abstract

The diploma thesis focuses on the actual topic from the sphere of nuclear power energy, construction of a deep geological repository of spent nuclear fuel. The Czech Republic is active in nuclear program and two nuclear power plants are located in its territory. Use of these nuclear power plants increases the number of radioactive waste. Safe manipulation with radioactive waste is a priority interest of the society – the state. For this purpose, an important strategic document of the Concept of the Manipulation of Radioactive Waste and Spent nuclear fuel was created and approved by the Government. This Concept assumes the best way how to store radioactive waste in a deep repository. This repository will provide security to the future generations concerned for at least a hundred thousand years. In order to ensure the safe storage of radioactive waste and spent nuclear fuel by the Act No. 18/1997 Coll. (by the new Atomic Act No. 263/2016 Coll.) a stated organization called Radioactive Waste Repository Authority was established.

In order to ensure and secure a deep geological repository the Radioactive Waste Repository Authority has identified seven potential sites. These seven sites will be further evaluated. The diploma thesis will analyze these seven potential sites with the aim of designing four sites to be selected and recommended for the next stage of site evaluation.

The diploma thesis is divided into the theoretical and practical part. The theoretical part discusses the term of radioactive waste and the overall importance of the deep repository in our country. The practical part sets out the criteria for analyzing seven sites and comparing them.

Keywords

Deep geological repository; radioactive waste; spent nuclear fuel; nuclear power plant; criterion; suitability indicator.

Obsah

1	Úvod	12
2	Současný stav	14
2.1	Postavení jaderné energetiky v České republice	14
2.2	Radioaktivní odpady	15
2.2.1	Historie nakládání s radioaktivními odpady	15
2.2.2	Rozdělení radioaktivních odpadů	17
2.2.3	Vysoceaktivní odpady	18
2.2.4	Vyhořelé jaderné palivo	19
2.2.5	Současná situace	19
2.2.6	Radioaktivní odpady určené k uložení do přípovrchových úložišť	20
2.2.7	Radioaktivní odpady určené k uložení do hlubinného úložiště	21
2.2.8	Koncepce nakládání s radioaktivními odpady	22
2.2.9	Správa úložišť radioaktivních odpadů	22
2.2.10	Státní úřad pro jadernou bezpečnost	23
2.3	Hlubinné úložiště	23
2.3.1	Vyhořelé jaderné palivo a vysokoaktivní odpady	24
2.3.2	Význam hlubinného úložiště na našem území	27
2.3.3	Vývoj hlubinného úložiště	27
2.3.4	Technické parametry	29
2.3.5	Inženýrská bariéra	31
2.3.6	Přírodní bariéra	31
2.3.7	Hlubinná úložiště ve světě	32
3	Cíle práce a hypotézy	35

4	Metodika	36
4.1	Hlubinné úložiště a analýza jeho alternativ	37
4.1.1	Současná situace	37
4.1.2	Dlouhodobé skladování.....	38
4.1.3	Přepřepování paliva v zahraničí.....	39
4.1.4	Uložení odpadů do mezinárodního úložiště	39
4.1.5	Přímé uložení do hlubinného úložiště.....	40
4.1.6	Východisko	40
4.2	Navržená metodika a hodnotící kritéria	40
4.2.1	Indikátor vhodnosti a optimalizační mez	41
4.2.2	Charakteristika území.....	41
4.2.3	Hodnotící kritéria	42
4.2.4	Metodika výběru kritérií.....	44
4.3	Analýza projektových kritérií.....	45
4.3.1	Strategické podmínky	45
4.3.2	Požadavky a omezení dané lokality	46
4.3.3	Legislativní požadavky.....	46
4.3.4	Proveditelnost podzemní části úložiště.....	46
4.3.5	Socioekonomické podmínky	48
4.3.6	Horninové prostředí.....	48
4.3.7	Razící práce	49
4.3.8	Hydrogeologické poměry.....	49
4.3.9	Proveditelnost povrchové části	50
4.3.10	Stabilita staveb a základových půd.....	50

4.3.11	Dostupnost infrastruktury	50
4.3.12	Střet zájmů	51
4.3.13	Náklady	52
4.3.14	Výběr projektových kritérií	52
4.4	Analýza bezpečnostních kritérií	54
4.4.1	Geologické charakteristiky lokality	55
4.4.2	Hydrogeologické charakteristiky lokality	56
4.4.3	Transportní charakteristiky lokality	56
4.4.4	Stabilita lokality	57
4.4.5	Slučitelnost horninového prostředí	58
4.4.6	Výběr bezpečnostních kritérií	60
4.5	Provozní bezpečnost	61
4.5.1	Externí přírodní jevy	61
4.5.2	Jevy vyvolané člověkem	62
4.5.3	Jevy ovlivňující šíření radioaktivních látek	62
4.5.4	Mimořádná událost	63
4.5.5	Výběr kritérií pro provozní bezpečnost	64
4.6	Analýza environmentálních kritérií	65
4.6.1	Výběr environmentálních kritérií	66
4.7	Analýza socioekonomických kritérií	67
4.7.1	Socioekonomické indikátor	67
4.7.2	Příspěvky obcím	67
4.7.3	Veřejnost	68
4.7.4	Výběr socioekonomických kritérií	68

4.8	Vybraná kritéria pro účely hodnocení lokalit	69
4.8.1	Geologické poměry	70
4.8.2	Hydrogeologické poměry	70
4.8.3	Vliv na životní prostředí	70
4.8.4	Vliv na změnu krajinného rázu	71
4.8.5	Vliv na obyvatelstvo a názor veřejnosti.....	71
4.8.6	Mimořádná událost a IZS	71
4.8.7	Napojení na infrastrukturu.....	71
4.8.8	Náklady na povrchový areál	71
4.9	Shrnutí vybraných kritérií	72
4.10	Metodika komparace vybraných kritérií	72
4.11	Lokality a jejich hodnocení	73
4.11.1	Březový potok, dříve Pačejov Nádraží	75
4.11.2	Čertovka, dříve Blatno	77
4.11.3	Čihadlo, dříve Lodhěřov.....	79
4.11.4	Horka, dříve Budišov	82
4.11.5	Hrádek, dříve Rohozná.....	84
4.11.6	Kraví hora	86
4.11.7	Magdaléna, dříve Božejovice – Vlksice.....	88
5	Výsledky.....	91
6	Diskuze.....	94
6.1	Úvod	94
6.2	Současná situace	98
6.3	Základní požadavky na hlubinné úložiště.....	99

6.4	Vyloučené lokality	101
6.4.1	Březový potok.....	101
6.4.2	Hrádek.....	102
6.4.3	Čihadlo	104
6.5	Vybrané lokality	105
6.5.1	Kraví hora – hlavní lokalita	105
6.5.2	Horka – druhá hlavní lokalita	106
6.5.3	Čertovka – záložní lokalita	108
6.5.4	Magdaléna – záložní lokalita.....	109
6.6	Stát a dotčené lokality	111
6.7	Budoucí vývoj	112
7	Závěr.....	114
8	Seznam použitých zkratek.....	115
9	Seznam použité literatury.....	116
10	Seznam použitých obrázků.....	120
11	Seznamu použitých tabulek.....	121
12	Seznam příloh.....	122

1 ÚVOD

Hrozby a rizika obklopují lidstvo po celou dobu jeho existence a týkají se všech existujících živých i neživých předmětů, živočichů, rostlin a lidí. Rizikem bychom mohli v jeho základní formě označit vše, co může negativně působit na dotčený objekt. U člověka vzhledem k sofistikovanosti lidského společenství jsou hrozby a rizika úměrná právě této složitosti. Hrozbami nejsou pouze situace, které ohrožují základní lidské potřeby přímo, ale i takové, jejímž vlivem mohou být způsobeny závažné následky. Člověk si jako hrozby nebo rizika představuje i ty, které nenastaly, ale vyvolávají určité obavy. Jednou z aktuálních obav je proces výroby jaderné energie a nakládání s jeho odpadem.

Nejzávažnější bezpečnostní rizika ohrožují samotnou existenci člověka. Z pohledu diplomové práce jsou rizika ekonomická, sociální, technická a psychologická. Některé z hrozeb se vzájemně prolínají a u některých vycházejí rizika ze všech společně. Díky dominovému efektu se tyto hrozby v různých svých fázích ještě prolínají nebo umocňují.

Bezpečnostní rizika jednotlivce se odlišují od bezpečnostních rizik pro celý stát nebo jiný územní celek, respektive ho rozšiřují. Přičemž eliminace bezpečnostních rizik ohrožující celý stát, jakými jsou například jaderná havárie, je základním předpokladem pro bezpečné prostředí jednotlivce. Pokud jsou eliminovány celospolečenské hrozby, je možné se zabývat hrozbami pro jednotlivce, či menší skupiny a společenství osob. Rizikem pro jednotlivce je v podstatě vše, co buď jeho život ohrožuje, nebo výrazně snižuje jeho kvalitu. Pro člověka, který žije v blízkosti jaderné elektrárny, je bezpečnostní riziko vyšší než pro ostatní občany ČR. Proto je potřeba zaměřit se na taková rizika a kritéria jejich hodnocení, která lze sledovat u všech lidí na určitém území téměř bez rozdílu. Cílem je dlouhodobě udržitelná a bezpečná výroba jaderné energie, která zajistí kvalitní životní úroveň obyvatelstva ČR.

Diplomová práce se zaměří na rizika, která nevyplývají přímo ze samotné výroby jaderné energie, ale na ta, která s touto problematikou úzce souvisí - na nakládání s radioaktivním odpadem. Konkrétně se diplomová práce zaměří na vybudování hlubinného úložiště radioaktivního odpadu jako účinného prostředku ochrany obyvatel před ionizujícím zářením. Teoretická část práce popíše současný stav dané problematiky a důležitost vybudování hlubinného úložiště na našem území. V praktické části bude provedena analýza a následná komparace sedmi vytipovaných lokalit. Cílem práce bude návrh zúžení počtu lokalit na čtyři nejvhodnější, které budou zařazeny do další fáze hodnocení procesu výběru vhodné lokality pro výstavbu hlubinného úložiště. Hodnocení bude probíhat na základě analýzy vybraných kritérií, která budou zaměřena zejména na ochranu obyvatelstva, veřejné mínění, geologické a socioekonomické podmínky.

2 SOUČASNÝ STAV

2.1 Postavení jaderné energetiky v České republice

Tuzemská energetika prošla dlouhodobým vývojem. ČR učinila za poslední léta v oblasti energetiky znatelný pokrok. Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj oceňuje zejména úsilí českého státu ve zlepšování energetické politiky a politiky ochrany klimatu, pokrok v zajištění ropné a plynové bezpečnosti, významný posun v liberalizaci trhu s elektřinou a přínos pro rozvoj trhu s elektřinou v celém středoevropském regionu. Současně je však ČR povinna implementovat politiku týkající se především energetické účinnosti. Česká přenosová soustava je silně propojena se všemi sousedními státy. [1, str. 17]

Jaderná elektrárna Dukovany (dále jen „EDU“) má od roku 2017 Státním úřadem pro jadernou bezpečnost (dále jen „SÚJB“) uděleno povolení pro všechny čtyři bloky na dalších deset let. Vzhledem ke stáří elektrárny by vláda do doby vypršení platnosti povolení měla k udržení kontinuity výroby energie rozhodnout o výstavbě dalšího jaderného bloku. Pokud by tak neučinila, nebude ČR v této oblasti schopna vyplnit nabídku s poptávkou, která dle Státní energetické koncepce (dále jen „SEK“) v současné době činí 33 % vyráběné elektřiny. Jaderná elektrárna Temelín (dále jen „ETE“) je sice mladší než EDU, ale do budoucna bude také potřeba obnovit jaderné bloky. EDU a ETE jsou z hlediska investičních zdrojů velmi nákladné a citlivé na stabilitu politického a ekonomického systému. [1, str. 24, 24]

SEK uvádí a doporučuje dostavbu jak pátého bloku EDU, tak i dostavbu dvou dalších jaderných bloků v Temelíně. Dalším záměrem této koncepce bylo prodloužení životnosti provozu všech jaderných bloků na EDU. [24]

Rozvoj jaderné energetiky je úzce spojen s mezinárodní spoluprací. V současné době se o dostavbu pátého bloku EDU zajímá Francie, Ruská federace, Čína, Jižní

Korea a Spojené státy americké spolu s Japonskem. Ve všech těchto zemích, kromě snah o další zvyšování bezpečnosti stávající generace provozovaných reaktorů, probíhá intenzivní vývoj reaktorů IV. generace. Tyto reaktory by přispěly ke zmenšení objemu jaderného odpadu. Pokud by se naplnily strategické cíle SEK a podařilo by se dostavět jak EDU, tak ETE, odhaduje se, že by jaderná energie mohla přesáhnout 50 % podílu produkce elektřiny v ČR. S tím úzce souvisí nakládání s jaderným odpadem. Naplněním cílů SEK povede k zajištění strategicky vyvážené rovnováhy mezi jednotlivými energetickými zdroji, k dlouhodobé energetické soběstačnosti, včetně posílení dlouhodobé energetické bezpečnosti nezávislostí na energetických zdrojích. [23, 24, 37]

2.2 Radioaktivní odpady

Při využívání radioaktivních látek v průmyslu, výzkumu a dalších odvětvích lidské činnosti mohou vznikat radioaktivní odpady. [2]

Atomový zákon č. 263/2016 Sb. stanoví, že radioaktivním odpadem je věc obsahující radioaktivní látku, pro kterou se nepředpokládá další využití. Cílem je zajistit trvalé oddělení radioaktivních odpadů od životního prostředí do doby, než poklesne jejich radioaktivita pod úroveň představující vyšší než přijatelné riziko pro životní prostředí a člověka. Tato úroveň je stanovena tímto zákonem a příslušnou vyhláškou SÚJB. [35, 36]

2.2.1 Historie nakládání s radioaktivními odpady

Nakládání s radioaktivními odpady patří mezi relativně nové obory. Základy pro nakládání s radioaktivními odpady byly formulovány na První mezinárodní konferenci o mírovém využívání jaderné energie v roce 1955 v Ženevě. [13, str. 29]

Radioaktivní látky se začaly využívat v předválečném období zejména v medicíně, výzkumných laboratořích a průmyslu. Především se využívalo

radium 226, které například sloužilo v dílnách na výrobu ciferníkových hodinek a dalších přístrojů, nebo v nemocnicích pro radiové jehly k ozařování zhoubných nádorů. V tomto období nebyla významu nakládání s tímto odpadem věnována dostatečná pozornost. Radioaktivní odpady byly bez jakéhokoli zpracování vypouštěny do životního prostředí, zejména do kanalizace, povrchových vod či půdy. Následky tohoto jednání si s sebou neseme dodnes. V současné době se na sanaci těchto odpadů v daných lokalitách vynakládá mnoho finančních prostředků. [6, 14]

Významnější množství zdrojů ionizujícího záření se objevilo až po druhé světové válce, především v souvislosti s rozvojem jaderné energetiky a výzkumu v oblasti mírového využití radioaktivního záření. Samostatnou kapitolou jsou zdroje ionizujícího záření spojené s vývojem a výrobou jaderných zbraní a s touto činností spojená produkce radioaktivních odpadů. Je třeba podotknout, že ČR ratifikovala dohodu o nešíření jaderných zbraní a tento problém se tak ČR netýká. Se zpracováním plutonia, které bylo vyráběno separací od vyhořelého paliva ve speciálních reaktorech, se situace radikálně změnila. Odpady měly vysokou radioaktivitu a dodnes jsou stále zpracovávány a skladovány v podzemních nádržích. S využíváním a zpracováním uranových rud vznikalo spoustu odpadů, ale o nízké radioaktivitě. K větší produkci radioaktivních odpadů přispěl rozvoj jaderné energetiky a s tím související výzkum v jaderných reaktorech a urychlovačích, které mají dodnes uplatnění ve zdravotnictví, výzkumu, zemědělství, průmyslu a dalších oborech. Od roku 1959 je Ústav jaderného výzkumu Řež, a.s. (dále jen „ÚJV Řež“) jedním z míst pro zpracování institucionálních odpadů u nás. Část odpadů s vyšším obohacením z výzkumných reaktorů byla odeslána k přepracování do Ruské federace. Bylo tak učiněno na základě dohody mezi jednotlivými zeměmi střední a východní Evropy, Spojenými státy a Ruskou federací o navrácení vyhořelého vysoce obohaceného jaderného paliva z výzkumných reaktorů do země jeho původu. Vysoceaktivní odpady po přepracování výše obohaceného vyhořelého jaderného paliva budou dovezeny

zpět k původcům k jejich dalšímu skladování a následnému uložení v hlubinném úložišti. [5, 14, 17]

Významný nárůst produkce radioaktivních odpadů nastal po zahájení provozu prvních jaderných elektráren. Postupně se zvětšovaly objemy radioaktivních odpadů a jejich samotná radioaktivita. Bylo tedy potřeba vyřešit otázku konečného uložení, tedy výstavbu úložiště, které bude vyhovovat přísným mezinárodním požadavkům. Takové úložiště bylo vybudováno v areálu EDU. Pro ukládání institucionálních odpadů slouží od počátku šedesátých let úložiště Richard a od sedmdesátých let úložiště Bratrství. [5, 16, str. 12, 26]

2.2.2 Rozdělení radioaktivních odpadů

Rozhodující pro rozdělení radioaktivních odpadů je množství radionuklidů obsažených v odpadu. Vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně stanoví limitní hodnoty pro uvolnění látek do životního prostředí a rozděluje radioaktivní odpady do tří skupin:

- kapalné;
- plynné;
- pevné. [27]

Kapalné a plynné radioaktivní odpady nejsou v působnosti SÚRAO a jejich ukládání není povoleno. U kapalných radioaktivních odpadů je cílem snížit objem radionuklidů a oddělit je částečně nebo úplně od dané látky. Kapalné látky nelze úplně vyčistit, proto se v praxi tento typ odpadu, obsahující již menší počet radionuklidů, vypouští do povrchových vodotečí. Jedná se především o dekontaminované vody z jaderných elektráren. Plynné látky se do okolního prostředí vypouští prostřednictvím ventilačních komínů s několikasupňovou filtrací, kde dochází k zachycení radioaktivních látek. Filtry s depositem

radioaktivních látek jsou pak zneškodňovány jako pevné radioaktivní odpady. [4, 11]

Pevné radioaktivní odpady se dělí dle své aktivity na:

- přechodné;
- nízkoaktivní a středněaktivní;
- vysoceaktivní. [27]

Aktivita radioaktivních odpadů je stanovena na základě uvolňovací úrovně, kterou udává vyhláška SÚJB. Přechodné odpady jsou takové, které po určité době (nejvýše 5 let) vykazují nižší aktivitu, než je uvolňovací úroveň. Poté je s nimi nakládáno jako s komunálním nebo jiným nebezpečným odpadem. Do této skupiny můžeme zařadit například odpady z nemocnic, konkrétně odpady vznikající při aplikaci radiofarmak. [27]

Nejvíce odpadů tvoří skupina nízkoaktivních a středněaktivních odpadů, jejichž aktivita poklesne v řádu stovek let. Proto je nutné počítat s jejich uložením do povrchových úložišť, jejichž kapacita v ČR je dostatečná pro dalších 60 let. Nízkoaktivní odpady mají aktivitu vyšší než je uvolňovací úroveň a obsahují omezené množství dlouhodobých radionuklidů. Středněaktivní odpady mají také vyšší aktivitu než je uvolňovací úroveň a oproti nízkoaktivním obsahují významné množství dlouhodobých radionuklidů. [2, 23]

2.2.3 Vysoceaktivní odpady

Vysoceaktivní odpady patří mezi nejrizikovější. Při skladování a ukládání těchto odpadů musí být zohledněna jejich radiotoxicita a uvolňování tepla z přeměny v nich obsažených radionuklidů. Jsou to odpady, které vykazují aktivitu po stovky tisíc let a do budoucna by měly být uloženy v hlubinném úložišti. [27]

Radioaktivní odpady můžeme dělit také dle jeho původu:

- odpady ze zdravotnictví, neboli přechodně aktivní odpad;
- vyhořelé jaderné palivo. [27]

2.2.4 Vyhořelé jaderné palivo

Vyhořelé jaderné palivo není zákonem č. 263/2016 Sb., atomový zákon, zařazeno mezi radioaktivní odpady. Definice stanoví vyhořelé jaderné palivo jako nebezpečný vysoceaktivní materiál. Vyhořelé jaderné palivo se dle zákona stává radioaktivním odpadem po prohlášení vlastníka. Zpravidla je to poté, co je rozhodnuto, že využitelnost daného paliva je pro vlastníka nulová a ani po přepracování ho nelze vrátit zpět k využití. Vyhořelé jaderné palivo může obsahovat množství cenných materiálů, které mohou být využity při výrobě nového jaderného paliva. Do doby prohlášení vyhořelého paliva za odpad je provozovatel povinen nakládat s ním tak, aby bylo možné ho dále upravit. Vyhořelé palivo z jaderných elektráren je skladováno v bazénech vyhořelého paliva hlavních výrobních bloků a ve speciálně přepravně skladovacích obalových souborech v suchých skladech vyhořelého jaderného paliva v areálech obou jaderných elektráren. Obalové soubory jsou využívány typu CASTOR. [9, 28, 35]

2.2.5 Současná situace

Radioaktivní odpady a vyhořelé jaderné palivo vznikají při výrobě jaderné energie a využívání ionizujícího záření, v průmyslové výrobě, zdravotnictví a také v oblasti výzkumu. Mezi radioaktivní odpady nezařazujeme odpad po těžbě a zpracování uranových rud, který je kontaminován přírodními radionuklidy. Tyto odpady jsou ze zákona (Horní zákon č. 44/1988 Sb.) považovány za potencionální surovinu. Tento přístup se používá nejenom v ČR, ale v rámci evropské legislativy. V ČR vzniká nejvíce radioaktivních odpadů v souvislosti provozem obou jaderných elektráren, dále pak s výzkumnou činností ÚJV Řež, která se soustředí

především na separaci radionuklidů, na metody pro přepracování vyhořelého paliva a vývoj nových technologií pro zpevnění odpadů. Mezi další zdroje radioaktivních odpadů patří výroba radiofarmak pro zdravotnictví a analytická laboratoř, která spolupracuje s IAEA. [21, 23, 29]

Množství radioaktivních odpadů dle původců:

- ČEZ, a.s. – roční produkce odpadů okolo 2000 obalových souborů (s obsahem 200 litrů);
- ÚJV Řež, a.s. – roční produkce v řádu stovek obalových souborů;
- UJP Praha, a.s. – roční produkce v řádu desítek obalových souborů;
- VÚHŽ, a.s. – roční produkce v řádu desítek obalových souborů;
- ZAM-servis, s.r.o. – roční produkce v řádu jednotek obalových souborů;
- VF, a.s. – roční produkce v řádu jednotek obalových souborů. [29]

V ČR se v současnosti vysoce radioaktivní odpady zpevňují a skladují v povrchových skladech v areálech původců do doby, než budou uloženy v budoucím hlubinném úložišti. Obdobné je to s vyhořelým jaderným palivem, které by se mělo bez přepracování, pouze jeho zapouzdrněním do vhodných obalů, ukládat přímo do hlubinného úložiště. [23]

V EDU je provozován od roku 1995 mezisklad vyhořelého jaderného paliva s kapacitou 600 tun, který byl naplněn v březnu 2006. Nový sklad s kapacitou 1 340 tun je v provozu od prosince 2006. V ETE je od září 2010 v provozu sklad s kapacitou 1 370 tun. Provozované skladovací kapacity pro vyhořelé jaderné palivo ze stávajících bloků EDU jsou dostatečné pro 45 let provozu. [23]

2.2.6 Radioaktivní odpady určené k uložení do přípovrchových úložišť

Jedná se o provozní odpad jaderných elektráren, mezi které patří kapalné provozní odpady, iontoměniče a kaly a pevné provozní odpady. Tyto odpady se

skladují v nádržích koncentrátu, vysycených ionexů, ve skladech pevných odpadů a jsou průběžně upravovány do formy vhodné k jejich uložení. Kapalné odpady jsou pro účely ukládání v úložišti zpevněny do bitumenové, případně cementové matrice. Pevné obaly se převážně lisují pomocí nízkotlakové technologie. Dalším druhem je institucionální odpad, který se skladuje v areálu ÚJV Řež, vznikající při výzkumných projektech a od jiných původců, jako jsou nemocnice, průmyslové podniky a služby. Středně a vysoceaktivní odpady ze zdravotnictví, průmyslu a výzkumu jsou ukládány v úložišti Bratrství, Richard a částečně i v areálu EDU. Ukládání těchto odpadů zajišťuje ÚJV Řež. Odpady v rámci jaderné energetiky, jejich nakládání a monitorování zajišťuje SÚRAO. Úložiště Hostim je v současné době uzavřeno. [6]

Tabulka 1 Množství radioaktivních odpadů v roce 2016 [23]

Úložiště	Objem úložných prostor [m ³]	Objem uložených RAO [m ³]	Zaplněný objem [m ³]	Využitelná kapacita pro RAO [m ³]	Celkový volný objem [m ³] ¹
Dukovany	55 000	7 639	11 514	28 991	43 486
Richard	10 249	2 962	7 405	1 137	2 844
Bratrství	1 200	371	927	102	273
Hostim	1 690	320	1 690	uzavřeno	uzavřeno

¹využitelnost objemu úložných prostor pro ukládání RAO 0,35-0,67

2.2.7 Radioaktivní odpady určené k uložení do hlubinného úložiště

Aktivovaných materiálů vhodných k uložení do hlubinného úložiště vzniká poměrně malé množství, avšak svou aktivitou z dlouhodobého hlediska představují vyšší riziko ohrožení. Jedná se zejména o měřicí čidla, termočlánky, vložené tyče, kazety svědečných vzorků, absorbátory. V EDU a ETE je uskladněno přibližně 40 tun tohoto odpadu, kdy se uvažuje, že v rámci vyřazování jaderných bloků, bude zároveň probíhat uložení části těchto odpadů do hlubinného úložiště. Z institucionálních odpadů připadají v úvahu uzavřené zářiče, které se skladují v úložišti Richard (vyřazené hlásiče požáru a vysokoaktivní zářiče) nebo především u původců těchto odpadů. [23]

2.2.8 Koncepce nakládání s radioaktivními odpady

Koncepce nakládání s radioaktivními odpady je první strategický dokument, který byl schválen usnesením vlády ČR již v roce 2002. V roce 2011 byla přijata Evropská Směrnice Rady 2011/70/EURATOM, která nastolila jednotná pravidla pro oblast nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem. Tato pravidla byla implementována do legislativy ČR a v souladu s požadavky směrnice byla upravena i koncepce, která byla dne 29. listopadu 2017 schválena usnesením vlády ČR č. 852/2017. Koncepce uvádí zásady, postupy a cíle státu s výhledem do roku 2030. Vyhodnocení plnění se plánuje po roce 2025. Koncepce je také určena pro provozovatele, které svojí činností produkují radioaktivní odpady a vyhořelé jaderné palivo. Provozovatelé mohou nalézt účelná řešení při zneškodnění odpadů v souladu s požadavky na ochranu zdraví a životního prostředí pro budoucí generace. Vláda přijmutím koncepce stanovuje principy, cíle a priority při nakládání s radioaktivním odpadem. [23]

Cíle koncepce jsou zejména - stanovit zásady, které jsou vědecky, technologicky opodstatněné, vytvářet systémový rámec pro rozhodování při nakládání s radioaktivním materiálem a umožnit veřejnosti participovat na naplňování koncepce. [23]

Tato koncepce jasně stanovuje význam a strategii ČR v rámci nakládání s vyhořelým jaderným palivem, tedy jeho přímé uložení do hlubinného úložiště.

2.2.9 Správa úložišť radioaktivních odpadů

SÚRAO byla dne 1. 6. 1997 zřízena Ministerstvem průmyslu a obchodu ČR. SÚRAO vede přehled všech radioaktivních odpadů na našem území a zajišťuje jejich bezpečnou likvidaci jejich uložením v úložištích radioaktivních odpadů. SÚRAO zajišťuje financování programu hlubinného úložiště z jaderného účtu, kde se shromažďují odvody od původců radioaktivních odpadů. [4, str. 147-148]

2.2.10 Státní úřad pro jadernou bezpečnost

SÚJB je ústředním orgánem státní správy a nezávislým dozorovým orgánem, který vykonává dohled při mírovém využívání jaderné energie ionizujícího záření, v oblasti radiační ochrany a v oblasti jaderné, chemické a biologické ochrany. [43]

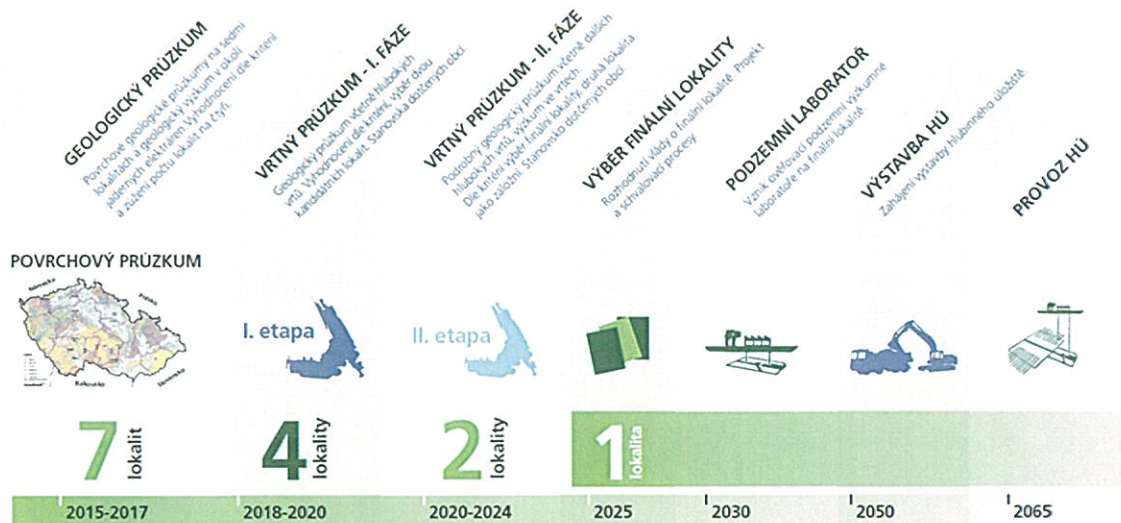
2.3 Hlubinné úložiště

Při výstavbě EDU se uvažovalo, že vyhořelé jaderné palivo bude odvezeno zpět do Sovětského svazu. Po roce 1989 byla vypovězena smlouva o zpětném převzetí vyhořelého paliva bývalým Sovětským svazem a ČR si musela vytvořit vlastní koncept pro nakládání s tímto odpadem. Ke změně došlo po přijetí atomového zákona č. 18/1997 Sb. Tímto zákonem byla stanovena SÚRAO, která má ve správě všechna přípovrchová úložiště. SÚRAO zpracovala Koncepti nakládání s radioaktivním odpadem a v současnosti je zodpovědná za přípravu procesu výstavby hlubinného úložiště pro uložení radioaktivních odpadů. Hlubinné úložiště je charakterizováno vyhláškou SÚJB [33], která ho definuje jako úložiště radioaktivního a vysoceaktivního materiálu uloženého stovky metrů v podzemí, kam se ukládají radioaktivní materiály a vyhořelé jaderné palivo prohlášené za odpad, které nesplňují podmínky pro uložení do přípovrchových úložišť. Jedná se o specifický typ jaderného zařízení, které musí být proveditelné pomocí dostupných a ověřených technologií a optimalizováno tak, aby byla zajištěna radiační ochrana na nejvyšším stupni bezpečnosti. Mezinárodní předpisy a doporučení spíše zobecňují legislativní stránku týkající se požadavků na provoz hlubinného úložiště, a to z důvodu odlišných geologických prostředí jednotlivých zemí a lokalit. [8, 25, 33]

Bezpečnost hlubinného úložiště musí být prokázána dlouhodobými experimenty v podzemních laboratořích. Současně je podporován výzkum, který je zaměřen na redukci odpadů a jejich přepracování. Již v roce 1992 bylo vytipováno

27 lokalit vhodných pro výstavbu hlubinného úložiště. Z dostupných geologických dat a dalších zkoumání byl výběr zúžen na sedm lokalit. [23]

Koncepce nakládání s radioaktivním odpadem uvažovala do roku 2022 stanovit dvě vhodná místa pro případnou výstavbu hlubinného úložiště. V roce 2018 se proces výstavby hlubinného úložiště nachází ve fázi ukončeného povrchového průzkumu, kdy bylo vytipováno sedm lokalit, ze kterých by měly vzejít čtyři lokality, které budou vybrány pro I. etapu geologických průzkumů. Na základě těchto výsledků bude vybrána jedna hlavní a druhá záložní lokalita. [23]



Obrázek 1 Proces výběru vhodné lokality pro hlubinné úložiště [44]

2.3.1 Vyhořelé jaderné palivo a vysokoaktivní odpady

Do hlubinného úložiště by měly být ukládány vysokoaktivní odpady a vyhořelé jaderné palivo. Zdrojem těchto odpadů je provoz jaderných, především energetických, reaktorů. Tyto odpady jsou z 90 % tvořeny vyhořelým jaderným palivem a některé další odpady jako měřidla a části zařízení, v přímém kontaktu s jadernou reakcí v reaktoru. Pro tyto odpady se předpokládá jejich uložení do hlubinného úložiště, a to zejména k jejich vysoké aktivitě a množstvím

radionuklidů, jejichž přeměnou se dlouhodobě uvolňuje teplo. Samotné zprovoznění hlubinného úložiště je plánováno na rok 2065.

Vyhořelé jaderné palivo je nejprve několik let skladováno v bazénech hlavních výrobních bloků jaderných elektráren a následně je uskladněno v suchém skladu v robustních ocelových, hermeticky uzavřených, skladovacích kontejnerech CASTOR. V EDU byl v provozu od roku 1995 do roku 2006 mezisklad s kapacitou 600 tun. Po jeho naplnění byl uveden do provozu nový sklad s kapacitou 1340 tun. V ETE je od roku 2010 v provozu sklad s kapacitou 1370 tun. Mezisklady v EDU by měly svou skladovací kapacitou a při stávající výrobní politice vydržet přibližně dalších 45 let. V případě ETE je to 30 let. Do doby výstavby a uvedení do provozu hlubinného úložiště je vyhořelé jaderné palivo skladováno v přepravně skladovacích obalových souborech CASTOR umístěných v areálu jaderné elektrárny. [23]



Obrázek 2 Úložiště Dukovany [53]

Pro bližší porozumění je potřeba konkretizovat druh a množství radioaktivních odpadů, pro které se uvažuje jejich uložení do hlubinného úložiště. Do budoucna se jedná o tento druh radioaktivního odpadu:

- nepřepřacované vyhořelé jaderné palivo z EDU a ETE;
- nepřepřacované vyhořelé jaderné palivo ze třech reaktorů nových jaderných zdrojů za 60 let jejich případného provozu;
- vysokoaktivní odpad z přepracování vyhořelého jaderného paliva z výzkumných reaktorů;
- radioaktivní odpady, například z provozu jaderných elektráren a provozu výzkumných pracovišť, pro které se nepředpokládá jejich uložení do povrchových úložišť. [23]

Tabulka 2 Odhad množství vyhořelého jaderného paliva [23]

Jaderné elektrárny	Počet palivových souborů	Průměrný stupeň vyhoření MWd/kg	Počet ukládacích obalových souborů	Hmotnost U (t)	Průměrný tepelný výkon za 65 let skladování (W)
EDU	21 700	20/54	3 100	2 650	655
ETE	5 400	4,7/60	1 800	2 555	1 125
NZJ	8 100	60	2 700	4 300	1 221
Celkem	35 200		7 600	9 505	

Tabulka 2 nám udává, že bude potřeba uložit 9 505 tun vyhořelého jaderného paliva, k tomuto číslu je potřeba připočíst dalších 4 300 tun opadu, který není vhodné ukládat do přípovrchových úložišť.

2.3.2 Význam hlubinného úložiště na našem území

V současné době na základě vědeckého poznání a zkušeností, je ukládání radioaktivních odpadů do hlubinného úložiště nejúčinnějším prostředkem, jak nakládat s vyhořelým jaderným palivem. Sice existují metody, kterými lze znovu zpracovat vyhořelé jaderné palivo, ale na konci tohoto technologického řešení vznikne opět vysoceaktivní odpad uložitelný pouze v hlubinném úložišti. Nejbezpečnějším a ekonomicky nejméně nákladným řešením, oproti povrchovým úložištím, je vybudování hlubinného úložiště na území ČR. Evropské právní předpisy nařizují každému státu zpracovat či uložit radioaktivní odpady svépomocí a zakazuje jeho vývoz mimo hranice ČR. Pokud i nadále Koncepce nakládání s radioaktivním odpadem zvažuje nárůst podílu jaderné energetiky na našem území, je vybudování hlubinného úložiště prioritou a povinností k dalším generacím. [23]

2.3.3 Vývoj hlubinného úložiště

Tabulka 3 souhrnně zaznamenává vývoj přípravy hlubinného úložiště od počátku devadesátých let po současnost.

Tabulka 3 Vývoj přípravy hlubinného úložiště [37]

	Předmět činnosti a dosažené výsledky
1992 – 2002	Byla vytvořena základní struktura projektu vývoje hlubinného úložiště. Výběr vhodné lokality a zjištění její charakteristiky, zahrnující ověření stability a homogenity geologického prostředí. Projektové činnosti a návrh inženýrských bariér. Proběhlo vyhodnocení celého území z hlediska vytipování vhodného horninového prostředí, v roce 1999 byl zpracován první tzv. Referenční projekt, definující základní úložný koncept (inspirovaný úložným systémem Švédsko/Finsko. Byly zahájeny první generické studie shromažďující informace o chování přírodního prostředí a inženýrských bariér

2003	Rozhodnutí o šesti lokalitách, zahájení projektu GeoBariéra – letecký geofyzikální průzkum na šesti lokalitách (Čertovka, Březový potok, Magdaléna, Čihadlo, Hrádek, Horka).
2003 – 2005	Aktivizace lokálních spolků a některých obcí proti úložišti na všech lokalitách vznikla referenda odmítající úložiště ale i průzkumy tj. jakékoliv činnosti vedoucí k posouzení vhodnosti lokality. Generický výzkum na testovací lokalitě Melechov. Výzkum jiných možností zneškodnění vyhořelého jaderného paliva (transmutace). Výzkum přírodního analogu Ruprechtov společně s německou GRS.
2005	Rozhodnutí vlády pozastavit práce na výběru lokality na pět let za účelem nalezení akceptovatelnosti úložiště veřejností. Do roku 2008 nebylo na lokalitách cokoli děláno, ani mítinky s veřejností. Dokončení projektu GeoBariéra (podklady pro stanovení průzkumných územích na každé lokalitě).
2008	Úkol vlády – nalezení potenciální lokality ve vojenských újezdech a v dalších oblastech, kde by mohla být vyšší akceptace veřejností. Záložní lokalita byla vytipována ve vojenském újezdě Boletice. Generické studie blízkého pole – inženýrské bariéry, kontejner, hodnocení bezpečnosti. Generické studie hodnocení vzdáleného pole – metody hodnocení, shromáždění existujících dat.
2010	Nová dodatečná lokalita Kraví hora v blízkosti vydobytých ložisek uranu, která byla doplněna na seznam potenciálně vhodných lokalit. Zahájena nová strategie pro výběr 4 lokalit – dobrovolný přístup obcí. Založena Pracovní skupina pro dialog o hlubinném úložišti. Dokončení aktualizace Referenčního projektu ve spolupráci s švédskou SKB.
2012	Nová strategie se ukázala jako nerealistická – ukončení jednání s obcemi.
2013	Změna strategie – postupná redukce vytipovaných lokalit (7) → (4) → (2) → (1) na základě posouzení lokalit dle jednotných kritérií. Prokázání proveditelnosti, splnění kritérií v oblasti bezpečnosti, environmentální dopady a socioekonomické dopady a akceptovatelnost.

2014	Podání žádostí o stanovení průzkumných území na sedmi lokalitách. Zahájení studie „Moldanubikum s cílem nalezení dodatečných lokalit v okolí jaderných elektráren, kde se dá očekávat vyšší míra akceptovatelnosti veřejností (obdobně jako ve Finsku a Švédsku). Zahájení prací na vývoji úložného kontejneru. Výběr konsorcia (vedeného ÚJV Řež) k výzkumné podpoře bezpečnosti hlubinného úložiště a zahájení realizace studií.
2015	V polovině roku nabytí právní moci stanovení průzkumných území, zahájení průzkumných prací. Podpis smlouvy s konsorciem „Výzkumná podpora proveditelnosti hlubinného úložiště“, zahájení studií proveditelnosti a technického řešení hlubinného úložiště na lokalitách.
2016 - 2017	Vytvoření kritérií hodnocení lokalit. Realizace geologických průzkumů a studií v oblasti bezpečnosti, charakterizace horninového prostředí, hydrogeologie. Realizace studií proveditelnosti hlubinného úložiště na lokalitách ve variantách vertikální ukládání x horizontální ukládání. Vyhodnocení geologických výzkumů a vyhodnocení proveditelnosti na vymezených polygonech EDU západ a ETE jih a nalezení vhodných bloků pro umístění hlubinného úložiště. Výstavba podzemního výzkumného pracoviště Bukov.
2018	Vyhodnocení lokalit dle jednotných kritérií. Zpracování hodnotících a souhrnných studií na každé z lokalit 7 + EDU západ + ETE jih. Studie proveditelnosti, studie vlivu na životní prostředí, veřejného mínění na lokalitě a socioekonomická studie. Rozhodnutí o preferovaných lokalitách do další etapy jejich hodnocení a jejich zúžení na 4 potenciální lokality

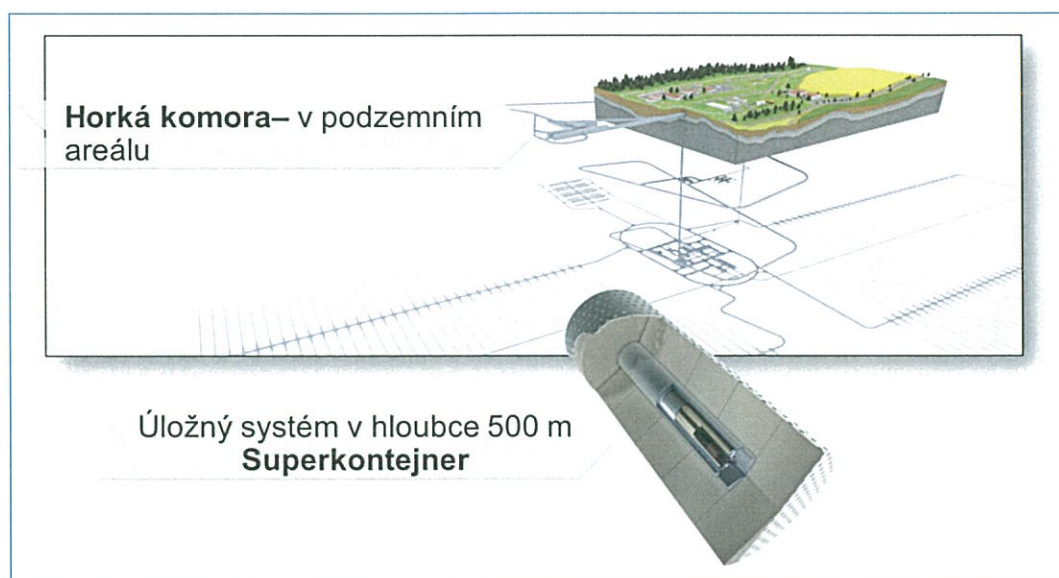
2.3.4 Technické parametry

Hlubinné úložiště by mělo být umístěno přibližně půl kilometru pod zemí v granitických (žulových) horninách. Toto zařízení umožňuje bezpečně ukládat a izolovat vysoceaktivní odpady od životního prostředí po stovky tisíc let díky tzv. multibariérovému systému. [3, 7]

Hlubinné úložiště budou tvořit dva areály, nadzemní, neboli povrchový, a podzemní, kde bude umístěno jaderné zařízení. Nadzemní povrchový areál s přístupovými šachtami bude tunely propojený s podzemním areálem.

Povrchový areál bude zejména zajišťovat přípravu a ukládání radioaktivních odpadů a provoz obou areálů. Dále bude tato část sloužit k dodávkám elektrické energie, k větrání a budou zde umístěny sklady a informační středisko. Jaderné zařízení zvané horká komora bude sloužit pro přebalení vyhořelého jaderného paliva. [20, str. 7]

Podzemní areál bude víceúrovňové důlní dílo umístěné cca 500 metrů pod povrchem, které bude zajišťovat prostory pro uložení obalových souborů s radioaktivním odpadem, včetně předkládacího uzlu. Pod těmito objekty bude uložena čerpací stanice důlních vod. V polovině požadované hloubky budou prostory, které budou sloužit pro přečerpávání důlních vod na povrch a podzemní laboratoř. Podzemní chodby budou budovány jak vertikálně, tak horizontálně, v případě potřeby budou vybudována další patra. [20, str. 7-8]



Obrázek 3 Schéma hlubinného úložiště [37]

Po uložení obalových souborů se nepředpokládá, že se s nimi bude do budoucna manipulovat a že by k nim měl kdokoli přístup.

Úložný systém se skládá z multibariérového systému, tedy kombinace inženýrských (technických) a stabilních přírodních bariér s pasivní bezpečnostní funkcí, tedy bez jakéhokoliv budoucího zásahu člověka. [7, 22, str. 21]

2.3.5 Inženýrská bariéra

Je to bariéra, která je vytvořena lidskou činností a brání průniku transportu radionuklidů při ztrátě bezpečnostní funkce úložiště. Mezi inženýrské bariéry řadíme obalové soubory nebo těsnící materiály.

Inženýrské bariéry jsou tvořeny:

- stabilní formou odpadu (vyhořelý jaderný odpad ve svoji matici, vysoceaktivní odpady v cementové matici), kdy se radionuklidy uvolňují pomalu;
- ukládací obalové soubory s životností na tisíce let, zirkonový povlak palivových tablet a ukládací kontejnery z mědi nebo uhlíkaté oceli s příměsí niklu;
- tlumícím, výplňovým a těsnícím systémem, reprezentovaný zhutněným bentonitem či jeho směsmi, kterými se obalí ukládací kontejnery. [19, 22, str. 22, 25]

2.3.6 Přírodní bariéra

Horninový masiv je poslední bariérou multibariérového systému hlubinného úložiště. Jako nejvhodnější geologický masiv bylo zvoleno granitoidní, žulové, prostředí, ve kterém budou ukotveny úložné komory. [12, str. 8, 19]

2.3.7 Hlubinná úložiště ve světě

Směrnice Rady 2011/70/Euroatom v roce 2011 stanovila jako nejbezpečnější způsob s nakládáním s radioaktivním odpadem jeho uložení do hlubinného úložiště. Vůbec první úložiště by mělo být uvedeno do provozu ve Francii, Švédsku a Finsku, přibližně kolem roku 2025. [23]

Pro hodnocení bezpečnosti hlubinného úložiště je posuzován především vliv zemětřesení na obalové soubory uložené pod povrchem země. Ve Švédsku a Finsku je tomuto tématu věnována velká pozornost z obavy vzniku rozsáhlých zemětřesení vlivem roztání vysokých vrstev ledu po skončení doby ledové. [37]

Vzhledem k faktu, že většina evropských zemí je ve srovnání s ČR mnohem dále ve výzkumné činnosti a vývoji oblasti přípravy výstavby hlubinného úložiště je čerpání informací v rámci mezinárodní spolupráce velmi důležitým aspektem. Poznatky a výsledky v této oblasti je možné získat daleko dříve, než vlastním výzkumem. Tabulka 4 udává přehled podzemních laboratoří ve světě sloužících k prokázání bezpečnosti a proveditelnosti hlubinného úložiště.

Tabulka 4 Přehled podzemních laboratoří ve světě [37]

Země	Lokalita	Typ	Horninové prostředí	Hloubka (m)	Provoz
Finsko	Olkiluoto	generické	granitoidy (?)	60 - 100	1992
	Onkalo	site-specific	granitoidy (?)		
Francie	Bure Meuse/Haute Marne	site-specific	argility, slínovce	450 - 500	od 2004
	Tournemire	generické	jílovce	250	od 1990
	Fanay-Augères	generické	granitoidy		1980 - 1990
	Amelie	generické	vrstvy soli		1986 - 1992
Japonsko	Kamaishi	generické	granitoidy	300 - 700	1988 - 1998
	Tono	generické	sedimenty	130	1986 - 2004
	Mizunami	generické	granitoidy	300 - 500	od 2003
	Horonobe	generické	argility	140 - 350	od 2005
Švédsko	Äspö	generické	granitoidy	200 - 450	od 1995
	Stripa Mine	generické	granitoidy	360 - 410	1976 - 1992
Švýcarsko	Grimsel	generické	granitoidy	450	od 1984
	Mont Terri	generické	jílovce	250-320	od 1995

V případě ČR v současné době nejsou k dispozici data z hloubky lokalit, vrtné práce mají být až v rámci další fáze hodnocení. Právě z tohoto důvodu bude ČR v rámci prvotních hodnocení čerpat ze zahraničních geologických dat. V rámci metodiky budou vytipované lokality porovnány z hlediska proveditelnosti ve variantách úložného systému. Pro další hodnocení se dají použít generická data a přístupy využitě ve Finsku nebo Švédsku. Tyto země budují hlubinné úložiště ve velmi podobných horninových prostředích jako má ČR, ve skandinávském štítu. Přesto tyto lokality nejsou identické. Každé horninové prostředí má své specifické podmínky. Odlišnosti českých masivů od těch ve Finsku a Švédsku jsou zejména v napětí v horninovém prostředí a hydrologických a geochemických podmínkách. Ideově tedy mohou být projekty totožné, avšak v detailu jsou odlišné právě v geologických podmínkách dané lokality. [22]

ČR je v prvních pěti zemích, které jsou nejdále s přípravou na výstavbu hlubinného úložiště. Konkrétně se jedná o země Finsko, Švédsko, Francii a Švýcarsko. Ze získaných zahraničních dat ČR využívá ty nejlepší poznatky, které jsou aplikovatelné pro naše podmínky. Důležitým aspektem je fakt, že ČR je jednou z pěti nejvíce pokrokových zemí v otázce hlubinného úložiště. Z ekonomického hlediska ČR může být do budoucna dodavatelem předních pokrokových technologií nebo být místem jejich transferu, například pro země jako jsou Slovensko, Maďarsko, Bulharsko, Rumunsko. [37]

3 Cíle práce a hypotézy

Předpokládá se, že hlubinné úložiště je oproti povrchovým úložištím jedinou a nejlepší variantou pro bezpečné skladování radioaktivního odpadu. Cílem diplomové práce je pokusit se zúžit výběr sedmi vytipovaných lokalit potencionálně vhodných pro umístění hlubinného úložiště na našem území. Metodika hodnocení stanoví hodnotící kritéria, dle kterých bude provedena analýza každé lokality. Na základě komparace vytipovaných lokalit budou vybrány čtyři lokality, které by měly postoupit do další, druhé, fáze hodnocení.

Diplomová práce předpokládá, že v případě lokalit, které budou splňovat přísné požadavky na bezpečnost je následujícím a nejdůležitějším kritériem v samotné analýze kritérium přístupu veřejnosti k záměru a souhlas dotčených obcí, vyjádřený podporou místních obyvatel. Většina obyvatel ČR si uvědomuje potřebu výstavby areálu pro bezpečné ukládání radioaktivního odpadu, ale pro mnoho z nich je téma samotné výstavby hlubinného úložiště velmi kontroverzní. Pravděpodobně je to i z důvodu, že tito občané jsou nedostatečně informováni a mají málo znalostí o jaderné problematice a způsobu zajištění bezpečnosti. Obecně lze konstatovat, že úspěch nalezení akceptace dotčenou veřejností, občany příslušné obce, je jejich aktivní zapojení do diskuze o přínosech hlubinného úložiště pro rozvoj obce. Tato diskuse musí být podložena fakty a nebude ovlivněna pouze názorem společnosti, který vnímá jadernou problematiku jako velmi nebezpečnou.

Metodika práce předpokládá, že vybrané čtyři lokality se budou nacházet v oblasti s větší mírou nezaměstnanosti, a současně umístěné relativně blíže k jaderné elektrárně nebo jinému zařízení, které svou povahou hlubinnému úložišti blíží (například hlubinný důl) a kde je pozitivní zkušenost lidí s provozem těchto zařízení a dopadem na zaměstnanost.

4 METODIKA

Cílem metodiky je návrh zúžení výběru vhodných lokalit pro ukládání vyhořelého jaderného paliva a radioaktivních odpadů, které nemohou být přijaty do přípovrchových úložišť a musejí být bezpečným způsobem uloženy. V rámci metodiky se stanoví jednoduchá kritéria pro hodnocení vytipovaných lokalit, na základě kterých se provede komparace sedmi stanovených lokalit, které SÚRAO vybrala v rámci povrchového průzkumu v letech 2003 – 2017. Na základě stanovených kritérií bude provedena analýza jednotlivých lokalit pro výstavbu hlubinného úložiště. Výsledkem práce je navrhnout čtyři nejvhodnější lokality, které by měly být doporučeny pro další zkoumání.

Nad rámec hodnocení připadají v úvahu ještě další dvě lokality, a to v blízkosti jaderných elektráren EDU a ETE, které nebudou v rámci metodiky hodnoceny, jelikož nebyly v době zpracování diplomové práce k dispozici potřebná data.

Použitá metodika vychází z aktuální české legislativy a mezinárodních doporučení.

- Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon.
- Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivu na životní prostředí.
- Koncepce nakládání s radioaktivním odpadem a vyhořelým jaderným palivem, schválená usnesením vlády ČR č. 852 ze dne 29. 11. 2017.
- Metodický pokyn SÚRAO, Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště, vydání 03, 2017. [31]

4.1 Hlubinné úložiště a analýza jeho alternativ

Pro potvrzení hypotézy, že hlubinné úložiště je v současné době jedinou možnou variantou pro dlouhodobě bezpečné uložení radioaktivního odpadu, je potřeba zhodnotit jiné alternativy uložení. V současnosti jsou uvažovány čtyři možnosti pro nakládání s radioaktivním odpadem.

- Dlouhodobé skladování;
- přepracování v zahraničí a uložení zbylých odpadů;
- uložení odpadu do mezinárodního/regionálního úložiště;
- přímé uložení do hlubinného úložiště. [23]

4.1.1 Současná situace

Nakládání s vyhořelým jaderným palivem zabezpečuje ČEZ, a.s. přímo v areálech jaderných elektráren, a to formou skladování v bazénu vyhořelého jaderného paliva v rozmezí 7 - 10ti let a následné uložení do suchých skladů na maximálně 60 let. Tento druh odpadu bude po roce 2065 oficiálně prohlášen za odpad a předán na SÚRAO ke konečnému uložení. V případě, že se hlubinné úložiště nevybuduje je zapotřebí navýšit skladovací kapacity. Na základě přechozích zkušeností je doloženo, že výstavba nových skladovacích kapacit trvá cca 10 - 15 let.

Tabulka 5 Proces výběru hlubinného úložiště do roku 2025 [37]

Název fáze	Termín dokončení	Výstup
Fáze 1: Analýza existujících geologických dat z lokalit, provádění geologických výzkumných a průzkumných prací bez zásahu do zemské kůry a provádění bezpečnostních, projektových, environmentálních a socioekonomických hodnocení.	2018	Upřesnění potřeby geologických prací pro další výzkum a průzkum, podklady pro hodnocení lokalit a případné vyloučení lokalit nevhodných pro umístění hlubinného úložiště. Zpracování plánu technických prací se zásahem do zemské kůry. Návrh čtyř lokalit pro druhou fázi.
Fáze 2: Provádění výzkumných a geologických prací včetně hlubinných vrtů, zpracování studií pro hodnocení lokalit.	2022	Doporučení vládě ČR dvou lokalit pro podrobnější charakterizaci lokalit se stanovisky dotčených obcí.
Fáze 3: Potvrzení dvou lokalit na základě geologického průzkumu vybraných lokalit a zpracování bezpečnostní a projektové dokumentace.	2025	Návrh finální a záložní lokality předložit vládě se stanovisky dotčených obcí

4.1.2 Dlouhodobé skladování

V některých zemích se uvažuje o skladování vyhořelého jaderného paliva a radioaktivního odpadu v povrchových úložištích po stovky let. Tento způsob ale není konečným řešením při jeho úplném zneškodnění. Stejně jako u nás, tak i v rámci mezinárodního názoru, je dlouhodobé skladování vnímáno pouze jako dočasné východisko a není tedy relevantní alternativou Pro zachování dlouhodobé

bezpečnosti je potřeba nalézt jiné, konečné, řešení, které umožní skladovat radioaktivní odpad po tisíce let bez dalších technologických a jiných úprav. [18, 19, 23]

4.1.3 Přepracování paliva v zahraničí

Přepracování paliva v zahraničí a uložení zbylých odpadů do hlubinného úložiště je další možnou alternativou. Při plánované výstavbě 5. bloku EDU se uvažuje o využití pokročilých jaderných palivových cyklů s reaktory IV. generace, které podstatně snižují nebezpečnost odpadů a jejich množství. Zdali to tak bude, záleží na strategických a politických zájmech, které nemůžeme nyní předvídat. Společnost ČEZ, a.s. uvažuje o přímém uložení, s možnou alternativou přepracování a využívání jiného paliva. Možnost přepracovat palivo má v Evropě pouze Francie. Do budoucna je možné zavedení tzv. rychlých reaktorů, které umožní snížit množství odpadů. Do hlubinného úložiště ale bude potřeba část odpadů ukládat v každém případě. [23]

Vzhledem k politické situaci ČR, která za posledních několik let stagnuje v rámci rozhodovacího procesu v jaderné problematice a vzhledem k tomu, že i v případě výstavby dalšího bloku EDU a výměně reaktorů, které snižují potenciální riziko s nevhodným nakládáním s radioaktivním odpadem, bude potřeba určité množství radioaktivního odpadu bezpečně uložit. Hlubinné úložiště je jedinou, v současnosti známou, alternativou pro jejich bezpečné uložení.

4.1.4 Uložení odpadů do mezinárodního úložiště

Evropská legislativa přímo zakazuje dovoz radioaktivních odpadů. Vývoz je povolen pouze za přesně definovaných podmínek. Možnost dohody mezi více státy, v rámci vybudování jednoho mezinárodního úložiště, je naprosto nereálná. [23]

4.1.5 Přímé uložení do hlubinného úložiště

Pravděpodobnost nalezení a aplikace nástrojů během několika dalších let, které by umožnily plné přepracování jaderného paliva bez nutnosti jeho izolování od okolního prostředí, je vysoce nereálná. V současné době nejsou známy žádné nové vědecké poznatky, které by předpokládaly posun v této oblasti. Hlubinné úložiště je tedy jediným možným způsobem, který splňuje požadavky pro bezpečné skladování radioaktivního odpadu po mnoho let. V současnosti je toto řešení považováno za nejbezpečnější a nejekonomičtější variantu při nakládání s tímto odpadem, zejména pro ty země, které nevlastní nástroje pro přepracování vyhořelého jaderného paliva. [23]

4.1.6 Východisko

Z analýzy možných alternativ hlubinného úložiště je zřejmé, že vzhledem k neustálému nárůstu radioaktivních odpadů je varianta přímého ukládání radioaktivních odpadů do hlubinného úložiště v současné době jedinou adekvátní variantou.

4.2 Navržená metodika a hodnotící kritéria

Hlubinné úložiště je v současné době jedinou známou a bezpečnou variantou pro ukládání radioaktivního materiálu. Cílem diplomové práce je posoudit a zhodnotit metodiku výběru vhodné lokality, stanovit hodnotící kritéria a následně vytipovat čtyři lokality určené pro další hodnocení v procesu při výběru lokality pro výstavbu hlubinného úložiště. Navržená metodika zhodnotí sedm vytipovaných lokalit a na základě předem stanovených kritérií tyto lokality vzájemně porovná. Metodika analýzy vybere čtyři lokality, které by měly postoupit do užšího výběru při výběru vhodné lokality pro výstavbu hlubinného úložiště.

4.2.1 Indikátor vhodnosti a optimalizační mez

Metodika hodnocení bude založena na parametrech, na základě kterých se bude posuzovat vhodnost dané lokality. Mezi základní patří indikátor vhodnosti a optimalizační mez.

Indikátor vhodnosti

Jedná se o parametr vyjádřený číselnou i logickou hodnotou, který popisuje vlastnosti a stav horniny a současně vyjadřuje vhodnost dané lokality. Indikátor může sloužit k porovnání např. projektové vhodnosti, environmentální indikátory či socioekonomickou přijatelnost. [25, 31]

Každá vytipovaná lokalita má své charakteristické vlastnosti, které se budou v rámci navržené metodiky vzájemně porovnávat pomocí indikátoru vhodnosti stanoveného kritéria.

Optimalizační mez

V rámci radiační ochrany jsou stanoveny limity určující hodnotu dávek, při jejímž překročení může být ohrožena bezpečnost obyvatelstva. V rámci navržené metodiky je pro samotné riziko podstatná tzv. optimalizační mez, která je stanovena jako efektivní dávka a v případě hlubinného úložiště je její hodnota 0,25 mSv za rok. Efektivní dávka slouží pro výpočet možného rizika. [35, 38]

4.2.2 Charakteristika území

Charakteristiku území definuje vyhláška SÚJB č. 378/2016 Sb. [36], která zakazuje umístění hlubinného úložiště do horninového prostředí, které je nestabilní a udává vlastnosti území, které je potřeba hodnotit, ale neudává hodnoty, podle kterých by se vhodnost daného území měla porovnávat. Posuzování dané lokality k umístění jaderného zařízení musí být v souladu

s charakteristikami vlastností území. Z legislativy můžeme určit místa, kde je výslovně zakázáno budovat hlubinné úložiště. Jedná se o:

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 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.“ [36]

4.2.3 Hodnotící kritéria

Kritérium můžeme definovat jako nástroj či standart, podle kterého hodnotíme určitý proces, stav a můžeme o něm rozhodovat. Pokud kritéria hodnotíme v souladu s dokumentem IAEA [32] můžeme je rozdělit takto:

- **vylučovací kritéria;**
- **porovnávací kritéria. [31]**

Vylučovací kritéria slouží k určení horní meze, při jejímž překročení se stanoví charakteristika daného území, kde vybudování hlubinného úložiště bude z hodnocení vyloučeno/zakázáno. Porovnávací kritéria sama o sobě nevylučují

umístění hlubinného úložiště, ale určují takové charakteristiky, které jsou vhodné nebo nevhodné pro plnění bezpečnostních funkcí.

Tabulka 6 popisuje jednotlivé etapy hodnocení procesu vhodné lokality pro výstavbu hlubinného úložiště na základě kritérií.

Tabulka 6 Jednotlivé etapy hodnocení vhodné lokality na základě kritérií [37]

Etapa	Činnosti, výstupy	Počet lokalit	Období
Zúžení lokalit + snížení počtu lokalit a výběr preferovaných	Povrchový, podrobný, geologický průzkum. Vymezení hranic vhodného masivu. Vymezení zlomů s možným oběhem podzemních vod. Socioekonomické analýzy. Předběžné hodnocení vlivu na životní prostředí. Aktualizace studií proveditelnosti.	Již dříve vymezená území a nové u JE. 7 +2	2015 - 2018
Výběr dvou kandidátních lokalit	Detailní geologický průzkum (další vrtné práce, průzkumné a výzkumné práce na lokalitě, výzkum vlastností hornin ve vrtech).	4 potencionální lokality	2019 - 2022
Výběr finální lokality	Detailní projekt na lokalitě. EIA dokumentace. Zadávací bezpečnostní zpráva.	2 kandidátní lokality	2022 - 2025

4.2.4 Metodika výběru kritérií

Mezi základní kritéria hodnocení patří:

- projektová;
- bezpečnostní;
- provozní;
- environmentální;
- socioekonomická. [25, 31]

Výše uvedená kritéria hodnotí vliv vybudování hlubinného úložiště v dané lokalitě. V závěru každé kapitoly bude provedena jejich analýza, která určí konkrétní hodnotící kritéria pro závěrečnou analýzu výběru jednotlivých lokalit, která je cílem této metodiky. Kritéria se budou posuzovat z hlediska svého významu vůči dané lokalitě a množství dostupných informací. Pro potřeby samotného hodnocení můžeme kritéria rozdělit takto:

- vylučovací kritérium, které má hodnoty, které vylučují samotné umístění hlubinného úložiště;
- porovnávací kritérium, které nemá hodnoty, které by vylučovaly umístění hlubinného úložiště;
- kritérium založené na odhadu (nejsou dostatečné informace o dané lokalitě);
- kritérium založené na dostupných datech. [31]

Vzhledem k tomu, že geologický průzkum bude probíhat až v další fázi hodnocení a v současné době nejsou známa relevantní data z hloubky úložiště jednotlivých lokalit, bude výběr proveden na základě povrchových průzkumů, expertních posudků, doporučení a z nich stanovených odhadů charakteristiky lokalit.

V závěru každé kapitoly bude na základě předchozího zhodnocení provedena analýza, která pomocí slovního spojení ano/ne stanoví, zda je zkoumané kritérium pro závěrečnou komparaci sedmi vytipovaných lokalit relevantní či nikoliv.

4.3 Analýza projektových kritérií

Projektová kritéria posuzují lokalitu z hlediska proveditelnosti hlubinného úložiště, které je rozděleno na dvě provozní části – povrchový a podzemní areál. První část tvoří objekty, zařízení a technologie, které jsou potřebné k zajištění provozu. Tím je myšlen příjem, přeložení a zavážení radioaktivních odpadů a vyhořelého jaderného paliva na povrchu i v přípovrchových úložištích. Druhá část hlubinného úložiště je umístěna v podzemí a její požadavky vyplývají ze zákona č. 263/2016 Sb., atomový zákon a souvisejících vyhlášek SÚJB a doporučení IAEA. [25, 35]

Hlubinné úložiště slouží a musí být navrženo tak, aby bylo zajištěno bezpečné uložení všech radioaktivních odpadů, které nejsou přijatelné pro uložení do jiných úložišť. Důraz je kladen především na technologie, které musí být prověřené a odolné v závislosti na daných podmínkách. [37]

4.3.1 Strategické podmínky

Strategické podmínky stanoví množství, vlastnosti a formu ukládaného odpadu. Může se také jednat o rozhodnutí, zda se budou ukládat odpady přepracované nebo nepřepracované, zda horká komora (slouží k přeložení paliva) bude či nebude součástí hlubinného úložiště, anebo se činnosti k přeložení paliva budou odehrávat mimo areál a ukládací obalové soubory se do hlubinného úložiště budou ukládat již připravené. [25, str. 10, 43]

4.3.2 Požadavky a omezení dané lokality

Požadavky a omezení vyplynou z hodnocení daného území. V rámci proveditelnosti hlubinného úložiště musí být z dlouhodobého hlediska bezpečně zachována struktura a vlastnosti lokality. Základním požadavkem je samotný horninový masiv, který musí plnit určité požadavky. V první řadě musí být dostatečně velký pro uložení všech současných radioaktivních odpadů a těch, které se předpokládají, že na území ČR vzniknou. V druhé řadě je to krajinný ráz, morfologie terénu, parametry základových půd, možné svahové deformace, výmolvé eroze, povětrnostní podmínky, které mohou negativně ovlivnit nejenom výstavbu povrchového areálu, ale případně také umístění podpůrných technologií. [10, 22, str. 41-42]

4.3.3 Legislativní požadavky

Legislativa uvádí, že hlubinné úložiště je současně jaderné zařízení a báňské dílo, které je tvořeno povrchovým a podzemním areálem. Z uvedeného důvodu musí plnit požadavky z jaderné, báňské legislativy a pozemního stavitelství a požadavků ochrany životního prostředí. [25, str. 10]

4.3.4 Proveditelnost podzemní části úložiště

Vzhledem k umístění podzemního areálu hlubinného úložiště několik metrů pod povrch země je pro dlouhodobou bezpečnost základním předpokladem stabilní horninový masiv. Horninový masiv musí být v takové hloubce a vzdálenosti od zvodnělých poruchových zón, aby bylo zamezeno migraci radionuklidů. Podzemní část hlubinného úložiště musí být ochráněna před negativními vlivy a procesy, které probíhají v nadzemní části. Podzemní prostor musí být ochráněn tak, aby se k radioaktivním odpadům nedostala nepovolaná osoba. [11, 14, 25]

Izolační část úložiště a její úložné prostory musí být dostatečně vzdáleny od poruchových zón, jak je uvedeno v tabulce 7.

Tabulka 7 Vzdálenost poruchových zón od hlubinného úložiště [25]

Označení	Délka	Vzdálenost
Regionální poruchová zóna nadregionálního významu	>10 km/1 - >10 km	100/100
Lokální poruchová zóna vyššího řádu regionálního významu	1-10 km/0,1 - 5km	50/50
Lokální poruchová zóna nižšího	10- 1000m/100 – 1000 m	Nesmí procházet přes úložné prostory/nízká relativní hustota tektonických struktur v ploše.
Malá otevřená křehká struktura	< 10 m	

Pokud je hornina v požadované hloubce neporušena je dalším důležitým kritériem hustota menších poruchových zón a větších puklin, které svými vlastnostmi neumožňují umístění úložných obalových souborů. Proto je zapotřebí neprovádět geologický průzkum pouze z povrchu, ale prozkoumat možné deformace pomocí úložných vrtů, které zatím nebyly ve vybraných lokalitách provedeny. Menších a jednodušší poruchy by mohly být sanovány pomocí injektážních směsí již při samotném vrtání. [25]

Inženýrská bariéra z bentonitu chrání obalové soubory. Tato hornina byla vybrána vzhledem k jejím izolačním a sorpčním vlastnostem. Jediným negativním

degradačním mechanismem bentonitu je hraniční teplota 100 °C, při které dochází k eliminaci jeho bezpečnostních funkcí. Tato teplota může být dosažena v rámci sloučení zbytkového tepelného výkonu vyhořelého jaderného paliva a tepelných vlastností inženýrských bariér v souvislosti s vlivem termální objemové roztažnosti hornin. [18, 43]

Bezpečné ukládání radioaktivního odpadu, tedy úložných obalových souborů, je jedním ze základních parametrů při výstavbě hlubinného úložiště. Na základě provedených poznatků je možné realizovat výstavbu hlubinného úložiště v úložných chodbách na jednom či dvou ukládacích horizontálních nebo vertikálních vrtech. [25]

4.3.5 Socioekonomické podmínky

Téma hlubinného úložiště je pro veřejnost v současné době stále málo srozumitelná a vyvolává negativní tlaky ve veřejném mínění, zejména u obyvatel vytipovaných lokalit. Veřejnost klade požadavky zaměřené zejména na minimalizování vlivů spojených s výstavbou hlubinného úložiště na okolní prostředí.

4.3.6 Horninové prostředí

Důležitými faktory horninového prostředí jsou jeho pevnostní parametry. Napětí, zejména jeho horizontální velikost, by mohlo negativně ovlivňovat úložné prostory. Vlivem napjatostního stavu by mohlo docházet k nepřijatelným deformacím. [10, 25]

Nepříznivě působí na stabilitu horninového masivu také křehké poruchy (zlomy a pukliny), které mohou vytvářet různé deformace. Tektonická činnost hornin, která se nejčastěji projevuje zvětráním hornin, by měla vykazovat co možná nejmenší aktivitu. [25]

Tepelné vlastnosti hornin (tepelná vodivost) ovlivňují celkové rozměry úložiště a prostorové uspořádání úložných prostor. Koeficient tepelné roztažnosti hornin, který je závislý na mineralogickém složení hornin a přenosu tepla, je důležitým faktorem při výpočtu možného napětí a s tím spojených deformací. Tepelná roztažnost hornin by měla být uniformní. Nepříznivé hodnoty nejsou přímo vylučujícím kritériem při hodnocení dané lokality. [10, 25]

4.3.7 Razící práce

Razící práce by měly co nejméně narušovat a poškozovat daný masiv. Důležitý je výběr těchto prací, protože i samotná technologie může nepříznivě narušovat kvalitu podzemních prostor. Pokud nebudou být moci využity ověřené a dostupné důlní technologie, znamená to jednoznačné vyloučení lokality pro vybudování hlubinného úložiště. [25]

Toto kritérium nebude zařazeno mezi závěrečná hodnotící kritéria, jelikož se může pomocí analytických metod a geologických průzkumů dopředu stanovit směr a způsob razících prací tak, aby se zachovala struktura a stabilita daného horninového prostředí.

4.3.8 Hydrogeologické poměry

Umístění ukládacích a přístupových tunelů ovlivňují případné nepříznivé hydrogeologické poměry. Rizika vnikající zejména z velkého přítoku vody a zvodnělých poruchových zón se mohou eliminovat již při počátečních razících a zabezpečovacích pracích formou výztuží nebo injektáží. Způsob provedení injektáže by měl být volen tak, aby toto řešení bylo z dlouhodobého hlediska slučitelné s inženýrskými bariérami a horninovým masivem. Negativní zjištění v rámci hydrogeologických poměrů mohou vést k vyloučení dané lokality. [8, 25]

4.3.9 Proveditelnost povrchové části

Veškeré činnosti probíhající na povrchu budou prováděny v souladu s atomovým zákonem a jeho prováděcími vyhláškami. Proveditelnost povrchové části je možné uzpůsobit dané lokalitě. Z tohoto důvodu nebude toto kritérium zařazeno do závěrečného hodnocení.

4.3.10 Stabilita staveb a základových půd

Pro zhodnocení proveditelnosti staveb je důležitá charakteristika základových půd - únosnost, stlačitelnost, přítomnost svahových deformací, oběh a výška hladiny podzemních vod a seismická aktivita. [25] Podle vyhlášky SÚJB se u základových půd musí hodnotit svahové pohyby, větrná eroze, poddolování půd. V případě zjištění některých popsaných deformací se stanoví bezpečná vzdálenost od těchto jevů. V případě projevů vulkanické činnosti je to 25 km a svahových pohybů 5 km. [36]

4.3.11 Dostupnost infrastruktury

Vytipované lokality budou hodnoceny z hlediska dostupnosti dopravní a technické infrastruktury. Při potřebě vybudování nové infrastruktury je nutné zvážit ekonomickou náročnost. Pro každou lokalitu budou zjišťovány údaje o:

- dostupnosti železniční a silniční sítě;
- elektrické rozvodné sítě;
- povrchových vodách;
- dešťové a splaškové kanalizaci;
- plynových rozvodech;
- pokrytí operátora;
- **dojezdové vzdálenosti Integrovaného záchranného systému (dále jen „IZS“), Báňské záchranné služby;**
- vzdálenosti od původců radioaktivních odpadů. [25]

Dostupnost infrastruktury je pro samotné hodnocení porovnávacím kritériem. Základním předpokladem je dostupnost složek IZS a zajištění bezpečnosti obyvatel a pracovníků podílejících se na výstavbě a provozu hlubinného úložiště.

4.3.12 Střet zájmů

Střet zájmu v jednotlivých lokalitách musí zachovat zákonnou ochranu vlastností jevů a objektů, které se nacházejí na daném území. V případě, že by výstavba zasahovala do ochranného pásma, je to důvod pro vyloučení lokality. Dle vyhlášky SÚJB č. 378/2016 Sb. [36] se jedná o níže uvedená ochranná pásma:

- *„silnic;*
- *dráhy;*
- *leteckých staveb;*
- *plynovodu, ropovodu nebo jiného produktovodu a podzemního nebo nadzemního zásobníku plynu;*
- *elektrizační soustavy;*
- *zařízení na výrobu či rozvod tepelné energie;*
- *chráněného ložiskového území nebo dobývacího prostoru;*
- *zvláště chráněného území;*
- *nemovité kulturní památky, nemovité národní kulturní památky, památkové rezervace nebo památkové zóny;*
- *vodního zdroje, přírodních léčivých zdrojů, zdrojů přírodních minerálních vod nebo území lázeňského města;*
- *zóny havarijního plánování jiného jaderného zařízení nebo stanovené podle jiného právního předpisů;*
- *ochranných pilířů jam, celíků a pásem povrchových a důlních objektů.“ [36]*

4.3.13 Náklady

Výše nákladů může ovlivnit rozhodování o umístění hlubinného úložiště. Navrhované technické provedení musí splňovat nejvyšší míru bezpečnostního provedení. Bezpečnost musí zůstat prioritou a to i za předpokladu, že by toto řešení několikanásobně převyšovalo ekonomické náklady (investiční a provozní). Z hlediska optimalizace je potřeba najít takové řešení, které bude vyhovující jak po bezpečnostní, tak i technické stránce.

Základní hodnocení porovnávají zejména tyto parametry:

- dostupnost nebo vybudování nové infrastruktury;
- vybudování technologických celků;
- zpracování kameniva;
- zajištění stability podzemních konstrukcí a vybraných stavebních objektů;
- povrchového areálu;
- razící metody;
- zajištění životnosti inženýrských bariér. [25]

Na základě dostupných dat budou v rámci metodiky hodnoceny náklady na výstavbu povrchového areálu vůči celkovým předpokládaným nákladům a na výstavbu dopravní infrastruktury.

4.3.14 Výběr projektových kritérií

Na základě zhodnocení jednotlivých kritérií bude provedena analýza výběru projektových kritérií pro závěrečnou analýzu. Kritéria, která není možné technickým opatřením zcela minimalizovat, budou vybrána pro závěrečné hodnocení. Není pravidlem, že porovnávací kritérium nemůže být hodnoceno a vylučovací kritérium je možné do hodnocení automaticky zařadit. Z konečného hodnocení budou vyloučena ta kritéria, která na základě předchozí analýzy nejsou

z pohledu bezpečnosti a technické proveditelnosti pro navrženou metodiku podstatná.

Tabulka 8 Výběr projektových kritérií [zdroj: vlastní]

Název kritéria	Typ kritéria/Odhad	Výběr ano/ne
Proveditelnost podzemních částí	Vylučovací/odhad	ano
Horninové prostředí	Vylučovací/odhad	ano
Stabilita staveb	Vylučovací/odhad	ano
Razící práce	Vylučovací/odhad	ne
Hydrogeologické poměry	Vylučovací/odhad	ano
Proveditelnost povrchových částí	Porovnávací	ne
Dostupnost infrastruktury	Porovnávací	ano
Střet zájmů a zásah do krajinného rázu	Vylučovací	ano
Náklady	Porovnávací	ano

4.4 Analýza bezpečnostních kritérií

Bezpečnostní kritéria posuzují lokalitu z hlediska bezpečnosti hlubinného úložiště. Jedná se o shrnutí všech dostupných analýz, které byly stanoveny na základě verifikovaných a validovaných podkladů a tvoří ucelenou bezpečnostní dokumentaci. Tato dokumentace je vytvořena pro provozní období a pro období od uzavření úložiště. Cílem těchto dokumentů je prokazatelně zhodnotit všechna rizika a tím i bezpečnost dané lokality. Efektivní dávka pro reprezentativní osobu pro bezpečné uložení radioaktivních odpadů je stanovena na 0,25 mSv za kalendářní rok. Bezpečnosti je hodnocena pro dobu v řádech statisíců až milionů let. Některá dostupná seismická hodnocení jsou platná jak pro povrchovou, tak i podzemní část. Hlubinné úložiště je jaderným i důlním zařízením. [25, 37]

Vyhláška stanoví SÚJB území, kde je zakázáno umístění hlubinného úložiště.

- *„Horninové prostředí, ve kterém může dojít k uvolnění a migraci radioaktivních látek a tím se může překročit optimalizační mez;*
- *nemožnost vytvoření důvěryhodných modelů vzhledem ke složitým geologickým a tektonickým poměrům a obtížným hydrologickým poměrům;*
- *přítomnost zdrojů geotermální energie.“ [36]*

Pro prokázání dlouhodobé bezpečnosti hlubinného úložiště je potřeba zhodnotit a porozumět všem jevům a procesům, které probíhají v konkrétním geologickém profilu. Základním požadavkem je schopnost horninového masivu zadržet a izolovat radionuklidy od okolního prostředí. V této fázi vzniká mnoho odborných předpokladů, které se ověří pomocí verifikovaných metod. V rámci navržené metodiky je hlavním bezpečnostním ukazatelem optimalizační mez. IAEA udává, že při hrubých odhadech nemusí platit pravidlo, že lokalita je, v případě nižší efektivní dávky než je vypočtená optimalizační mez, vhodná pro

umístění hlubinného úložiště a naopak. Efektivní dávka pouze určuje vhodnost lokality, ale není přímo vylučujícím kritériem. [16, str. 12-14, 25]

SÚJB na základě doporučení IAEA a WENRA stanovil hodnotící kategorie kritérií zhodnocení dlouhodobé bezpečnosti.

- „*Geologické charakteristiky lokality;*
- *hydrogeologické charakteristiky lokality;*
- *transportní charakteristiky lokality;*
- *stabilita lokality;*
- *slučitelnost horninového prostředí se systémem inženýrských bariér;*
- *charakteristiky lokality, které by mohly vést k narušení úložiště budoucími aktivitami člověka.“ [36]*

4.4.1 Geologické charakteristiky lokality

Na základě množství ověřitelných geovědních dat byly vytvořené 3D geologické modely, které umožňují zhodnotit a popsat všechny vlastnosti horninového prostředí a predikci vývoje. Tuto povinnost v rámci posouzení lokality přímo ukládá vyhláška SÚJB. Hodnotící kritéria by měla být platná pro celý prostor a po celé období provozu a uzavření hlubinného úložiště.

IAEA určuje charakteristiky pro hodnocení a porovnání potencionálních lokalit:

- „*popsatelnost a predikovatelnost homogenních bloků bez zlomů;*
- *variabilita fyzikálních, geomechanických a geochemických vlastností horninového prostředí v prostorech úložiště;*
- *dostupnost dat o horninovém prostředí.“ [39]*

Horninový masiv musí být stabilní a bez významných poruchových zón do hloubky minimálně 400 metrů. U potencionálně využitých homogenních bloků je potřeba se (v další fázi výběru vhodné lokality) zaměřit na identifikaci větších

poruchových zón a geologických struktur, které by vedly k vyloučení lokality. Bez verifikovaných měření nemůže dojít k úplnému vyloučení dané lokality.

4.4.2 Hydrogeologické charakteristiky lokality

Dalším kritériem je mechanismus proudění podzemní vody. Rychlost proudění je důležitým faktorem pro hodnocení hydrogeologických charakteristik lokality. Šíření radioaktivních látek do životního prostředí je nejpravděpodobnější právě prostřednictvím podzemních vod. Samotný horninový masiv je v ČR prakticky nepropustný. Podzemní vody proudí pomocí puklinového prostředí, zlomů. Zvodnělé plochy v okolí hlubinného úložiště nesmí narušit funkci geologických a inženýrských bariér. Mezi základní kritéria pro hodnocení hydrogeologických charakteristik patří:

- *„přítomnost zvodní v izolační části úložiště;*
- *obtížnost vytvoření důvěryhodného hydrogeologického modelu;*
- *rychlost proudění vody a propustnost horninového masivu;*
- *identifikace a umístění drenážních bází v lokalitě.“ [25]*

V rámci navržené metodiky bude hodnoceno první kritérium, ostatní budou hodnocena na základě odhadu, jelikož v této fázi nejsou známa verifikovaná data.

4.4.3 Transportní charakteristiky lokality

Vyhláška SÚJB zakazuje umístění hlubinného úložiště do horninového masivu, který svoji charakteristikou umožňuje rychlé šíření a únik radioaktivních látek do životního prostředí. Vhodnost dané lokality určuje vypočítaná efektivní dávka pro reprezentativní osobu. Překročení efektivní dávky v první fázi zkoumání nemusí znamenat vyloučení lokalit z hodnocení, ale může sloužit jako porovnávací kritérium pro zúžení výběru počtu lokalit. Do budoucna budou preferovány lokality, které budou mít „nejdelší“ předpokládanou dobu pro šíření radioaktivních látek z úložných vrtů do životního prostředí.

4.4.4 Stabilita lokality

Prioritou vhodnosti lokality pro umístění hlubinného úložiště je stabilní horninový masiv. Vyhláška SÚJB určuje povinnost „posouzení výskytu endogenních a exogenních jevů, předpokládaný vývoj klimatu a zranitelnost horninového prostředí z hlediska dlouhodobých klimatických změn“ [36]. Z dlouhodobého hlediska by geologické prostředí nemělo být náchylné ke klimatickým změnám, tektonickým pohybům a seismickým otřesům, které by mohly narušit bezpečnostní funkci hlubinného úložiště. Na základě získaných poznatků jsou stanoveny čtyři základní vlivy, které mohou narušit bezpečnost jaderného zařízení.

- „Zemětřesení vyšší intenzity a přítomnost potencionálně aktivních zlomů;
- geodynamická stabilita neboli pokles nebo výzdvih povrchu území;
- postvulkanické jevy;
- klimatické změny.“ [36]

Při samotném zhodnocení se musí uvažovat i o změnách, které budou způsobeny výstavbou hlubinného úložiště. Účinky seismicko - tektonické události jsou vždy větší na povrchu než pod povrchem. Pokud tedy lokalita splní podmínky pro povrchová zařízení, splní je i pro zařízení umístěné v hloubce horninového masivu. Případná seismická aktivita může mít největší dopad na ukládací korodující obalové soubory, vlivem posunutí podél křehkých struktur procházejících úložnými vrty může dojít k jejich deformaci. [25]

Projevem geodynamické aktivity svrchní části zemské kůry jsou vertikální pohyby zemské kůry. Z dlouhodobého hlediska představuje riziko výzdvih území a vytvoření nových zlomových pásem. Pokud by rychlost výzdvihu byla 1mm za rok, za 500 tisíc let by došlo k vynoření úložiště o 500 metrů. Lokality s malou intenzitou vertikálních pohybů vykazují shodné znaky, kterými jsou např. malá míra eroze, malá intenzita pohybových aktivit. Pro vyloučení hlubinného úložiště

je horní hranice pohybů zemské kůry stanovena na 1 mm za rok. Území ovlivněná postvulkanickými jevy byla v ČR vyloučena již v předchozích obdobích. [25, 36, 39]

Klimatické změny, zejména střídání doby ledové a meziledové, se cyklicky opakují a mohou měnit hydrogeologické a hydrologické poměry daného území. V rámci predikci vývoje je ČR mimo dosah kontinentálního zalednění. [25]

4.4.5 Slučitelnost horninového prostředí

Slučitelnost horninového prostředí se systémem inženýrských bariér je podstatnou podmínkou pro umístění hlubinného úložiště. Inženýrské bariéry musí být kompatibilní s horninovým prostředím. Na bezpečnostní funkci inženýrských bariér mají vliv níže uvedené vlastnosti horninového prostředí.

- *„Tepelné;*
- *hydraulické;*
- *mechanické;*
- *chemické;*
- *mikrobiologické;*
- *plynopusnost.“ [25]*

V případě nevyhovujících hodnot pro výstavbu hlubinného úložiště se mohou přijmout technická opatření:

- *„přepřepřování vyhořelého jaderného paliva, zabudování radionuklidů do stabilní skelné či keramické matrice;*
- *změna typu, vlastnosti či rozměrů tlumících, výplňových či konstrukčních materiálů;*
- *celková změna projektového řešení úložiště.“ [25]*

V případě neslučitelnosti horninového prostředí se systémem inženýrských bariér a v případě, že by navržená technická opatření byla nákladná a nesplnitelná, bude lokalita z dalšího hodnocení vyloučena.

Degradace inženýrských bariér je závislá na fyzikálně - chemických vlastnostech horninového masivu. Na základě analýz jsou známy hodnoty, které nejsou z hlediska svých vlastností vhodné pro výstavbu úložiště, jelikož ovlivňují strukturu obalových souborů a bentonitu. Degradace inženýrských bariér se úměrně zpomaluje v závislosti na nízkém proudění vody a je přímo závislá na množství vody, které se dostane do kontaktu s úložnými soubory. V případě vysokého proudění vody ve více strukturách horninového prostředí se lokalita z hodnocení vyloučí. [25, 36]

Horninový masiv je v konsolidovaných podmínkách převážně v rovnovážném stavu. Při budování hlubinného úložiště (tunely, vrty) může docházet ke změnám, které mohou vést ke změnám v napjatostním stavu a k nestabilitě horninového prostředí. Proto by měl horninový masiv v rámci hodnocení splňovat tyto vlastnosti:

- pevnostní a deformační vlastnosti horniny by měly odpovídat parametrům hornin daného masivu;
- potenciaálně využitý blok by měl být co nejvíce homogenní;
- území by mělo vykazovat, co nejmenší tektonické postižení;
- napjatostní stav by měl být co nejvíce izotropní. [25]

V případě nevyhovujících hodnot, které nelze snížit technickým opatřením, může být lokalita z dalšího hodnocení vyloučena.

Základním bezpečnostním požadavkem je zamezení průniku kyslíku do úložných prostor po jeho uzavření. Přítomnost kyslíku v podzemní vodě je ukazatelem pro propojení úložiště s povrchovými vrstvami a tvoří vylučující

kritérium. Dalším vylučujícím kritériem je přítomnost velkého množství chloridů. Ostatní chemické vlastnosti slouží především pro porovnání.

4.4.6 Výběr bezpečnostních kritérií

Na základě zhodnocení jednotlivých kritérií bude provedena analýza výběru bezpečnostních kritérií pro závěrečnou analýzu. Kritéria, která není možné technickým opatřením zcela minimalizovat, budou vybrána pro závěrečné hodnocení. Není pravidlem, že porovnávací kritérium nemůže být hodnoceno a vylučovací je možné do hodnocení automaticky zařadit. Z hodnocení budou vyloučena ta kritéria, která na základě předchozí analýzy nejsou z pohledu bezpečnosti a technické proveditelnosti pro navrženou metodiku podstatná.

Tabulka 9 Výběr bezpečnostních kritérií [zdroj: vlastní]

Název kritéria	Typ kritéria/odhad	Výběr ano/ne
Stabilita lokality	Vylučovací/odhad	ano
Tektonická činnost	Vylučovací/odhad	ano
Horninové prostředí	Vylučovací/odhad	ano
Hydrogeologické poměry	Vylučovací/odhad	ano
Dojezd složek IZS a dostupnost první pomoci	Porovnávací/odhad	ano
Transportní charakteristiky	Porovnávací/odhad	ano

4.5 Provozní bezpečnost

Vyhláška SÚJB č. 378/2016 Sb. [36] udává výčet vlastností území pro bezpečné budování jaderného zařízení. V případě hlubinného úložiště se jedná o povrchovou stavbu zajišťující provoz a sloužící k zavázení radioaktivních odpadů. Provozní bezpečnost ovlivňují:

- externí přírodní jevy (seismicita, povodně, požáry);
- jevy vyvolané člověkem (pád letadla, výbuch, požár);
- jevy ovlivňující šíření radioaktivní látky (klimatické a meteorologické podmínky);
- faktory ovlivňující zvládnání mimořádných událostí. [36]

4.5.1 Externí přírodní jevy

Povodně

Pro umístění hlubinného úložiště je možné aplikovat ustanovení vyhlášky SÚJB [36], která stanoví, že umístění jaderného zařízení je zakázáno v lokalitě, která je pravidelně zaplavována v důsledku extrémních meteorologických situací s pravděpodobností výskytu jednou za 100 let. [36]

Oběh podzemní vody

Umístění jaderného zařízení je zakázáno v lokalitách, kde podzemní vody vykazují existenci významných útvarů, které by mohly být znečištěny radioaktivními látkami. [36]

Klimatické a meteorologické jevy

Mezi klimatické a meteorologické jevy můžeme řadit například přívalové deště, vichřice. Tyto jevy neovlivňují výstavbu hlubinného úložiště. [34]

Biologické jevy

Zejména se jedná o výskyt živých organismů a jejich působení na technologické systémy jaderného zařízení – vzduchotechniku a chlazení. [25]

Přírodní požáry

Při posuzování dané lokality se zhodnotí výskyt souvislých povrchů, které mohou být zdrojem požárů a to do 5 km od jaderného zařízení. [36]

4.5.2 Jevy vyvolané člověkem

Pád letadla a jiných objektů

V tomto případě se stanoví míra odolnosti stavby proti pádu letadla apod.

Výbuchy a požáry

Do vzdálenosti 5 km od jaderného zařízení se zpracují scénáře a charakteristiky událostí vyvolaných člověkem. Jedná se například o výbuch, požár, výbušniny, důlní otřesy, jejichž výskyt nesmí znemožňovat preventivní a ochranná opatření. [25, 36]

Jevy vyvolané člověkem nebudou v rámci této metodiky hodnoceny, a to vzhledem k tomu, že vytipované lokality byly již dříve vybrány tak, aby splňovaly výše uvedené podmínky.

4.5.3 Jevy ovlivňující šíření radioaktivních látek

Radioaktivní odpad se přijímá a překládá do ukládacích obalových souborů v horké komoře. V rámci hodnocení je tedy podstatná tato část a posouzení dopadu v případě nehody na okolní prostředí. Posouzení je zaměřeno na ventilační okruh. Při nefunkčnosti filtrů se mohou radioaktivní látky

proniknout do okolního prostředí. Šíření závisí na různých faktorech, jako jsou například meteorologické poměry. [25, 36]

Klimatické a meteorologické poměry

Pro každou lokalitu bude vytvořen scénář šíření radioaktivních látek v ovzduší, povrchovými a podzemními vodami a odhad efektivní dávky pro obyvatelstvo. [36]

Využití území

Lokalita se do vzdálenosti 5 km od jaderného zařízení zhodnotí pro budoucí využití zemědělské činnosti, rybolovu, výroby potravin a rekreačních objektů.

Obyvatelstvo

V okolí jaderného zařízení se posoudí rozloha a hustota obyvatel v souvislosti s možným překročení stanovené optimalizační meze, které by mohlo vést k vyloučení lokality z hodnocení.

4.5.4 Mimořádná událost

Vyhláška SÚJB stanoví podmínky při posuzování lokality pro umístění jaderného zařízení.

- „Hodnotit s ohledem na rozložení a hustotu osídlení a jeho vývoj, možnost zavedení neodkladných ochranných opatření;
- posoudit území do 30 km;
- využívat výsledky posledních sčítání obyvatelstva, údaje o hustotě osídlení jednotlivých sídel a údaje o změně od posledního sčítání, zejména o počtu osob a jejich ekonomické aktivitě a údaje o existenci a využívání veřejně přístupných budov.“ [36]

V případě, že nebude možné zavést ochranná opatření, lokalita se z hodnocení vyloučí. Vyloučena bude také lokalita, která má následující charakteristiky.

- „Nachází se v blízkosti státní hranice nebo rozložení sídelních útvarů omezující proveditelnost havarijního plánu;
- nemožnost dojezdu složek IZS;
- nemožnost zajištění včasné informovanosti a zajištění evakuace obyvatelstva;
- nemožnost zajištění opatření proti sabotáži.“ [36]

4.5.5 Výběr kritérií pro provozní bezpečnost

Na základě zhodnocení jednotlivých kritérií bude provedena analýza výběru kritérií pro provozní bezpečnost. Kritéria, která není možné technickým opatřením zcela minimalizovat u všech vytipovaných lokalit, budou vybrána pro závěrečné hodnocení. Není tedy pravidlem, že porovnávací kritérium není možné vybrat do závěrečného hodnocení a vylučovací je možné do hodnocení automaticky zařadit. Vyloučena budou ta kritéria, která na základě slovního zhodnocení nebudou z pohledu bezpečnosti a technické proveditelnosti podstatná.

Tabulka 10 Výběr kritérií pro provozní bezpečnost [zdroj: vlastní]

Název kritéria	Typ kritéria/odhad	Výběr ano/ne
Externí přírodní jevy	Vylučovací/odhad	ano
Jevy vyvolané člověkem	Porovnávací	ne
Jevy ovlivňující šíření radioaktivních látek	Porovnávací	ano
Mimořádná událost	Vylučovací	ano

4.6 Analýza environmentálních kritérií

Environmentální kritéria posuzují lokalitu z hlediska vlivu na životní prostředí. Lokalita by měla být dostatečně chráněna před potencionálními riziky a případnými negativními dopady na životní prostředí. Výstavba a samotný provoz hlubinného úložiště by neměly narušovat citlivé ekosystémy a výrazně zhoršovat stav životního prostředí s prokazatelným dopadem na člověka.

Pro počáteční hodnocení a posouzení jsou stanoveny následující indikátory vhodnosti.

- Vliv na životní prostředí;
- dopad na oblasti významných veřejných hodnot, národní parky, rezervace apod.;
- zhoršení zásobování vodou a odhad míry rizik pro stávající zdroje;
- vliv na krajinu;
- vliv na rostliny, živočichy a celé ekosystémy;
- dopad na rekreační potenciál území. [25, 40, 41]

Některé z výše uvedených indikátorů vhodnosti již byly v minulosti orientačně posuzovány a SÚRAO na ně může do konce roku 2018 navázat. Do budoucna se prověří dostupnost všech již dříve získaných dat a sumarizují se závěry, které budou sloužit pro další šetření pro hodnocení aktuálního stavu povrchového areálu. Otázkou zůstává, jakým způsobem může výstavba podzemního areálu ovlivnit chráněné území na povrchu. Pro prvotní hodnocení můžeme alespoň stanovit vylučovací kritéria. [25]

Mezi vylučovací kritéria patří území, kde se vyskytují:

- biosférické rezervace UNESCO;
- národní parky I. A II. zóny;

- CHKO I. a II. zóny;
- NPR a NPP;
- soustava NATURA 2000 Evropsky významné lokality a ptačí oblasti.“ [25, 40, 41]

4.6.1 Výběr environmentálních kritérií

Na základě zhodnocení jednotlivých kritérií bude provedena analýza výběru environmentálních kritérií pro závěrečnou analýzu. Kritéria, která není možné technickým opatřením zcela minimalizovat, budou vybrána pro závěrečné hodnocení. Není pravidlem, že porovnávací kritérium nemůže být hodnoceno a vylučovací je možné do hodnocení automaticky zařadit. Z hodnocení budou vyloučena ta kritéria, která na základě předchozí analýzy nejsou z pohledu bezpečnosti a technické proveditelnosti pro navrženou metodiku podstatná.

Tabulka 11 Výběr environmentálních kritérií [zdroj: vlastní]

Název kritéria	Typ kritéria/odhad	Výběr ano/ne
Dopad na životní prostředí	Vylučovací	ano
Vliv na změnu krajinného rázu	Porovnávací	ano
Dopad na zemědělství	Porovnávací	ne
Vliv na ekosystémy	Porovnávací/odhad	ano
Míra rizika pro stávající vodní zdroje	Vylučovací/odhad	ano

4.7 Analýza socioekonomických kritérií

Socioekonomická kritéria posuzují úložiště z hlediska jeho dopadu na socioekonomické podmínky a veřejné mínění dotčených obyvatel.

4.7.1 Socioekonomické indikátor

Mezi socioekonomické indikátory řadíme demografii, ekonomiku obcí, občanskou vybavenost apod. Tyto indikátory vypovídají pouze o vhodnosti dané lokality. [25]

4.7.2 Příspěvky obcím

Na základě atomového zákona SÚRAO vyplácí dotčeným lokalitám a jejich obcím finanční příspěvky.

Tabulka 12 Příspěvky dotčeným lokalitám za rok 2016 [42]

Lokalita	Výše příspěvků za rok 2016 v Kč
Březový potok	10 534 069
Čertovka	10 494 088
Čihadlo	9 163 590
Horka	13 877 985
Hrádek	10 893 675
Kraví hora	9 932 767
Magdaléna	7 040 530

4.7.3 Veřejnost

Veřejnost má právo se aktivně zúčastnit schvalovacích procesů. Informace by měly být přehledné a otevřené. Důraz při sdělování informací by měl být kladen na motivaci samotných obcí, výhod spojených s výstavbou – ekonomická prosperita, sociální výhody a posílení pravomocí s důrazem na bezpečnost. Koncepce nakládání s radioaktivním odpadem klade důraz na zapojení dotčených obcí do rozhodovacího procesu. V současné době se dotčeným obcím ve vytipovaných lokalitách poskytuje finanční podpora, která z velké části tvoří významný podíl ročního rozpočtu. Byla stanovena tzv. pracovní skupina pro dialog o hlubinném úložišti, která byla složena ze zástupců státu, zástupce všech vytipovaných lokalit a nevládních organizací. Cílem této skupiny bylo vytvořit dlouhodobé partnerství a jasně vymezit práva a povinnosti dotčených subjektů garantované vládou ČR. Tato skupina byla roku 2016 odvolána. Do budoucna by se měly vytvořit lokální skupiny z jednotlivých lokalit. Z mezinárodních závazků vyplývá, že zapojení veřejnosti a dotčených obcí do procesu vybudování hlubinného úložiště je důležitým předpokladem pro dlouhodobě udržitelné rozhodnutí. Bohužel je otázka výstavby hlubinného úložiště stále spojena s nekvantifikovanými obavami, které vytváří mezi obyvateli znepokojení a strach z neznámého, které umocňuje samotná problematika jaderné energie. [25, 42]

4.7.4 Výběr socioekonomických kritérií

Na základě zhodnocení jednotlivých kritérií bude provedena analýza výběru socioekonomických kritérií pro závěrečnou analýzu. Kritéria, která není možné technickým opatřením zcela minimalizovat, budou vybrána pro závěrečné hodnocení. Není pravidlem, že porovnávací kritérium nemůže být hodnoceno a vylučovací je možné do hodnocení automaticky zařadit. Z hodnocení budou vyloučena ta kritéria, která na základě předchozí analýzy nejsou z pohledu bezpečnosti a technické proveditelnosti pro navrženou metodiku podstatná.

V rámci navržené metodiky bude zhodnocen dopad na sociální skladbu obyvatelstva a míra přijatelnosti hlubinného úložiště veřejností.

Tabulka 13 Výběr socioekonomických kritérií [zdroj: vlastní]

Název kritéria	Typ kritéria	Výběr ano/ne
Přijatelnost veřejností	Porovnávací	ano
Dopad na sociální skladbu obyvatelstva	Porovnávací	ano
Vliv na občanskou vybavenost	Porovnávací	ne
Vliv na ekonomiku obcí	Porovnávací	ne

4.8 Vybraná kritéria pro účely hodnocení lokalit

Na základě jednotlivých analýz daného kritéria při výběru vhodné lokality pro výstavbu hlubinného úložiště bude stanoveno několik základních parametrů k posouzení a porovnání lokalit. Prvním základním předpokladem je stabilní horninový masiv. Hlubinné úložiště musí být schopno odolávat těmto vlivům tak, aby byla zachována bezpečnost. Proto se musí předem vyhodnotit všechna rizika a možnost realizace ochranných opatření. Lokalita musí splňovat takové podmínky, které při vzniku mimořádné události umožní snadný dojezd a rychlý zásah složek IZS. Musí být zajištěna včasná informovanost obyvatelstva a pracovníků pro případnou evakuaci.

Pro účely hodnocení lokalit byla zvolena následující kritéria:

- geologické poměry;
- hydrogeologické poměry;
- vliv na životní prostředí;
- vliv na změnu krajinného rázu;
- vliv na obyvatelstvo a názor veřejnosti;
- mimořádná událost a IZS;
- napojení na infrastrukturu;
- náklady.

4.8.1 Geologické poměry

V rámci geologického průzkumu bylo zmapováno sedm vybraných lokalit a jejich geologické poměry. Výsledkem komplexní analýzy naměřených dat bylo vymezení vhodných oblastí, jejich horninového profilu a identifikace tektonických projevů dané oblasti. Geologické podmínky mají zásadní vliv na provedení podzemních a povrchových staveb a přináší informace o horninovém prostředí a tektonické činnosti pro hodnocení dlouhodobé bezpečnosti úložiště.

4.8.2 Hydrogeologické poměry

Hodnocení se zaměří zejména na výskyt a případné narušení ochranných pásem vodních zdrojů a hydrogeologických poměrů, mající přímý dopad na bezpečnost úložiště na lokalitě.

4.8.3 Vliv na životní prostředí

Mezi hlavní kritéria patří dopad na životní prostředí jak po dobu samotné výstavby, tak i v rámci provozu hlubinného úložiště. Cílem navržení stavby by pak měla být snaha co nejvíce eliminovat možná rizika a jejich negativní dopady.

4.8.4 Vliv na změnu krajinného rázu

Toto kritérium zhodnotí dopady na změnu krajinného rázu a na kvalitu obytného a rekreačního prostředí vlivem výstavby nadzemního areálu a infrastruktury. Umístění a výstavba povrchového areálu mohou mít také vliv na zemědělsky obhospodařované plochy.

4.8.5 Vliv na obyvatelstvo a názor veřejnosti

Vliv na obyvatelstvo úzce souvisí s hustotou osídlení dané lokality. Pozornost je zaměřena na sociální skladbu obyvatelstva a demografické riziko a jejich možné dopady do kvality života na lokalitě.

4.8.6 Mimořádná událost a IZS

V rámci analýzy jednotlivých lokalit je jedním z hodnotících kritérií možnost dojezdu složek IZS v případě mimořádné události.

4.8.7 Napojení na infrastrukturu

Napojení na silniční a železniční síť je jedno z hodnotících kritérií v této oblasti. Druhým hodnotícím kritériem je vzdálenost hlubinného úložiště od jedné z našich jaderných elektráren z hlediska převozu radioaktivního odpadu.

4.8.8 Náklady na povrchový areál

V neposlední řadě je pro samotné hodnocení důležitá výše nákladů. Pro potřeby komparace vytipovaných lokalit se uvažují náklady na povrchový areál a jeho podíl vůči celkovým nákladům. Celkové náklady na výstavbu a provoz hlubinného úložiště jsou stanoveny v referenčním projektu z roku 2011 na částce cca 92 – 105 miliard Kč. Část těchto nákladů bude využita při hledání vhodných lokalit a průzkumu horninového prostředí. Peníze se postupně ukládají na zvláštním účtu zřízeném u České národní banky a spravovaném Ministerstvem

financí. Na tento účet každý rok přispívá ČEZ, a.s. a další původci radioaktivních odpadů. Na konci roku 2015 bylo na účtu uloženo přibližně 24,4 miliard korun. [37]

4.9 Shrnutí vybraných kritérií

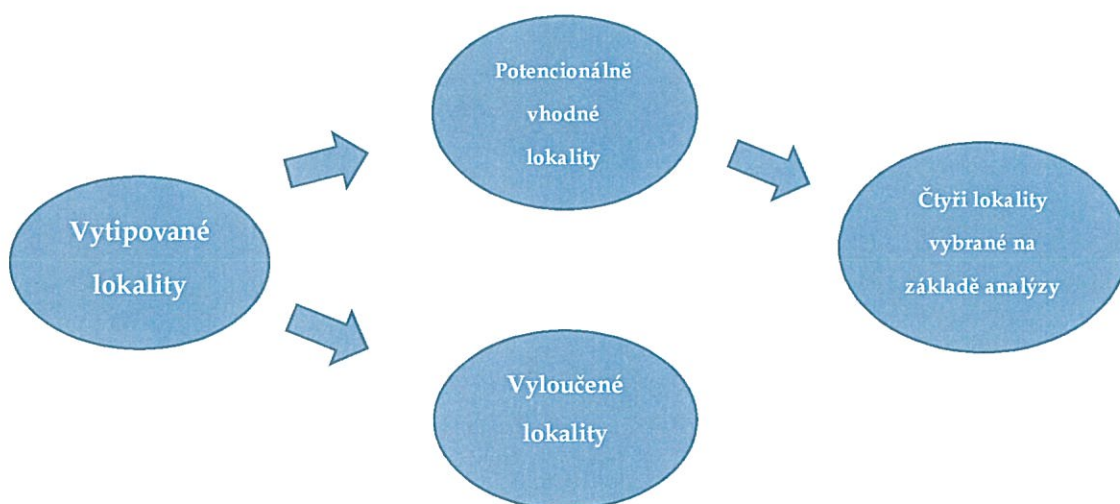
Tabulka 14 Vybraná hodnotící kritéria [zdroj: vlastní]

Vybraná kritéria	Typ kritéria
Geologické poměry	Vylučující
Hydrogeologické poměry	Vylučující
Vliv na životní prostředí	Vylučující
Vliv na změnu krajinného rázu	Vylučující
Vliv na obyvatelstvo a přijatelnost veřejností	Porovnávací
Mimořádná událost, IZS	Porovnávací
Vliv na napojení na infrastrukturu a vzdálenost od JE	Porovnávací
Náklady	Porovnávací

4.10 Metodika komparace vybraných kritérií

Na základě vybraných kritérií a jejich analýzy budou lokality vzájemně porovnány. Výsledkem bude doporučení pro výběr dvou hlavních a dvou záložních lokalit pro výstavbu hlubinného úložiště, respektive výběr čtyř lokalit

potencionálně vhodných pro další fázi hodnocení. SÚRAO by měla na začátku roku 2019 stanovit a potvrdit výběr svých doporučených lokalit pro další hodnocení, které bude zaměřeno na získání znalostí z hloubky úložiště a širší okolí lokality. Cílem bude stanovení dvou kandidátních lokalit pro následné určení finální a záložní lokality.



Obrázek 4 Metodika procesu výběru zúžení vytipovaných lokalit [zdroj: vlastní]

4.11 Lokality a jejich hodnocení

Mezi vytipované lokality hodnocené v diplomové práci patří sedm území, která byla na základě povrchových průzkumů vybrána jako vhodná pro výstavbu hlubinného úložiště. Cílem metodiky je zúžit výběr vytipovaných lokalit na čtyři. V další fázi bude u těchto čtyř lokalit proveden geologický průzkum, včetně hlubokých vrtů, s cílem do roku 2024 vytipovat dvě finální lokality pro výstavbu hlubinného úložiště, jednu hlavní a druhou záložní.

Horninový masiv všech sedmi lokalit je složen z granitoidních hornin a předpokládá se, že stálost horninového prostředí je identická i větších hloubkách. Vytipované lokality jsou seismicky neaktivní a mají nekomplikovanou litologickou povahu. Důležitým hodnotícím předpokladem pro potencionální území pro

umístění hlubinného úložiště je právě nízká tektonická činnost a minimální zvodnění v hloubce uvažovaného úložiště. Na všech sedmi lokalitách byly vytipovány 1 – 2 zúžené prostory vhodné pro případnou výstavbu hlubinného úložiště. Do budoucna se provedou geologicko – průzkumné práce v hloubce horninového masivu. Informace a hodnocení jednotlivých lokalit bylo posouzeno na základě zpráv projektu GeoBariéra. [10] V rámci hodnocení vytipovaných lokalit se diplomová práce zaměří na zájmové území povrchového areálu. Mezi sedm vytipovaných lokalit hodnocených v rámci použité metodiky patří:

- Březový potok;
- Čertovka;
- Čihadlo;
- Horka;
- Hrádek;
- Kraví hora;
- Magdaléna.



Obrázek 5 Vytipované lokality [37]

4.11.1 Březový potok, dříve Pačejov Nádraží

Lokalita Březový potok s rozlohou 42,2 km² se nachází v Plzeňském kraji ve středočeském plutonu v granitoidech, kde je potvrzen středně vysoký počet horninových žil a téměř žádný výskyt xenolitů. Lokalita se dotýká obcí Chanovice, Kvášňovice, Maňovice, Olšany, Pačejov a Velký Bor. Na základě prvotních průzkumů bylo objeveno malé ložisko radioaktivních materiálů. V této lokalitě se nevyskytují významné zlomy. Tektonická členitost je střední. [20, str. 3]

V části této lokality se nachází:

- „lesní porosty;
- *regionální biocentrum ÚSES – Kočinský rybník;*
- *území s vymezenými regionálními biokoridory;*
- *dobývací prostory Defurovy Lažany a Defurovy Lažany I.“ [45]*

Tato lokalita se nachází jižně od obce Maňovice, na hřbetu mezi dvěma údolími. V okolí lokality protéká Březový potok. [45]

Na dopravní infrastrukturu by měl být areál napojen prostřednictvím silnice č. II/188, která bude vyžadovat přestavbu dílčích úseků. Přímé napojení bude navrženo pomocí účelových komunikací v délce 2,5 km nebo 3,1 km. V případě delší varianty je výhodou minimalizace zásahů v krajině z důvodu možného svedení dopravy do jednoho koridoru. Napojení na železniční síť vyžaduje technické řešení přechodu trasy přes tranzitní plynovod. Zásobování energiemi je technicky proveditelné. [45]

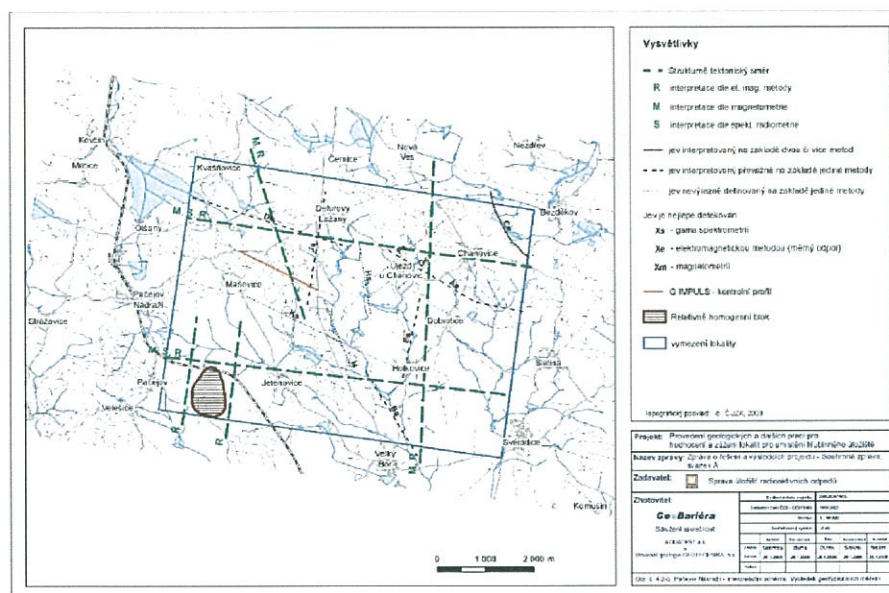
Záchyt odpadních vod je navržen prostřednictvím samostatných areálových sítí, včetně čistírny odpadních vod. Vyčištěné vody, mimo vody kontaminované radioaktivními látkami, budou vypuštěny do recipientu, který by v této lokalitě tvořil Březový potok. Podmínkou pro vypouštění již vyčištěných vod je výstavba

nového otevřeného koryta. V případě dešťových vod bude nezbytné vybudovat retenční zadrž, která zajistí rovnoměrný průtok v recipientu vzhledem k jeho malé vodnosti. [45]

Hustota obyvatel je v této lokalitě nízká. Vzhledem k tomu, že se v lokalitě nenachází větší sídla má v tomto směru příznivé ukazatele. V době výstavby hrozí obyvatelům obce Maňovice riziko snížení trvalé obytné funkce, dokonce i její úplné ztráty. V obci Maňovice žije malý počet obyvatel, a proto negativní dopady nesou vysoké riziko sociálně dezintegračních vlivů u zbytkové populace. V první fázi se předpokládá, že psychologické dopady budou velmi silné. Výstavba hlubinného ložiska může přinést kladné ekonomické důsledky vzhledem k tomu, že přispěje ke snížení nezaměstnanosti. Oproti tomu se tato lokalita bude potýkat s přílivem méně kvalifikovaných pracovních sil s nižší sociálním statusem. Atraktivita této lokality pro bydlení a rekreaci se sníží a bude klesat tržní cena nemovitostí. [45]

Existuje riziko negativních vlivů na životní prostředí, především na ovzduší. V lokalitě Březový potok jsou zhoršené podmínky pro rozptyl škodlivých látek. Zvýšené riziko je i v případě negativních dopadů na krajinný ráz a narušení lesního porostu z důvodu výstavby silniční infrastruktury. Samotná výstavba povrchového areálu by neměla být větší vliv na přírodu a krajinu. [45]

Náklady na realizaci povrchového areálu jsou 12,3 %. Při porovnání s celkovými náklady je to 4,5 % z celkových nákladů. [45]



Obrázek 6 Lokalita Březový potok [52]

4.11.2 Čertovka, dříve Blatno

Lokalita Čertovka o rozloze 44,5 km² se nachází v Plzeňském kraji a je uložena v malém tiském granitovém masivu, který je ze třech stran ohraničen významnými tektonickými zlomy a je doprovázen morfologicky významnými svahy. Mezi dotčené obce patří Blatno, Lubenec, Tis u Blatna a Žihle. Horninové prostředí je téměř bez výskytu horninových žil a xenolitů. Mimo okrajové části je tektonická členitost střední bez jakýchkoliv zlomů a zón. Díky výše uvedeným poměrům je tato lokalita geologicky náročnější. V případě dalších průzkumů je potřeba využít složitější a technicky náročné metody průzkumu. [20, str. 3]

V části této lokality se nachází:

- „lesní porosty na části lokality;
- přírodní park Horní Střela;
- nadregionální biocentrum ÚSES – Střela – Rabštejn;
- regionální centrum ÚSES - Jelení skok;

- *nadregionální biokoridor ÚSES (včetně ochranné zóny);*
- *přírodní rezervace Blatenský svah a přírodní památka U báby – U lomu;*
- *navržená rychlostní komunikace R6 a její ochranné pásmo;*
- *významné rekreační lokality;*
- *území pro vymezení regionálních biokoridorů ÚSES.“ [46]*

Případná výstavba povrchového areálu bude vyžadovat přeložku elektrického vedení v délce 1100 metrů a vodoteče v délce 550 metrů nebo 800 metrů. Napojení na dopravní infrastrukturu bude možné za předpokladu existence nové trasy rychlostní čtyřproudové silnice R6 v místě stávající I/6 a udělení výjimky ze současných technických předpisů z důvodu menší odstupové vzdálenosti od mimoúrovňové křižovatky Lubenec – sever. Z této křižovatky bude další napojení na pozemní komunikace řešeno přeložkou stávající silnice č. II/226 nebo přestavba a rozšíření stávající komunikace č. III/264. Napojení na železniční síť bude realizováno rekonstrukcí a přestavbou stávající tratě. Zásobování teplem a vodou je technicky realizovatelné napojením ze stávajících zdrojů. [46]

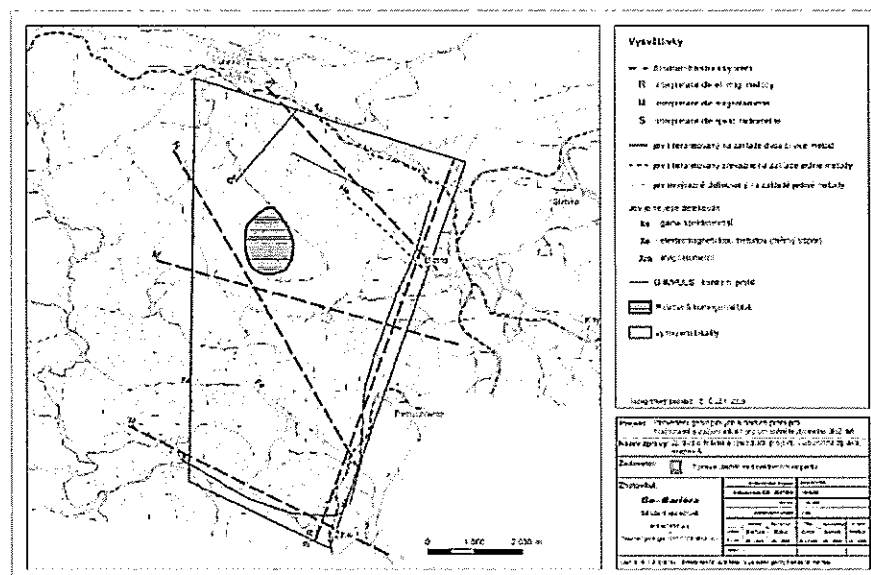
Záchyt odpadních vod je navržen prostřednictvím samostatných areálových sítí včetně čistírny odpadních vod. V případě dešťových vod bude nezbytné vybudovat retenční zádrž. Podmínky pro vypouštění již vyčištěných vod stanoví nutnost rekonstrukce stávajícího koryta nebo vybudování nového. [46]

Hustota obyvatel je oproti ostatním lokalitám výrazně nižší. Potencionálním rizikem je psychologická degradace obytného a rekreačního území jižně od lokality, kde se výrazně sníží tržní hodnota nemovitostí a sociální skladba obyvatelstva z důvodu přílivu méně kvalifikovaných pracovníků. [46]

Výstavba povrchového areálu nebude mít žádný významnější dopad na životní prostředí ani zdravotní rizika. Vliv na krajinný ráz a přírodu při dodržení příslušné legislativy bude minimální, jelikož umístění povrchového areálu bylo stanoveno

mimo původně zamýšlený polygon. Možným negativním faktorem, z hlediska ochrany přírody a krajiny, může být vysoké zalesnění a zvýšené krajinné hodnoty. V rámci další etapy je potřeba se věnovat dopadům na ovzduší vzhledem ke sníženému potencialu dané lokality pro rozptyl škodlivin v ovzduší. Do budoucna se toto téma bude řešit rozptylovou studií. [46]

Náklady na realizaci povrchového areálu se pohybují od 14 % do 15 %. Při porovnání s celkovými náklady je podíl této varianty od 5 % do 6 %. [46]



Obrázek 7 Lokalita Čertovka [52]

4.11.3 Čihadlo, dříve Lodhěřov

Tato lokalita s rozlohou 45,8 km² se nachází v Jihočeském kraji, 5 km od Jindřichova Hradce a dotýká se obcí Deštná, Pluhův Žďár, Lodhěřov a Světce. Lokalita Čihadlo je situována v klenovském granitovém masivu a na základě předchozích průzkumů je tato lokalita tvořena velmi malým výskytem horninových žil. Oproti tomu bylo zjištěno, že výskyt xenolitů je zde častější. Středem lokality také prochází významný zlom, okolo kterého je tektonická členitost střední bez dalších významných zlomů. [20, str. 3]

V části této lokality se nachází:

- „lesní porosty;
- regionální biocentrum ÚSES – Deštná hora;
- ochranná pásma vodních zdrojů;
- ochranné pásmo tranzitního plynovodu;
- dobývací prostor Deštná;
- území pro vymezení regionálních biokoridorů ÚSES.“ [47]

Napojení lokality na infrastrukturu je navrženo ze stávající silnice č. II/128. Podmínkou je její kompletní rekonstrukce v úseku Lodhěřov – Jindřichův Hradec. Pro přístup k areálu bude případně sloužit účelová komunikace. V rámci dopravních staveb je zapotřebí věnovat pozornost při křížení s Radouňským a Lodhěřovským potokem. Napojení na celostátní železniční trať, technickou infrastrukturu (energie, voda, teplo) je technicky možné.

Záchyt odpadních vod je navržen prostřednictvím samostatných areálových sítí včetně čistírny odpadních vod. V případě dešťových vod se bude muset zřídit retenční zdrž. Vzhledem k malé vodnosti Radouňského respektive Lodhěřovského potoka je potřeba vytvořit nové otevřené koryto, které povede od areálu hlubinného úložiště k místu zaústění. [47]

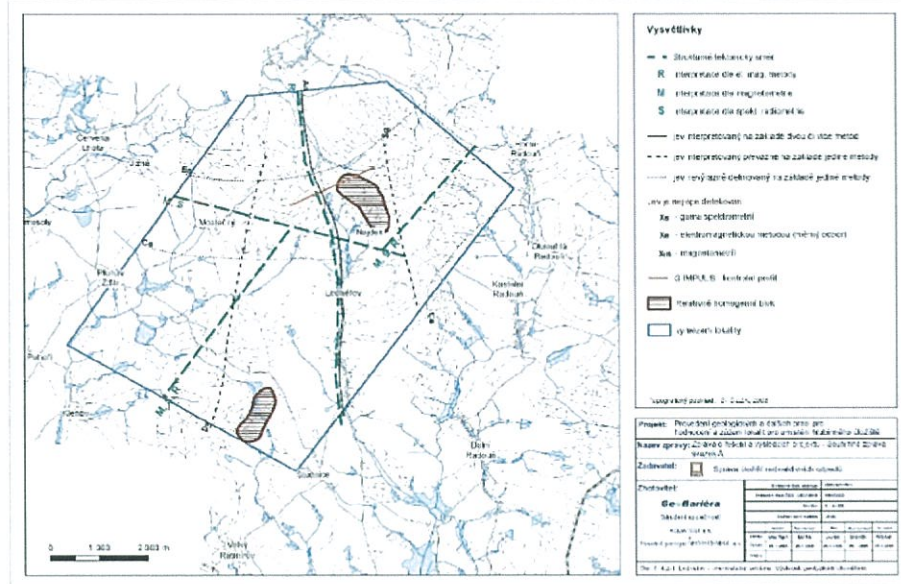
Hustota osídlení je důležitým hodnotícím kritériem při rozhodování o umístění hlubinného úložiště. Lokalita Čihadlo má v rámci všech potencionálních lokalit průměrné ukazatele. Do 20 km od případného umístění areálu jsou hodnoty příznivé vzhledem k převaze malých sídel. [47]

Umístění povrchového areálu může být spojeno s významnějšími vlivy na živé části přírody a zemědělsky obhospodařované plochy. Zejména se jedná o ovlivnění krajinného rázu v okolí Radouňského potoka a také v souvislosti s výstavbou dopravní a technické infrastruktury (pozemní účelová komunikace, vedení). V této

lokalitě je pravděpodobnost negativního ovlivnění ovzduší v době výstavby. Výstavba hlubinného úložiště může mít vliv i na hydrogeologické poměry. Mohou být ohroženy vodní zdroje a případné ztráty by se musely řešit náhradní formou zásobování např. výstavbou nových zdrojů. [47]

Tato lokalita má velký rekreační potenciál a případná výstavba povrchového areálu může negativně ovlivnit kvalitu obytného a rekreačního prostředí. V této lokalitě jsou kvalitní podmínky pro bydlení, které mohou být případnou výstavbou ohroženy. Existuje zde velké riziko psychologické degradace a snížení tržní hodnoty nemovitostí. Sociální skladbu může negativně ovlivnit příliv méně kvalifikovaných pracovních sil s problematickým chováním. [47]

Náklady na realizaci povrchového areálu se pohybují od 14,94 % do 21,57 %. Při porovnání s celkovými náklady je podíl této varianty od 5,50 % do 7,95 %. [47]



Obrázek 8 Lokalita Čihadlo [52]

4.11.4 Horka, dříve Budišov

Tato lokalita s rozlohou 43,9 km² se nachází v kraji Vysočina, 8 km od Valašského Meziříčí v třebíčském durbachitovém masivu bez výskytu zvláštních významných zlomů a zón. Mezi dotčené obce patří Budišov, Hodov, Nárameč, Oslavice, Oslavička, Osové, Rohy, Rudíkov a Vlčatín. Tektonická členitost je střední s minimálními horninovými žilami a xenolity. Je zde naměřena zvýšená radioaktivita celého prostředí. [20, str. 3]

V části této lokality se nachází:

- „přírodní park Třebíčsko;
- lesní porosty na části lokality;
- regionální biocentrum ÚSES – Vlčatínský vrch;
- území pro vymezení regionálních biokoridorů ÚSES.“ [48]

V blízkosti této lokality se nachází vojenské letiště Náměšť nad Oslavou. V případě další etapy bude nutné ověřit podmínky vyhlášky SÚJB Č. 215/1997 Sb., §5 odstavce q) - možnost pádu letadla s účinky převyšujícími odolnost stavby se zařízením nebo pracovištěm. V případě výstavby by se vyžadovala přeložka vodovodního řádu v délce 860 metrů a elektrického vedení v délce 1400 metrů. V rámci rozlohy povrchového areálu bude pravděpodobně nutný zásah do železniční tratě. Zájmové území povrchového areálu bude napojeno na silnici č. II/390 a předpokladem je také vybudování nových účelových komunikací. Vzhledem ke křížení s ochrannými pásmy elektrického vedení je možné uvažovat o realizaci obchvatu. Napojení na technickou infrastrukturu (energie, voda, teplo) je technicky možné napojením na již existující inženýrské sítě. [48]

Zásobování vodou bude realizováno napojením ze skupinového vodovodu ze stávajícího vodojemu Budišov. Záchyt odpadních vod je navržen prostřednictvím samostatných areálových sítí včetně čistírny odpadních vod. Jako i v ostatních

4.11.5 Hrádek, dříve Rohozná

Tato lokalita s rozlohou 43,7 km² se nachází v kraji Vysočina, 6 km od Jihlavy, v centrálním moldanubickém plutonu v granitech různého stáří. Mezi dotčené obce patří Cejle, Dolní Cerekev, Hojkov, Milíčov, Nový Rychnov a Rohozná. V oblasti bylo nalezeno množství xenolitů a minimální výskyt horninových žil. V jižní části, konkrétně v údolí říčky, bylo identifikováno významné tektonické pásmo a dva kolmé a dlouhé zlomy. V dalších částech dané lokality je tektonická členitost střední bez významných zlomů. V případě dalších průzkumu bude jejich technická realizace oproti ostatním lokalitám náročnější. [20, str. 3]

V části této lokality se nachází:

- „přírodní park Čeřínek;
- lesní porosty na převážné části lokality (až 70 %) se zastoupením lesů zvláštního určení;
- regionální biocentra ÚSES Přední skála (č. 663) a Čertův hrádek (č. 664);
- větší počet maloplošných zvláště chráněných území přírody;
- dobývací prostor Boršov;
- ochranná pásma vodních zdrojů (včetně vodárenské nádrže Hubenov);
- území pro vymezení regionálního biokoridoru ÚSES (č. 508);
- významný rekreační potenciál lokality.“ [49]

Povrchový areál je situován mezi Rohoznou a Dolní Cerekví. Vzhledem k reliéfu krajiny se zvažuje jeho umístění v podzemí. Propojení s hlubinnou částí bude navrženo pomocí úpadnice. [49]

Dopravní infrastrukturu tvoří silnice č. II/639, která se bude muset přestavět a rozšířit. Areál bude spojen novou účelovou komunikací se silnicí č. III/1335 a bude napojen na celostátní železniční trať. Vzhledem k tomu, že dojde ke křížení

se stávajícím produktovodem společnosti Čepro a.s. je nutné navrhnou vhodné technické řešení. Příjezdová trasa je vedena mimo zastavěná území. [49]

Zásobování teplem a vodou jsou technicky realizovatelné napojením ze stávajících zdrojů. Záchyt odpadních vod je navržen prostřednictvím samostatných areálových sítí včetně čistírny odpadních vod. Vyčištěné vody, vyjma kontaminovaných, budou uvolňovány do recipientu - toku Rohozná. V případě dešťových vod bude nezbytné vybudovat retenční zadrž. V této lokalitě je možná pravděpodobnost smíchání vyčištěných odpadních vod s důlními vodami. [49]

Hustota osídlení je nejvyšší ze všech vytipovaných lokalit a to z důvodu výskytu větších měst jako je Jihlava, Třešť. Obec Rohozná má ze všech vytipovaných lokalit relativně mladé obyvatelstvo a vysoké zastoupení dětské složky. Tím je ale vytvořeno demografické riziko, jehož dopady budou zesilovat, a to zejména z důvodu, že jsou obyvatelé vázání na práci v zemědělství. V obci Dolní Cerekve je potencionálně mnoho obyvatel, kteří by se mohli uplatnit jako pracovní síla při výstavbě úložiště. Mnoho z nich momentálně dojíždí daleko za prací a z tohoto směru je zde myšlenka zbudování hlubinného úložiště nejvíce akceptovatelná. V prostoru masivu Čerřínek, potencionálně významného rekreačního prostředí, je velké riziko psychologické degradace. V případě obce Rohozná se jedná o snížení tržní hodnoty nemovitostí. [49]

Po dobu výstavby existuje riziko, které může mít zásadní vliv na životní prostředí. Jedná se zejména o negativní dopad na ovzduší a kvalitu obytného a rekreačního prostředí, který je snížen v důsledku toho, že hlavní komunikace je vedena mimo osídlená území. Samotné umístění povrchového areálu nemá významnější dopad na přírodu a krajiny. V případě umístění povrchového areálu pod povrch terénu je riziko narušení krajinného rázu minimální. Případné ekonomické dopady budou vykompenzovány díky existenci velkých měst. [49]

- CHLÚ Rožná;
- podzemní výzkumné pracoviště Bukov. [20, 51]

Na tomto území se nachází podzemní sklad vyhořelého jaderného paliva Skalka. Umístění hlubinného úložiště by v této lokalitě bylo technicky možné. Areál hlubinného úložiště by mohl spojovacími tunely navazovat na již existující sklad. [51]

Dopravní infrastruktura bude řešena využitím stávající silnice I. třídy číslo 399 a II. třídy č. 385. Napojení areálu na pozemní komunikace bude navrženo prostřednictvím samostatné účelové komunikace. Napojení na železniční síť je technicky proveditelné. [51]

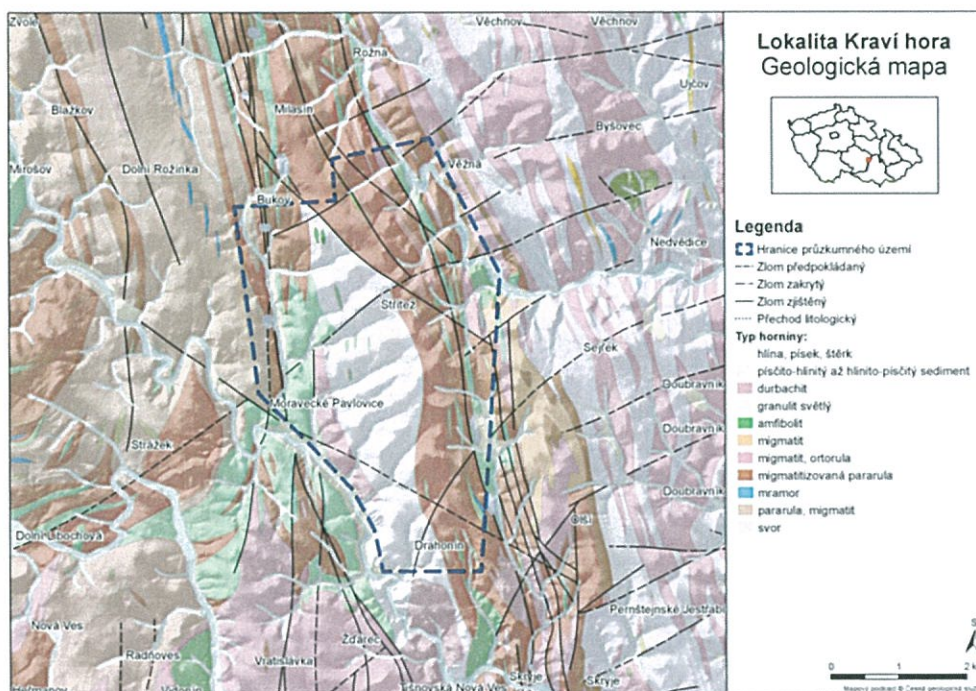
Lokalitou protékají potoky Bukovský, Střítěžský, Janovický a Věžná. Podzemní vody vykazují na základě provedených průzkumných vrtů konstantní teplotu.

Samotné umístění povrchového areálu nemá významnější dopad na přírodu a krajinu. V případě umístění povrchového areálu pod povrch terénu je riziko narušení krajinného rázu minimální. V této lokalitě se nenachází žádná chráněná krajinná památková zóna, která by byla výstavbou hlubinného úložiště narušena. [51]

V některých dotčených obcích probíhaly ankety a referenda o souhlasu s umístěním hlubinného úložiště. Ze šesti obcí se pro jeho umístění vyjádřily čtyři. Většina obyvatel vyjádřila souhlas pro navazující geologický průzkum v této lokalitě. Tento kladný výsledek byl pravděpodobně ovlivněn finanční kompenzací za provedení průzkumných prací ze strany SÚRAO. Nutno podotknout, že všechny dotčené obce dostávaly po dobu povrchových průzkumů finanční dotace. [51]

Náklady na geologické průzkumy budou oproti ostatním lokalitám nižší, vzhledem k dostatečně prozkoumanému území. V lokalitě se nachází podzemní výzkumné pracoviště Bukov, které bude blíže zkoumat vhodnost horninového prostředí pro samotnou výstavbu hlubinného úložiště.

Tato lokalita byla do vytipovaných lokalit přidána jako poslední a vykazuje nejlepší ukazatele.



Obrázek 11 Lokalita Kraví hora [51]

4.11.7 Magdaléna, dříve Božejovice – Vlksice

Lokalita Magdaléna s rozlohou 43,2 km² se nachází v Jihočeském kraji, 4 km od Milevska a leží ve středočeském plutonu v granitoidech, kde se prvotním průzkumem potvrdilo velké množství horninových žil a minimální výskyt xenolitů. V této lokalitě se nevyskytují žádné významné zlomy, tektonická členitost je střední. Byla potvrzena zvýšená radioaktivita prostředí. Mezi dotčené obce patří Jistebnice, Božetice a Nadějkov. [20, str. 3]

V části této lokality se nachází:

- „přírodní park Jistebnická vrchovina (včetně návrhu na rozšíření);
- lesní porosty na části lokality;
- území pro vymezení regionálního biokoridoru ÚSES.“ [50]

Zájmové území povrchového areálu je vymezeno mezi Božejovicemi a údolím potoka Olší. Propojení s podzemní částí úložiště bude pravděpodobně úpadnicí. Vzhledem k tomu, že se v této lokalitě nachází vytěžená ložiska cihlářských surovin Drahnětice, je potřeba prověřit možné využití této části území. Pro realizaci další etapy je nutné zrušit chráněné ložiskové území Drahtěnice. [50]

Dopravní infrastruktura bude řešena využitím stávající silnice č. II/122, podmíněně přeložkou s obchvatem Božejovic nebo v kombinaci se silnicí č. III/1225. Pro napojení areálu na uvedené pozemní komunikace budou navrženy samostatné účelové komunikace. Křížení se železniční tratí bude řešeno mimoúrovňově. Zásobování energiemi je technicky řešitelné formou přípojek na stávající inženýrské síť. [50]

Záchyt odpadních vod je navržen prostřednictvím samostatných areálových sítí včetně čistírny odpadních vod. V případě dešťových vod bude nezbytné vybudovat retenční zadrž, odkud bude vypouštění řízeno, aby byl zajištěn rovnoměrný průtok. Odvod vod z areálu je navržen novým korytem vedoucím k potoku Olší, který bude sloužit jako recipient dešťových vod z povrchového areálu. Možnost tohoto provedení bude potřeba ověřit hydrologickou studií celého úseku toku. [50]

Vzhledem ke třem velkým městům v okolí má tato lokalita středně příznivé až nepříznivé ukazatele v rámci hustoty osídlení. Negativní dopady na skladbu obyvatelstva jsou identifikována jako střední. V okolí lokality se nachází velká

5 VÝSLEDKY

Realizace hlubinného úložiště je vzhledem ke geologickým poměrům možná v šesti lokalitách. Výjimku tvoří lokalita Hrádek, která svými geologickými vlastnostmi nesplnila stanovená kritéria. V další fázi procesu výběru vhodné lokality pro hlubinné úložiště je potřeba provést podrobné průzkumy v hlubších částech masivu. Souhrnná tabulka uvádí vybraná hodnotící kritéria, která vyplynula z použité metodiky a jejich komparaci.

Každé kritérium má stupnici:

1 – vyhovující
2 – přijatelné
3 – nevhovující.

K samotnému hodnocení jednotlivých lokalit byla použita jednoduchá analýza aplikace hlavních kritérií s číselným vyjádřením vhodnosti dle výše uvedené stupnice. Lokality, které budou mít v součtu nejmenší číslo, budou doporučeny pro další etapu hodnocení lokalit pro výstavbu hlubinného úložiště v ČR. Nebyla přitom uplatněna váha jednotlivých kritérií z důvodů neexistence velkého množství dat a informací k hodnocení lokalit dle jednotlivých dílčích kritérií.

Tabulka 15 Analýza výběru vhodné lokality pro výstavbu hlubinného úložiště [zdroj: vlastní]

Lokalita	Geologické podmínky	Hydrogeologické poměry	Vliv na životní prostředí	Vliv na krajinný ráz	Věřejnost	Mimořádná událost a IZS	Infrastruktura a vzdálenost od JE	Náklady	Výsledek
Březový potok	2	2	2	2	3	2	2	2	17
Čertovka	2	2	2	1	2	2	2	2	15 záložní
Čihadlo	2	3	3	3	3	1	2	3	20
Horka	2	1	1	2	2	1	1	2	11 hlavní
Hrádek	3	2	2	2	3	1	2	3	17
Kraví Hora	1	1	1	1	1	2	1	1	8 hlavní
Magdaléna	2	2	2	2	2	1	2	3	16 záložní

Na základě vybraných kritérií byla jednotlivá zájmová území podrobně popsána a zhodnocena. Na základě provedené analýzy byly potencionální lokality vzájemně porovnány a výsledkem je návrh čtyř lokalit, které by měly být vybrány do další fáze hodnocení. Mezi tyto lokality byly vybrány (uspořádání vzestupně):

- Kraví Hora;
- Horka;
- Čertovka;
- Magdaléna.

V další kapitole budou zhodnoceny a shrnuty výsledky použité metodiky.

6 DISKUZE

6.1 Úvod

Život v jednotlivých částech světa je i přes značnou globalizaci a vzájemné ovlivňování kultur stále velmi odlišný. Pokud bychom chtěli stanovit přesná kritéria pro výstavbu a provoz hlubinného úložiště, která by minimalizovala bezpečnostní rizika, museli bychom mít praktické zkušenosti s výstavbou na našem území v konkrétních geologických podmínkách. Faktory, které stanoví míru hodnocení přijatelnosti konkrétního úložiště, záleží, vyjma charakteristiky obývaného území, také na dalších podmínkách, jakými jsou například život v blízkosti hlubinného úložiště, život v relativně bezpečném území. Důležitou složkou je člověk samotný, který má v tomto procesu nezastupitelnou pozici, a proto musíme v procesu hodnocení vytipovaných lokalit pro výstavbu hlubinného úložiště hodnotit jeho schopnost sociální orientace, zázemí, fyzickou i psychickou odolnost a schopnost individuálně odhalit ta bezpečnostní rizika, která může v danou chvíli ovlivnit (vyhýbání se nebezpečným místům, znalost tísňových linek, orientace v první pomoci). Přestože je možné minimalizovat rizika plynoucí z nakládání s radioaktivním odpadem, je potřeba tak činit s vědomím, že přehnaná opatření naopak snižují kvalitu lidského života namísto původního účelu. Současná společnost se snaží tato bezpečnostní rizika minimalizovat, avšak jejich úplná eliminace by způsobila značné škody celé společnosti. Například minimalizace rizik v jaderném průmyslu lze dosáhnout úplným zákazem, což by v moderní době přineslo více škody a způsobilo by rizika v jiných oblastech, například ekonomické nebo i v samotné oblasti bezpečnosti. Minimalizací tedy není úplný zákaz samotné výroby energie v jaderných elektrárnách, ale nastavení bezpečnosti provozu jaderných elektráren tak, aby byl co nejvíce bezpečný při jeho zachování. Určitá míra rizika je zde tedy nutná, stejně jako ve všech oblastech lidské činnosti, včetně zavádění nových technologií a stále většího využívání složitých systémů, které vytvářejí rizika buď svou činností, nebo i v případě jejich

náhlé nečinnosti. Každá lidská činnost totiž představuje bezpečnostní riziko, včetně těch nejzákladnějších jakými jsou uspokojování svých potřeb. Minimalizace je tedy značně individuální dle ochoty jednotlivce tato rizika podstupovat, případně se těmto se těmto rizikům bránit.

Pokud toto téma zjednodušíme a vztáhneme na běžný život, při stavbě každého obydlí máme zajištěno, kam budeme dávat odpad. Všichni vědí, že je to potřeba, všichni to chtějí, ale když se určí jedno místo, je společnost lehce nervózní. Obyvatelé vytipovaného území musí jednoznačně vědět, že jim výstavba hlubinného úložiště přinese spoustu nových možností a že jejich bezpečnost bude zajištěna.

V ČR převládá přístup tendenčně vše co je relativně nové a o čem nemáme dostatek informací, posoudit negativně. Dnešní společnost nutí člověka mít vlastní názor, ale v konečném důsledku je názor většinový spíše ten správný. Při diskuzích v jednotlivých lokalitách se zástupci SÚRAO obyvatelé prokázali jednotnou míru jakési kolegiality, kdy neobjektivně podsouvané předsudky vůči hlubinnému úložišti vyústily v globální demonstraci proti jeho výstavbě. Jednotlivé obce nutí své občany na základě nepodložených informací mít negativní postoj vůči všemu a všem. Ten kdo má opačný názor, je komunitou odmítán. Jednotliví statutární zástupci nedokáží svým občanům relevantně vysvětlit výhody a nevýhody výstavby hlubinného úložiště, zatajují informace týkající se finančního plnění, které jsou obcím poskytovány. SÚRAO již od roku 2002 pravidelně jednotlivé lokality navštěvuje, organizuje odborné exkurze a snaží se vzdělávat obce v této oblasti. Bohužel realita je taková, že jakýkoliv pokus o diskuzi je v obcích velmi tvrdým způsobem odmítán.

Pro celkové shrnutí můžeme konstatovat, že obyvatelé nemají vůči státu důvěru a proto se v diskuzích chovají nepřiměřeně a odmítají jakoukoliv diskuzi. Otázkou zůstává, zda by mínění veřejnosti mělo natolik ovlivňovat rozhodnutí o samotné

výstavbě a upřednostňovat tak zájmy, před zájmy zachování bezpečnosti pro další generace. Zda by neměl v této problematice vzniknout zákon, který by účast a názor veřejnosti a zástupců obcí minimalizoval natolik, aby bylo možné provést výstavbu hlubinného úložiště v místě, které bude z hlediska technického a provozního tou nejbezpečnější variantou, s pokusem o minimalizaci dopadů na obyvatelstvo. Příkladem mohou být obyvatelé obce Dukovan. V anketách, které se týkaly samotné výstavby EDU, byly obyvatelé zásadně proti. Dnes, kdy se přínos této elektrárny může objektivně zhodnotit, je většina obyvatel pro výstavbu dalšího bloku.

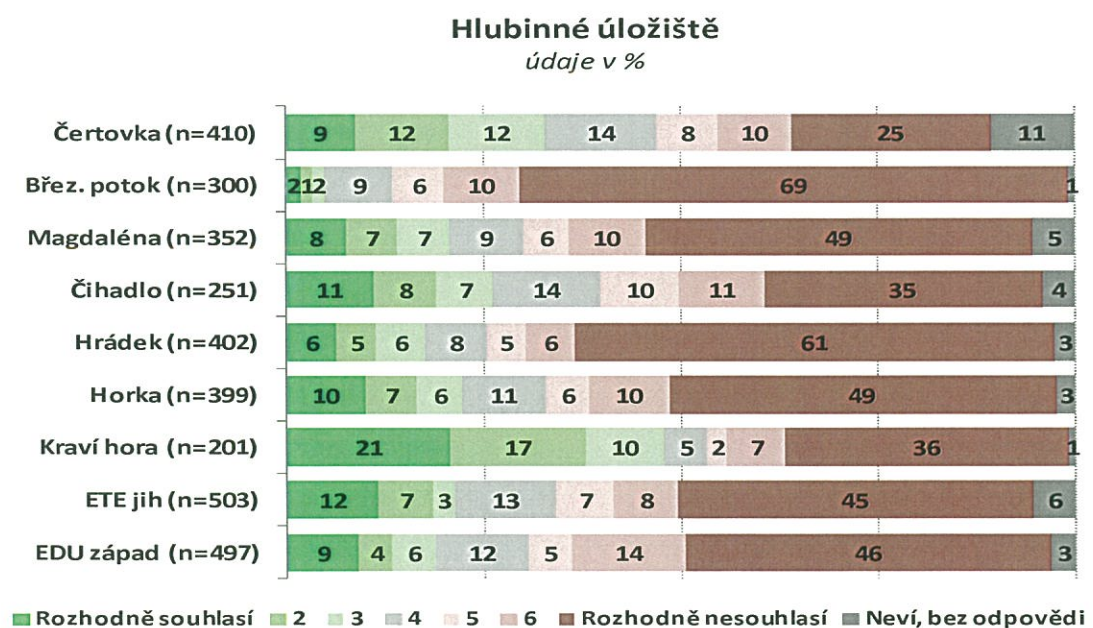
V současné legislativě také chybí zákon, který by na základě předem stanovených kritérií jasně určil nejvhodnější lokalitu pro výstavbu hlubinného úložiště. Tento zákon by umožnil ulehčit práci starostům dotčených lokalit v komunikaci s občany. Lokalita by byla určena zákonem bez diskuze. Starosta dané obce by se tak mohl soustředit pouze na to, jaké benefity či zvýhodnění by výstavba hlubinného úložiště pro obec přinesla. V současné době jsou starostové úzce vázáni na názory obyvatel a tato vazba pak výrazně ovlivňuje jejich chování, především v období před komunálními volbami.

Nebyla tedy potvrzena hypotéza, že dalším důležitým kritériem, po požadavcích na bezpečnost daného území, je kritérium přístupu veřejnosti k záměru výstavby hlubinného úložiště a souhlas dotčených obcí vyjádřený podporou místních obyvatel. V rámci použité metodiky bylo toto kritérium zahrnuto do celkového hodnocení, ale mělo pouze porovnávací charakter. Na základě analýzy jednotlivých lokalit bylo stanoveno, že indikátor přijatelnosti veřejností je spíše strategickým indikátorem, který přímo neovlivňuje samotnou bezpečnost a proveditelnost hlubinného úložiště.

Pokud se tedy jedná o spokojenost a bezpečnost občanů ČR měl by jasnou a přímou odpovědnost nést stát. Dle SEK by měl podíl jaderné energie do

budoucná vzrůst až na 50% celkového podílu při výrobě elektřiny. Předpokládá se, že EDU bude mít platná povolení provozu do roku 2035. Stavební povolení, výběr dodavatele a financování hlubinného úložiště je otázka minimálně dvou dekád. Stavební řízení je odhadováno na 15 až 20 let, samotná výstavba by měla trvat 5 až 6 let. Dnešní společnost je ovlivněna mnoha hnutími a iniciativami, a to jak z naší republiky, tak ze zahraničí, které domněle vytváří strach a obavu z jaderné energetiky. Hovoří pouze o rizicích a o tom, že je potřeba proti jaderné energetice bojovat. Ale neříkají, jak problém řešit a vyřešit. Odborníci na jadernou problematiku doufají, že se do roku 2035 objeví jiný, zázračný druh energie, který budeme moci využívat. Ale bude tomu tak? My, teď a tady jsme zodpovědní za naše děti, za naši generaci, za budoucí generace. Stojíme na prahu rozhodnutí o výstavbě 5. bloku EDU a hlubinného úložiště radioaktivního odpadu.

Zhodnocení míry přijatelnosti hlubinného úložiště bylo provedeno na základě dotazníkového šetření z roku 2018 a vyplynulo z jednání mezi zástupci SÚRAO a obyvateli dotčených obcí, které se uskutečnily v průběhu března a dubna 2018 ve všech sedmi lokalitách. [15, str. 3]



Obrázek 13 Dotazníkové šetření [31]

6.2 Současná situace

Analýza potvrdila, že nejlepším možným a nejbezpečnějším způsobem uložení radioaktivního odpadu je jeho umístění do hlubinného úložiště.

V současnosti vzhledem ke schopnostem a znalostem, technologickým postupům, stavebním možnostem apod. neumíme uložit radioaktivní odpad jiným způsobem než do hlubinného úložiště. Jedná se sice o výstavbu přibližně kolem roku 2065, ale již nyní známe a umíme určit množství vyprodukovaného odpadu, a to i vzhledem k případné dostavbě dalších bloků JĚ. Umíme také nadefinovat jakou velikost a hloubku by takové úložiště mělo mít. Na druhou stranu je diskutabilní, zda má smysl hovořit o použité technologii, protože ta se může během dalších let ještě změnit. Lze ale s jistotou předpokládat, že vývoj technologie maximálně usnadní průzkumné práce a minimalizuje náklady na výstavbu povrchového i podzemního areálu. Metodika práce předpokládala, že se výsledné čtyři lokality budou nacházet v oblasti s větší mírou nezaměstnanosti, umístěné relativně blíže k jadernému zařízení. Na základě analýzy socioekonomických kritérií měla sociální skladba obyvatelstva pouze porovnávací charakter. Kritéria, která přímo vyloučila dané zájmové lokality z hodnocení, měla bezpečnostní charakter závislý na geologických a hydrogeologických poměrech. Byla potvrzena hypotéza, že lokalita pro výstavbu hlubinného úložiště by se měla nacházet blíže k jaderné elektrárně, zejména jinému jadernému zařízení. Jako nejvhodnější lokalita byla analýzou stanovena Kraví hora, která se nachází na území s podzemními štolami a uranovými doly. Díky dřívější geologické činnosti je toto území nejvíce prozkoumáno a je zde pozitivní zkušenost dotčených obyvatel s provozem těchto zařízení, zejména v souvislosti s nárůstem pracovních míst a tím i kvality životní úrovně.

6.3 Základní požadavky na hlubinné úložiště

Geologické podmínky by měly být takové, aby při dodržení technických a bezpečnostních požadavků umožňovaly uložení předpokládaného množství radioaktivních odpadů. Mechanické vlastnosti horninového masivu by měly minimalizovat možnost porušení úložných prostor. Horniny s lepší tepelnou vodivostí a tepelnou difuzivitou byly v závěrečném hodnocení upřednostňovány. Pro projektová i bezpečnostní kritéria byly důležité právě tepelné vlastnosti horninového prostředí, které mají vliv na rychlost poškození inženýrských bariér, proudění podzemní vody či transport radionuklidů. Všechny tyto vlastnosti hornin výrazně ovlivňují prostorové uspořádání úložných prostor a tím i velikost podzemních prostor hlubinného úložiště.

Horninový masiv musí být stabilní s ohledem na umístění úložiště do hloubky minimálně 500 metrů. Výskyt významných poruchových zón mohl danou lokalitu vyloučit z celkového hodnocení. Hlubinné úložiště nemůže být umístěno ve vzdálenosti bližší než je 5 km od seizmicky aktivního zlomu a v lokalitě, kde je prokázán pohyb zemské kůry větší než je 1 mm za rok. Lokality, kde se nachází postvulkanické projevy, byly vyloučeny. Nepříznivé geologické poměry, které mohou být zmírněny s ohledem na technické řešení, nebyly z hodnocení vyloučeny, ale tato skutečnost byla zohledněna při číselném zhodnocení na stupnici daného kritéria.

Při ražení podzemních prostor bylo potřeba zhodnotit mechanické vlastnosti hornin a napjatostní stav, aby se minimalizoval případný vznik deformačních účinků, které by mohly vést k porušení úložných prostor a tím komplikovat samotnou výstavbu. V rámci metodiky bylo stanoveno, že toto kritérium nebude hodnoceno.

Nepříznivé hydrogeologické podmínky by mohly vést k vyloučení dané lokality. Na základě získaných poznatků bylo v rámci analýzy potvrzeno, že

většinu nepříznivých podmínek je zpravidla možné napravit technickým opatřením. V lokalitě by se neměly nacházet významné zdroje vody nebo geotermální energie. Pro hodnocení bylo důležité, aby lokalita měla malou hustotu zvodněných puklin v úložných prostorech s možným únikem radionuklidů do životního prostředí. Obecným požadavkem je hodnota toku vody do úložného vrtu a tunelu. V případě úložného vrtu je to průtok vody 0,1 litrů za minutu a v případě tunelu 0,26 litrů. Toto kritérium nebylo možné využít z hlediska nedostatku dat.

Preferovány byly lokality s lépe zajištěnou a využitelnou infrastrukturou také v souvislosti s mimořádnou událostí a dojezdem složek IZS. Toto hodnocení bylo pouze obecné a sloužilo pro porovnání lokalit z hlediska vzdálenosti od velkých měst. Do budoucna se předpokládá, že dopravní infrastruktura bude při výstavbě hlubinného úložiště změněna. V každé lokalitě musí být zajištěna možnost včasné informovat a zajistit evakuaci obyvatelstva.

V rámci kritéria napojení na infrastrukturu byla zohledněna vzdálenost umístění hlubinného úložiště od jaderných elektráren, a to z důvodu převážení radioaktivních odpadů od dvou největších původců radioaktivních odpadů do místa uložení.

Dnes posuzované lokality byly hodnoceny v souladu se stanovenými ochrannými nebo bezpečnostními pásmy. Na území dané lokality se nesmí nacházet biosférické rezervace UNESCO, národní parky I. a II. zóny, CHKO I. a II. zóny apod. Výskyt přírodního parku nebyl přímo vylučovacím kritériem, protože význam záměru v tomto ohledu převyšuje význam tohoto kritéria. V případě prolínání jaderného zařízení a ochranného pásma byla lokalita z hodnocení automaticky vyloučena.

Náklady byly hodnoceny na základě více faktorů, v současné době zejména v souvislosti s vybudováním povrchového areálu. Výstavba a provoz hlubinného úložiště by měly být po bezpečnostní a technické stránce ekonomicky optimální.

6.4 Vyloučené lokality

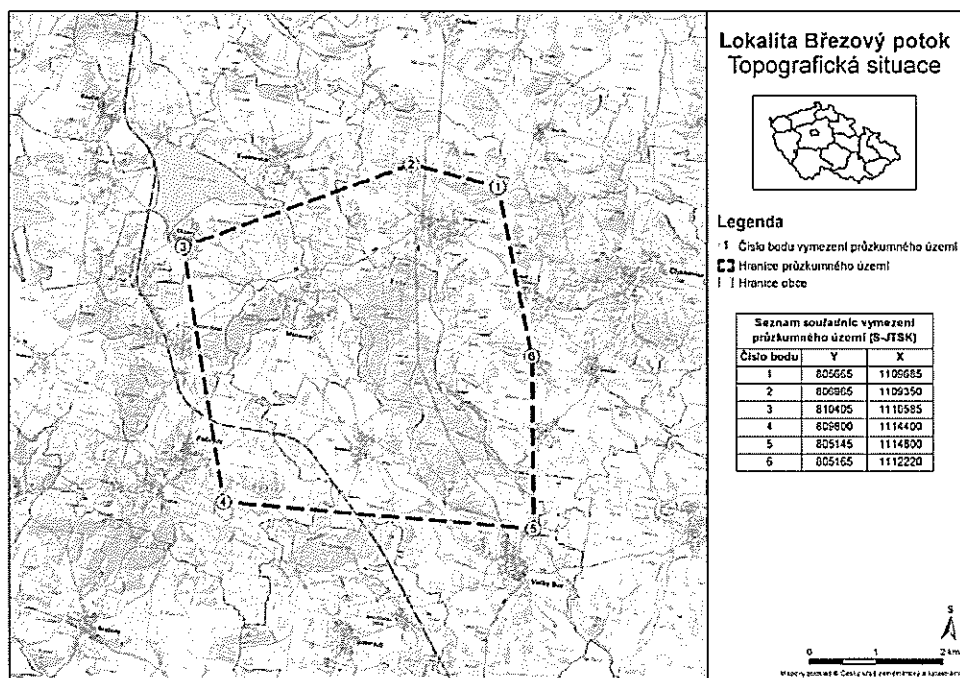
6.4.1 Březový potok

Lokalita Březový potok se nachází v Plzeňském kraji v žulovém masivu, bez významných zlomů. V této lokalitě se nachází ložisko uranových rud, které vhodnost umístění hlubinného úložiště snižuje, stejně tak jako výskyt velkého množství horninových žil. Lokalita vykazuje středně příznivé ukazatele. Existuje zde, stejně jako v lokalitě Čertovka, riziko negativních vlivů na ovzduší z důvodu špatného rozptylu škodlivých látek. Samotná výstavba by neměla mít závažnější dopad na změnu krajinného rázu, ale existuje zde zvýšené riziko z důvodu vysokého zalesnění související s výstavbou silniční infrastruktury. Dalším negativním dopadem je nutná výstavba nového koryta Březového potoka. Oproti lokalitě Čertovka, která byla vybrána jako záložní lokalita, je případná silniční doprava vedena po silnici II. třídy a při přechodu na železniční síť vyžaduje technické řešení přechodu na trasy tranzitního plynovodu.

I přes to, že názor veřejnosti není v rámci navržené metodiky přímo vylučujícím kritériem, je riziko snížení či úplné ztráty obytné funkce obyvatelům obce Maňovice, a s tím související silné psychologické dopady v této oblasti, zohledněno. Hustota obyvatel je v této lokalitě nízká, ale zmíněné negativní dopady nesou vysoké riziko sociálně dezintegračních vlivů u ostatní populace.

Vzdálenost od ETE je 72 km a od EDU 250 km. Vzhledem k tomu, že je v současnosti radioaktivní materiál skladován převážně v EDU, je vzdálenost nepřijatelná.

V případě mimořádné události je dojezd složek IZS z města Písek 46 km a z města Plzeň 70 km.



Obrázek 14 Vyloučená lokalita Březový potok [30]

6.4.2 Hrádek

Lokalita Hrádek se nachází v kraji Vysočina, kde bylo v jižní části identifikováno významné tektonické pásmo a dva kolmé a dlouhé zlomy. Tato charakteristika daného území v rámci použité metodiky vylučuje tuto lokalitu z dalšího hodnocení a to zejména k významnému tektonickému pásmu. V rámci případných dalších průzkumů by byla technická realizace náročnější. Povrchový areál se vzhledem k reliéfu krajiny, oproti ostatním lokalitám, uvažuje umístit v podzemí.

Tato lokalita byla vyhodnocena jako nevhodná pro další fázi průzkumu také pro zvýšené riziko dopadů výstavby a provozu budoucího hlubinného úložiště na stabilitu a kvalitu podzemních vod.

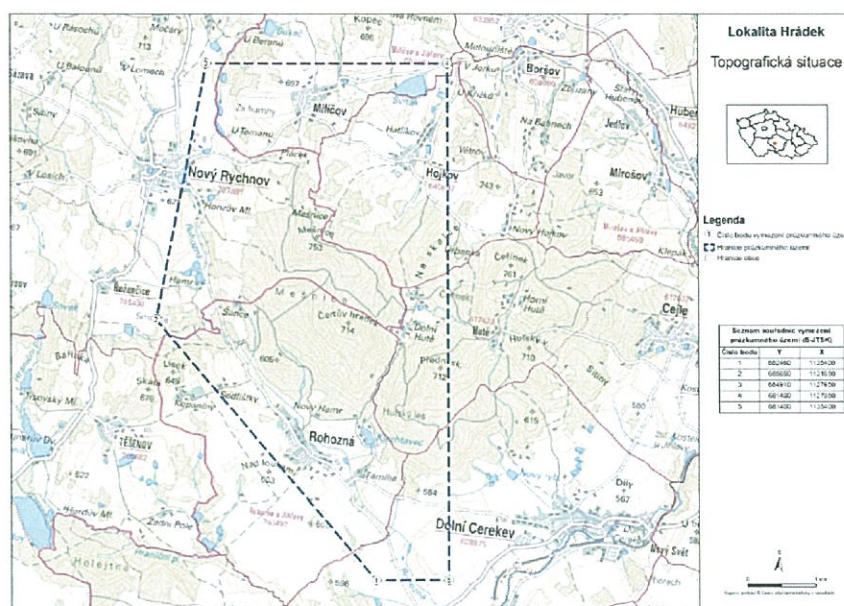
Vzhledem k velkému zalesnění (které tvoří až 70%) bylo hodnocení kritéria vlivu na změnu krajinného rázu o jeden stupeň sníženo.

Náklady byly sníženy na stupeň nepřijatelné z důvodu náročnějších technických opatření a vzhledem k nutnosti navrhnout technická řešení v souvislosti s křížením plynovodu Čepro, a.s.

Tato lokalita je nejhustěji obydlena. Mezi obyvateli je velké zastoupení dětské složky. V této oblasti je vytvořeno demografické riziko, jehož dopady mohou zesilovat. Myšlenka vybudování hlubinného úložiště je z hlediska vyřešení problémů týkající se velké nezaměstnanosti přijatelná, ale oproti tomu zde hrozí velké riziko psychologické degradace. V neposlední řadě jsou obyvatelé této lokality zásadně proti případné výstavbě.

Jediným pozitivním přínosem vybudování hlubinného úložiště v lokalitě Hrádek je dojezd složek IZS. Tato lokalita je vzdálena pouhých 6 km od Jihlavy. Od ETE a EDU je od obou přibližně ve stejné vzdálenosti 90 km.

Míra a množství negativních faktorů převyšují jakékoliv možné přínosy. Nepřijatelné horninové prostředí je na základě analýzy kritérií vylučujícím kritériem.



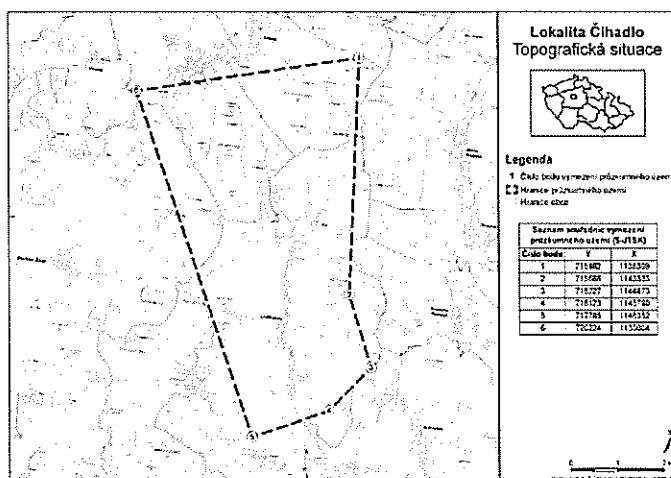
Obrázek 15 Vyloučená lokalita Hrádek [30]

6.4.3 Čihadlo

Na základě provedené komparace byla lokalita Čihadlo vybrána jako nejméně vhodná lokalita. Tato lokalita se nachází v Jihočeském kraji. Středem lokality prochází významný zlom, okolo tohoto zlomu je tektonická členitost střední. Zlomy vyskytující se v okolí lokality nejsou natolik významné jako ty, které prochází přímo jejím středem, proto je navrhováno tuto lokalitu vyloučit z výběru pro další fázi hodnocení. Případné technické opatření by bylo náročnější.

Lokalita vykazuje nepříznivé ukazatele i z důvodu významnějších vlivů na živé části přírody a zemědělsky obhospodařované plochy. Jedná se o narušení krajinného rázu v okolí Radouňského potoka a také v souvislosti s výstavbou dopravní a technické infrastruktury. V době výstavby budou také významnější dopady na kvalitu ovzduší. V této oblasti je velké riziko negativních dopadů na hydrogeologické poměry a mohou být ohroženy vodní zdroje.

Dopady na obyvatelstvo mohou být v této lokalitě velmi silné. Kvalita bydlení je v této oblasti na vysoké úrovni, která může být v souvislosti s výstavbou hlubinného úložiště velmi narušena a může dojít k velké psychologické degradaci místního obyvatelstva. Veřejnost se při diskuzích, které probíhaly v období března až dubna 2018, vyjádřila jednoznačně proti případné výstavbě.



Obrázek 16 Vyloučená lokalita Čihadlo [30]

6.5 Vybrané lokality

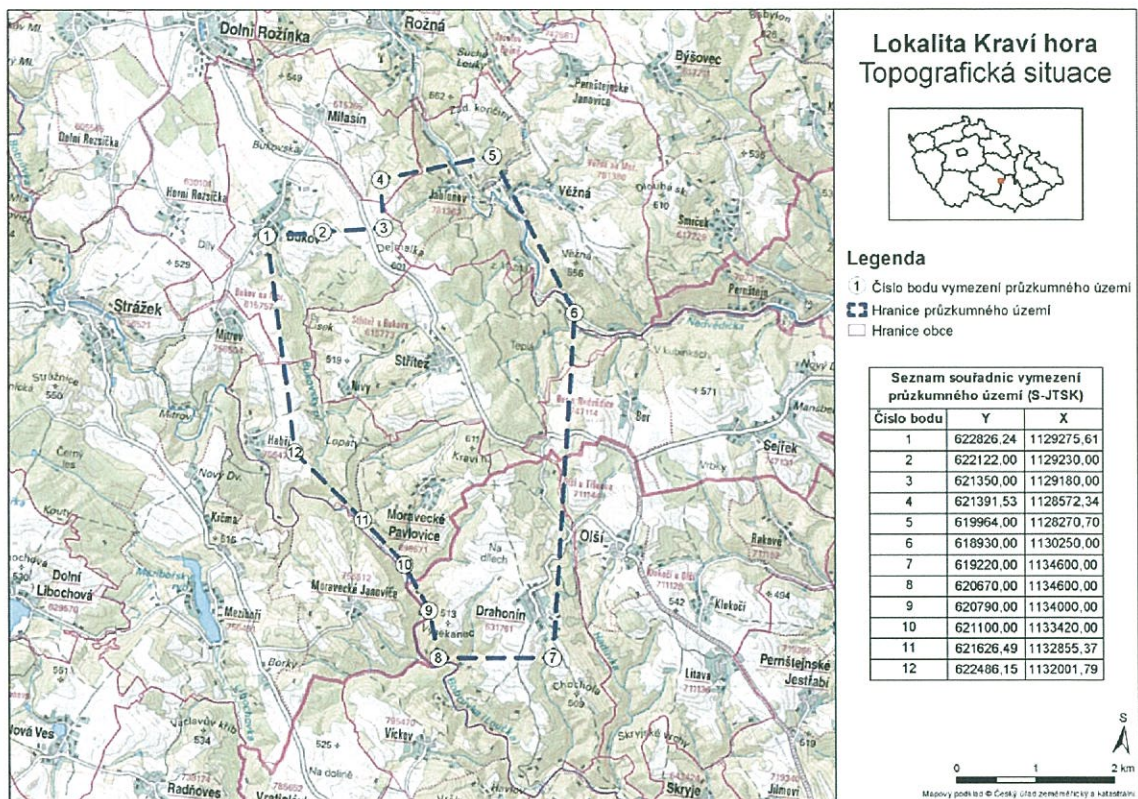
6.5.1 Kraví hora – hlavní lokalita

Kraví hora, umístěna v kraji Vysočina, je vybrána jako jedna z dvou hlavních lokalit vhodných pro umístění hlubinného úložiště. Horninový masiv je stabilní, s dobře prozkoumanými významnými zlomy a bez výskytu tektonické činnosti. Charakteristika této lokality nejlépe splňuje stanovená bezpečnostní, environmentální a socioekonomická kritéria. V této lokalitě jsou minimalizovány možné vlivy výstavby a provozu hlubinného úložiště. Vzdálenost od EDU je přibližně 62 km. Oproti jiným lokalitám se nenachází v přímé blízkosti velkých měst. V případě mimořádné události je dojezd složek IZS z nemocnice v Brně vzdálen 43 km. V nejbližším okolí se nachází nemocnice Tišnov, vzdálená 18 km.

V lokalitě Kraví hora se nenachází žádná krajinná památková zóna a nejsou zde situovány národní kulturní památky. V rámci zastavěného území sídel není vyhlášena městská či vesnická památková rezervace nebo zóna.

Míra přijatelnosti veřejností vykazuje, i díky velké informovanosti místních obyvatel, velmi dobré parametry. Při probíhajících obecních anketách a referendech se vyjádřila většina, konkrétně čtyři ze šesti obcí, pro výstavbu.

Vzhledem k již existujícímu podzemnímu skladu vyhořelého paliva Skalka a vydobytým ložiskům uranu Rožná a Olší mohou být náklady, oproti jiným lokalitám, na geologický průzkum nižší, vzhledem k již existujícím informacím týkající se horninového prostředí.



Obrázek 17 Hlavní lokalita Kraví hora [30]

6.5.2 Horka – druhá hlavní lokalita

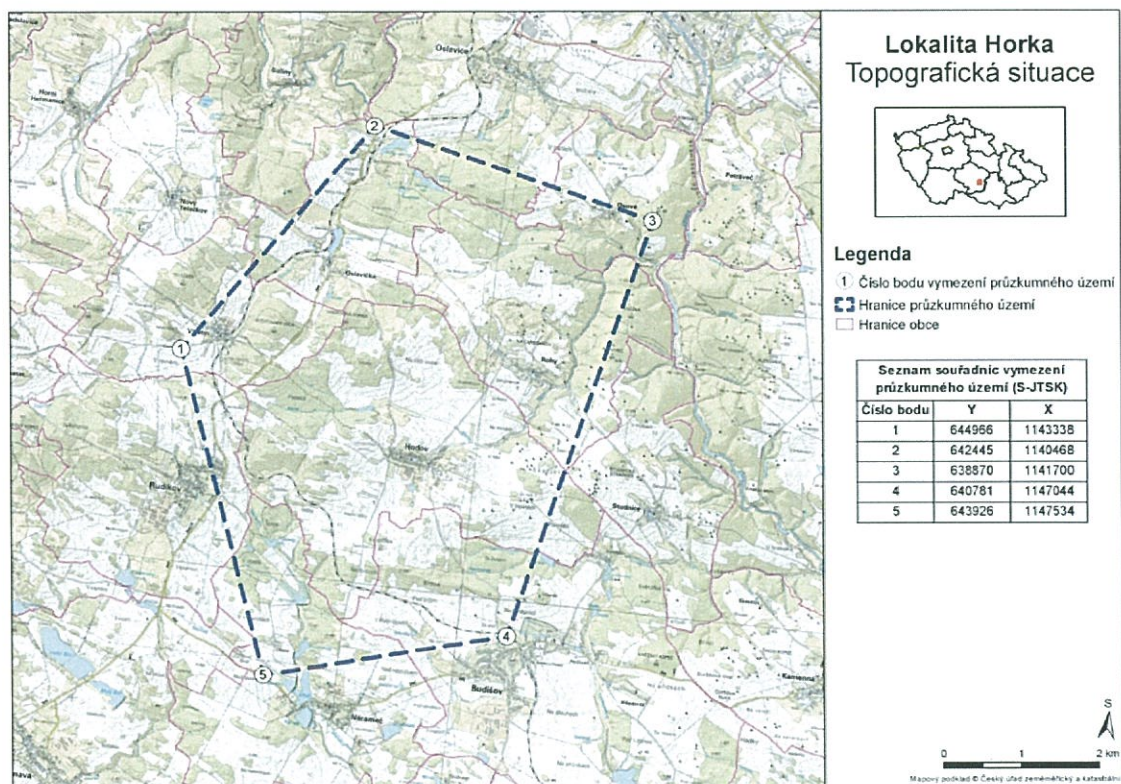
Lokalita Horka byla vybrána jako druhá hlavní lokalita, která se stejně jako lokalita Kraví hora (hlavní lokalita) nachází v kraji Vysočina a vykazuje stabilní geologické podmínky bez významných zlomů a zón. V této oblasti byla naměřena zvýšená radioaktivita celého prostředí bez významných ložisek, která by v tomto místě neměla výrazně ovlivňovat samotnou výstavbu hlubinného úložiště.

V případě výstavby povrchového a podzemního areálu bude mít vliv na změnu krajinného rázu související s výstavbou povrchového areálu, ale nebude mít významnější vliv na životní prostředí.

Lokalita Horka se nachází ve vzdálenosti pouhých 29 km od EDU. V případě převozu radioaktivního odpadu nabízí tato lokalita nejkratší možnou variantu. Vzdálenost od města Třebíč, kde se nachází fakultní nemocnice a základny složek IZS, je pouze 14 km. Vzdálenost od Brna je 56 km.

Vzhledem k počtu velkých měst, jako je Třebíč, Velké Meziříčí budou možné ekonomické dopady vykompenzovány. V důsledku druhé nejvyšší hustoty osídlení z vytipovaných lokalit by výstavba neměla mít významný vliv na změnu sociální skladby obyvatelstva. Z tohoto důvodu a ze závěrů z proběhlých diskuzí s občany bylo hodnocení tohoto kritéria sníženo o jeden stupeň.

Obecně lze konstatovat, že lokalita má velmi příznivé ukazatele pro případnou výstavbu hlubinného úložiště.



Obrázek 18 Hlavní lokalita Horka [30]

6.5.3 Čertovka – záložní lokalita

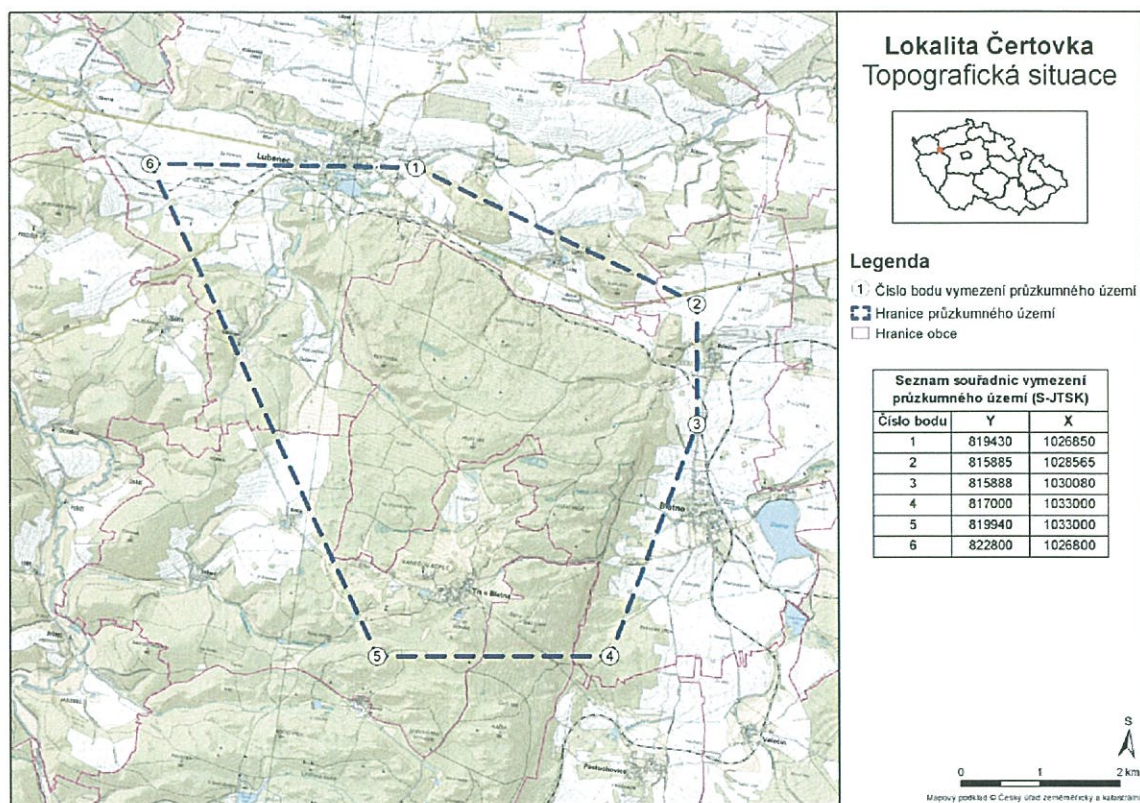
Lokalita Čertovka se nachází v Plzeňském kraji a je ohraničena třemi významnými zlomy. Vzhledem k tomu, že potřebná oblast pro předpokládané uložení hlubinného úložiště je umístěna mimo oblast významných zlomů, bez výskytu horninových žil a xenolitů, je tato lokalita z hlediska geologických poměrů považována za přijatelnou.

Výstavba povrchového areálu nebude mít závažnější dopad na životní prostředí. Vliv na krajinný ráz bude při dodržení stávající legislativy minimální. Možným negativním faktorem je vysoké zalesnění a zvýšené krajinné hodnoty. Stupnice hodnocení vlivu výstavby na životní prostředí byla snížena o jeden stupeň z důvodu sníženého potenciálu pro rozptyl škodlivin. Toto tvrzení bude ověřeno rozptylovou studií.

Napojení na infrastrukturu je v této oblasti komplikované, vzhledem k vybudování nové čtyřproudové silnici R6 v místě stávající I/6. V rámci budování nové komunikace bude muset být udělena také výjimka ze současných předpisů, a to z důvodu menší odstupové vzdálenosti od mimoúrovňové komunikace č. III/264. Náklady tímto porostou. Hodnota míry rizika nebyla v hodnocení navýšena na stupeň nepřijatelné z důvodu i tak nutného rozšíření silnice R6, která spojuje Prahu a Karlovy Vary a je jednou z hlavních tepen silniční dopravy ČR. Napojení na silniční dopravu je, i bez rozšíření silnice R6, možné a řešení existuje. Oproti lokalitě Březový potok, který by byl případně napojen na silnici II. třídy, může být tato lokalita napojena na rychlostní silnici I. třídy, což značně usnadňuje dopravní spojení.

Vzdálenost od ETE je 152 km a od EDU 288 km, což je v rámci hodnocení stále přijatelná vzdálenost, ale ne ideální.

Dojezd složek IZS je po silnici I. třídy číslo 6 ve vzdálenosti 47 km od Karlových Varů, 47 km od Plzně a 86 km od hlavního města Prahy.



Obrázek 19 Záložní lokalita Čertovka [30]

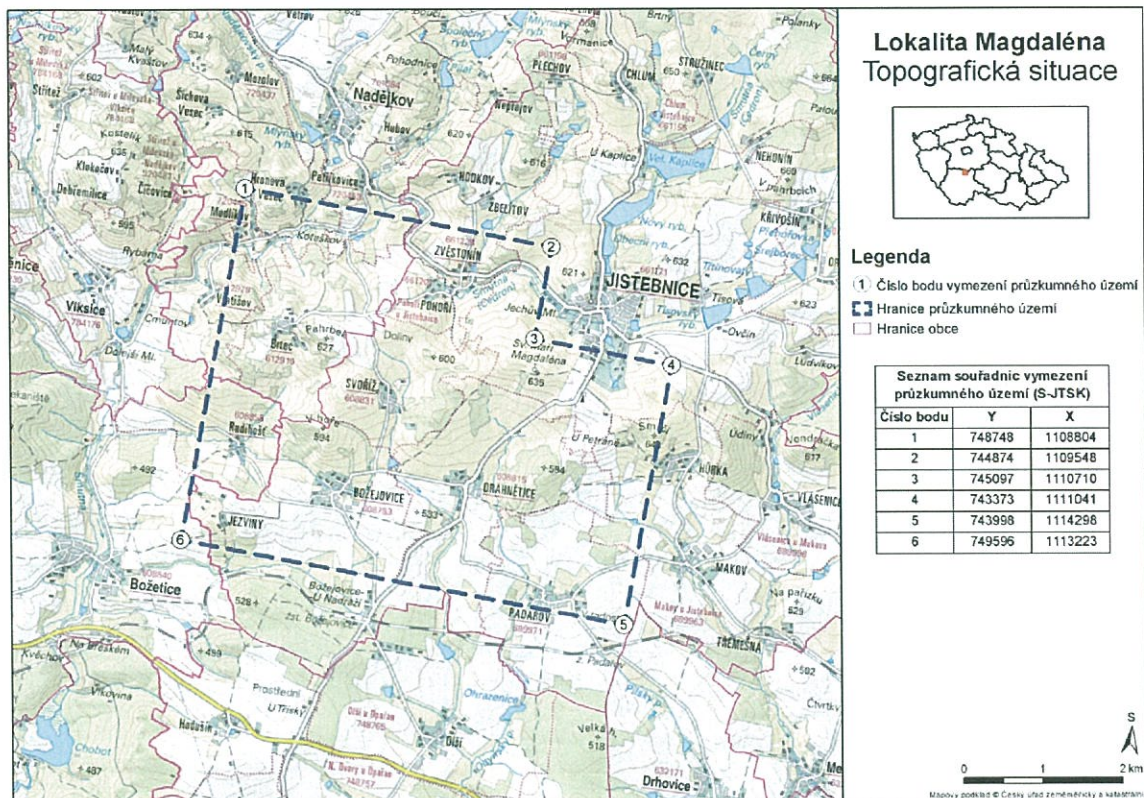
6.5.4 Magdaléna – záložní lokalita

V této lokalitě, která se nachází v Jihočeském kraji, se vzhledem k výskytu horninových žil budou muset případně provést náročnější průzkumné metody (náročnější báňské metody průzkumu, větší množství báňských prací, šachet a štol). Jinak je horninový masiv stabilní, nevyskytují se zde významné zlomy a na základě provedené analýzy můžeme tuto lokalitu zařadit do další fáze hodnocení. V rámci budoucích náročnějších průzkumných metod, nutnosti prověření oblasti, kde se nachází vytěžená ložiska cihlářských surovin Drahtěnice a výstavby obchvatu u Božejovic, budou náklady podstatně vyšší než oproti ostatním lokalitám. Míra tohoto rizika je však méně podstatná a těžko předvídatelná proti nežádoucím bezpečnostním či environmentálním vlivům. Případné ekonomické dopady budou eliminovány výskytem velkých měst – Tábor a Milevsko.

V této lokalitě se předpokládá zásah do lesního porostu z důvodu nutnosti vybudování zmíněného obchvatu. Existuje zde vyšší riziko ovlivnění hydrologických poměrů vzhledem k pramenné oblasti vodních toků. Vzhledem k tomu, že hydrologické studie nebyly zpracovány a nebyla tedy potvrzena míra rizika, hodnocení nebylo sníženo na stupeň nepřijatelné. V ostatních případech je vliv na životní prostředí minimální a případné negativní vlivy nejsou stoprocentně ověřeny.

Dojezd složek IZS a případné řešení mimořádné události není ovlivněno žádnými negativními vlivy. Město Tábor je vzdáleno pouze 16 km.

Vzdálenost od ETE je 41 km a od EDU 173 km. I přes malou vzdálenost z okolí ETE a větších měst bylo hodnocení o jeden stupeň sníženo, a to z důvodu nutného vybudování obchvatu v okolí místa případné výstavby hlubinného úložiště.



Obrázek 20 Záložní lokalita Magdaléna [30]

6.6 Stát a dotčené lokality

Stát v rámci diskuze vystupuje od počátku z pohledu moci. Na jednáních mezi zástupci SÚRAO a občany všech dotčených lokalit, která se konala v březnu a dubnu 2018 (plus ETE a EDU), vystupovala především aktivistická hnutí. Jednání postrádala oboustrannou věcnost. Na straně obyvatel vystupovali zejména zástupci platformy, která bojuje proti výstavbě hlubinného úložiště, a pouze výjimečně se zúčastňovali jednotlivci, kteří uvedené zástupce dokonce v několika případech kritizovali za jejich přístup. Přístup zástupců platformy není věcný, neřeší otázky bezpečnosti a postrádá možnost vést konstruktivní debaty.

Převážnou vinu nese sám stát, který do této doby nenabízel a nenabízí konkrétní kompenzace konkrétním občanům, pouze obcím. Do budoucna by se měla vytvořit taková atmosféra, která povede k úplné změně pohledu na výstavbu hlubinného úložiště, zainteresuje občany do dané problematiky a vytvoří mezi jednotlivými lokalitami konkurenční boj ve smyslu toho, že stát jednoznačně určí benefity, které budou pro obce a její obyvatelé přínosné, dlouhodobé a ekonomicky stabilní. Stát musí vytvořit takovou politiku, která dotčeným lokalitám vykompenzuje jejich obavy a strach z potencionálního rizika, které obecně plyne z pojmu týkající se jaderné problematiky. V rámci benefitů by stát mohl čtyřem vybraným lokalitám nabídnout dlouhodobé strategické investice (údržba, oprava silnic, sociální zařízení apod.), daňové úlevy nebo nadstandardní zdravotní péči.

Lidé nejsou srozuměni s pravou podstatou rizika. Riziko je a bude. Riziko samo o sobě tvoří stabilní základ daného problému. Úplná minimalizace rizika povede ke stagnaci. Riziko je právě to, co vede k rozvoji, a to nejen v oblasti bezpečnosti. Možné riziko nás nutí vyvíjet se a neustále se zlepšovat.

V rámci výběru čtyř lokalit do další fáze průzkumu by měli být občané dotčených lokalit seznámeni s dokumentací a materiály týkající se jejich geologických, hydrogeologických poměrů, ale další diskuze jsou do doby změny

jejich pohledu bezpředmětné. Diskuze zatím vedly pouze k přeměřování sil, debat mimo téma s cílem pouze zaútočit, bez zaměření na nejdůležitější složku, na bezpečnost. Ve volebním roce starostové ukázali, že nemají vlastní názor, který by před svými občany prezentovali, ať už je pozitivní nebo negativní. Je to opět důsledek špatné komunikace mezi státem a starosty, státem a občany. Prozatím nebylo nic, co by sami starostové mohli daným obcím nabídnout. Pouze dva starostové ze sedmi dotřených lokalit dokázali vystoupit a říci svůj názor. Tímto jim patří poděkování.

6.7 Budoucí vývoj

V první polovině roku 2018 podá SÚRAO nové žádosti na Ministerstvo životního prostředí (dále jen „MŽP“) o stanovení průzkumného území pro všechny vytipované lokality. V roce 2019 budou průzkumné práce pokračovat pouze na vládou schválených čtyřech vybraných lokalitách. Na zbylých třech lokalitách SÚRAO požádá o zpět vzetí podaných žádostí nebo se vzdá stanovených průzkumných území. Na konci roku 2022 SÚRAO předloží vládě ČR návrh dvou lokalit (hlavní a záložní) spolu se stanovisky dotčených obcí. V roce 2025 SÚRAO podá na MŽP žádost pro územní ochranu finální lokality. Samotná výstavba hlubinného úložiště by měla být zahájena v roce 2050. Tabulka 16 shrnuje fáze procesu budoucího vývoje výstavby hlubinného úložiště, které by mělo být uvedeno do provozu v roce 2065.

Tabulka 16 Budoucí vývoj [23]

Fáze procesu	Období
Výzkumné studie k hodnocení potenciálně vhodných lokalit a výběru 4 lokalit pro další etapu hodnocení.	2018
Výběr dvou kandidátních lokalit na základě předběžné charakterizace lokalit se stanoviskem dotčených obcí.	2022
Výběr finální a záložní lokality se stanoviskem dotčených obcí a podání žádosti o územní ochranu vybrané lokality.	2025
Zahájení procesu EIA pro podzemní laboratoř.	2026
Podání žádosti o vydání územního rozhodnutí pro podzemní laboratoř ve finální lokalitě.	2028
Zahájení procesu EIA pro hlubinné úložiště.	2035
Předložení dokumentace k územnímu řízení všem dotčeným orgánům včetně SÚJB.	2040
Předložení dokumentace ke stavebnímu řízení.	2045
Výstavba hlubinného úložiště (s první ukládací sekcí) a další práce a příprava dokumentace pro zahájení provozu.	2050–2064
Dokumentace k povolení provozu, vydání rozhodnutí.	2063–2065

7 ZÁVĚR

V rámci práce byla použita metodika výběru lokalit pro budoucí hlubinné úložiště. Teoretická část popsala současný stav dané problematiky a význam vybudování hlubinného úložiště. V praktické části byla v rámci použité metodiky stanovena a podrobně popsána jednotlivá kritéria, která následně sloužila jako vstupní hodnoty pro celkovou komparaci sedmi vytipovaných lokalit pro výstavbu hlubinného úložiště. Jednalo se zejména o geologické a hydrogeologické podmínky, minimalizaci dopadů na životní prostředí, zhodnocení vlivů na řešení mimořádné události a v neposlední řadě stanovení míry přijatelnosti veřejností. Na základě provedené analýzy byly stanoveny čtyři lokality, které jsou svými charakteristikami doporučeny pro výběr do dalšího procesu hodnocení. Jedná se o lokality dle privilegia v pořadí Kraví hora, Horka, Čertovka a Magdaléna.

Odpovědnost za samotné rozhodnutí o výstavbě hlubinného úložiště by měl převzít jednoznačně stát. Vláda ČR by měla co nejdříve stanovit konečné a závazné rozhodnutí, jak v této problematice postupovat a jakým způsobem bude elektrická energie do budoucna získávána. Zda budeme jako stát soběstační a budeme využívat energii z našich jaderných elektráren EDU a ETE, anebo se staneme závislími na ostatních státech.

Podíl veřejnosti v rozhodovacím procesu by měl být minimalizován, a to zejména vzhledem k narůstající tendenci stále více diskriminovat podstatu samotné výstavby hlubinného úložiště a znemožnění nalézt bezpečné řešení pro minimalizaci rizik i pro další generace. V rámci posledních pokusů o vedení diskuze mezi zástupci státu a občany bylo signifikováno narůstající napětí, které nestojí na pevných a podložených základech a další pokusy z tohoto hlediska postrádají svůj význam.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ČR	Česká republika
EDU	Jaderná elektrárna Dukovany
ETE	Jaderná elektrárna Temelín
CHKO	Chráněná krajinná oblast
CHLÚ	Chráněné ložiskové území
IAEA	International Atomic Energy Agency
IZS	Integrovaný záchranný systém
JE	Jaderná elektrárna
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NPP	Národní přírodní památka
NPR	Národní přírodní rezervace
SEK	Státní energetická koncepce
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRAO	Správa úložišť radioaktivních odpadů
ÚJV Řež, a.s.	Ústav jaderného výzkumu Řež, a.s.
ÚSES	Územní systém ekologické stability
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association

9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DRÁBOVÁ, Dana a PAČES, Václav. *Perspektivy české energetiky*. Praha 4: Novela bohemia, 2014. ISBN 978-80-87683-26-2. str. 17, 24
- [2] SÚRAO. *Radioaktivní odpady*. [online]. ©2018. [cit. 14. 1 2018]. Dostupné z: <https://www.surao.cz/rao>
- [3] KLENER, Vladislav a kol. *Principy a praxe radiační ochrany*. Praha: Azin CZ, 2000. ISBN 80-238-3703-6.
- [4] DLOUHÝ, Zdeněk. *Nakládání s radioaktivním odpadem a vyhořelým jaderným palivem*. Praha : Vitium, 2009. ISBN 978-80-214-3629-9. str. 147-148
- [5] HANDRLICA, Jakub. *Jaderné právo: Právní rámec pro mírové využívání jaderné energie a ionizujícího záření*. Praha: Auditorium, 2013. ISBN 978-80-87284-33-9.
- [6] OJOVAN, Michael a LEE, William. *An Introduction to Nuclear Waste Immobilisation*. UK : Elsevier Science, 2014. ISBN 9780080993928.
- [7] SÚRAO. *Proč hlubinné úložiště*. [online]. 2018 [cit. 14. 1 2018]. Dostupné z: <https://www.surao.cz/hlubinne-uloziste/proc-hlubinne-uloziste>.
- [8] NACHMILNER, Lubomír. *Principy nakládání s radioaktivními odpady*. Praha : ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02258-7.
- [9] MATĚJKA, Karel a kol. *Vyhořelé jaderné palivo*. Praha : Ministerstvo životního prostředí, 1996. ISBN 80-7078-352-4.
- [10] KUKAL, Zdeněk. *Horninové prostředí České republiky, jeho stav a ochrana*. Praha : Český geologický ústav, 2000. ISBN 8070754133.
- [11] PÖSCHL, Michael a ČERVINKOVÁ, Andrea. *Radioaktivní odpady*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2014. ISBN 978-80-7509-169-7.
- [12] *Zprávy ze Správy úložišť radioaktivních odpadů (zima 2017)*. [online]. Praha: SÚRAO, 2017. [cit. 31. 3 2018]. ISSN 2533-5073. Dostupné z: <https://www.surao.cz/data/original/files/pr/zzs/2017/zpravy-ze-spravy-zima-2017.pdf>

- [13] BEČVÁŘ, Josef. *Jaderné elektrárny*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981. ISBN: 04-237-81. str. 29
- [14] TŮMA, Miroslav. *Mírové využívání jaderné energie, nešíření jaderných zbraní a jaderné odzbrojení*. Praha: Ústav mezinárodních vztahů, 2009. ISBN 978-80-86506-77-7.
- [15] *Zprávy ze Správy úložišť radioaktivních odpadů (jaro 2018)*. [online]. Praha: SÚRAO, 2018. [cit. 31. 3. 2018]. ISSN 2533-5073. Dostupné z: <https://www.surao.cz/data/original/files/pr/zzs/2018/zpravy-ze-spravy-jaro-2018.pdf>, str. 3
- [16] *Zprávy ze Správy úložišť radioaktivních odpadů (podzim 2017)*. Výběr lokality pro hlubinné úložiště vyhořelého jaderného paliva a radioaktivních odpadů vstupuje do nové fáze Praha: SÚRAO, 2017. ISSN 2533-5073. Dostupné z: <https://www.surao.cz/data/original/files/pr/zzs/2018/zpravy-ze-spravy-jaro-2018.pdf> 21, str. 12
- [17] HÁLA, Jiří. *Radioaktivita, ionizující záření, jaderná energie*. Brno: Konvoj, 1998. ISBN 80-85615-56-8.
- [18] ALEXANDER, W. Russell a MCKINLEY, Linda E. *Deep geological disposal of radioactive waste*. Oxford: Elsevier, 2007. ISBN 978-0-08-045010-0.
- [19] OECD. *Geological Disposal of Radioactive Waste*. Francie: OECD Publications, 1999. ISBN 92-64-17194-0.
- [20] *Výběr lokality pro hlubinné úložiště vyhořelého jaderného paliva a radioaktivních odpadů vstupuje do nové fáze*. [online]. Praha: České jaderné fórum, 2015. [cit. 10. 3 2018]. Dostupné z: http://www.nuclear-forum.cz/PDF/BULLETIN_CJF_2015_03.pdf, str. 7-8
- [21] IAEA. *Status and Trends in Spent Fuel and Radioactive Waste Management*. Vienna: IAEA, 2018. ISBN 978-92-0-108417-0.
- [22] OECD. *Geologic Disposal of Radioactive Waste in Perspective*. Francie: Nuclear Energy Agency, 2000. ISBN 92-64-18425-2. str. 21-22 a 41-42

- [23] Ministerstvo průmyslu a obchodu. *Koncepce nakládání s radioaktivními odpady a vyhořelým jaderným palivem*. Praha, 2017.
- [24] MINISTERSTVO PRŮMYSLU A OBCHODU. *Státní energetická koncepce*. Praha, 2015.
- [25] SÚRAO. *Metodický pokyn (MP 22), Požadavky, indikátory vhodnosti a kritéria výběru lokalit pro umístění hlubinného úložiště*. Vydání 03, 2017. str. 10
- [26] SÚRAO. *Vznik radioaktivních odpadů*. [online]. ©2018. [cit. 20. 1 2018]. Dostupné z: <https://www.surao.cz/rao/vznik-radioaktivnich-odpadu>
- [27] SÚRAO. *Dělení radioaktivních odpadů*. [online]. ©2018. [cit. 20. 1 2018]. Dostupné z: <https://www.surao.cz/rao/deleni-radioaktivnich-odpadu>
- [28] SÚRAO. *Ukládání radioaktivních odpadů*. [online]. ©2018. [cit. 27. 1 2018]. Dostupné z: <https://www.surao.cz/rao/ukladani-vysokoaktivnich-odpadu-a-vjp>
- [29] SÚRAO. *Původci radioaktivních odpadů*. [online]. ©2018. [cit. 27. 1 2018]. Dostupné z: <https://www.surao.cz/rao/puvodci-radioaktivnich-odpadu>
- [30] SÚRAO. *Zkoumané lokality*. [online]. ©2018. [cit. 27. 1 2018]. Dostupné z: <https://www.surao.cz/hlubinne-uloziste/zkoumane-lokality>
- [31] SÚRAO. *Metodický pokyn - Metodika výběru vhodné lokality pro hlubinné úložiště*. Praha, 2017.
- [32] IAEA, *Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations, Specific Safety Guide, No. SSG-35*, Vienna: IAEA, 2015. ISBN 978-92 -0-102415-2.
- [33] *Vyhláška SÚJB č. 377/2016 ze dne 7. listopadu o požadavcích na bezpečné nakládání s radioaktivním odpadem a o vyřazování z provozu jaderného zařízení nebo pracoviště III nebo IV. kategorie*. [online]. SÚJB, 2018. [cit. 3. 2 2018]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-377>
- [34] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *Metodika vyhodnocení vlivů PÚR ČR a ÚPD na životní prostředí*, T-Plan, 2013.
- [35] *Zákon č. 263/2016 Sb. ze dne 14. července 2016 (atomový zákon)*. [online]. [cit. 8. 2 2018]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-263>

- [36] *Vyhláška SÚJB č. 378/2016 ze dne 7. listopadu o umístění jaderného zařízení.* [online]. [cit. 10. 2 2018]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-378>
- [37] *Informace o hlubinném úložišti.* Interní materiál SÚRAO, 2017.
- [38] *Vyhláška č. 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje.* [online]. [cit. 10. 2 2018]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-422>
- [39] IAEA, *Geological disposal facilities, Specific Safety Guide. SSG-14.* Vienna: IAEA, 2011. ISBN 978-92-0-111510-2.
- [40] *Zákon č. 460/2004 Sb., o ochraně přírody a krajiny.* [online]. [cit. 24. 2 2018]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-460>
- [41] *Zákon č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o posuzování vlivů na životní prostředí).* [online]. [cit. 24. 2. 2018]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-100>
- [42] SÚRAO. *Příspěvky obcím.* [online]. [cit. 17. 3. 2018]. Dostupné z: <https://www.surao.cz/data/original/files/hu/prispevky-obcim-2016.pdf>
- [43] SÚRAO. *Strategic Action Plan, DGR Development in the Czech Republic.* Praha, 2017.
- [44] SÚRAO, *Postup výběru lokality.* [online]. ©2018 [cit. 10. 3. 2018]. Dostupné z: <https://www.surao.cz/data/original/images/hu/postup-vyberu-lokality.jpg>
- [45] GeoBariéra. *Předběžná studie proveditelnosti lokalita Pačejov.* Praha, 2006.
- [46] GeoBariéra. *Předběžná studie proveditelnosti lokalita Blatno.* Praha, 2006.
- [47] GeoBariéra. *Předběžná studie proveditelnosti lokalita Lodhéřov.* Praha, 2006.
- [48] GeoBariéra. *Předběžná studie proveditelnosti lokalita Budišov.* Praha, 2006.
- [49] GeoBariéra. *Předběžná studie proveditelnosti lokalita Rohozná.* Praha, 2006.
- [50] GeoBariéra. *Předběžná studie proveditelnosti lokalita Božejovice.* Praha, 2006.
- [51] SÚRAO. *Technická zpráva číslo 15/2015. ověření vhodnosti horninového prostředí pro umístění hlubinného úložiště vjp a rao v púzzzk Kraví hora.* Praha, 2015.
- [52] SÚRAO (interní dokument). *Interpretace geofyzika.* Praha, 2015.
- [53] *Úložiště Dukovany.* [online]. SÚRAO, 2018. [cit. 10. 4. 2018]. Dostupné z: <https://www.surao.cz/uloziste-dukovany>

10 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Proces výběru vhodné lokality pro hlubinné úložiště.....	24
Obrázek 2 Úložiště Dukovany.....	25
Obrázek 3 Schéma hlubinného úložiště.....	30
Obrázek 4 Metodika procesu výběru zúžení vytipovaných lokalit	73
Obrázek 5 Vytipované lokality	74
Obrázek 6 Lokalita Březový potok.....	77
Obrázek 7 Lokalita Čertovka	79
Obrázek 8 Lokalita Čihadlo	81
Obrázek 9 Lokalita Horka.....	83
Obrázek 10 Lokalita Hrádek	86
Obrázek 11 Lokalita Kraví hora	88
Obrázek 12 Lokalita Magdaléna	90
Obrázek 13 Dotazníkové šetření.....	97
Obrázek 14 Vyloučená lokalita Březový potok.....	102
Obrázek 15 Vyloučená lokalita Hrádek	103
Obrázek 16 Vyloučená lokalita Čihadlo.....	104
Obrázek 17 Hlavní lokalita Kraví hora.....	106
Obrázek 18 Hlavní lokalita Horka.....	107
Obrázek 19 Záložní lokalita Čertovka.....	109
Obrázek 20 Záložní lokalita Magdaléna	110

11 SEZNAMU POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1 Množství radioaktivních odpadů v roce 2016	21
Tabulka 2 Odhad množství vyhořelého jaderného paliva	26
Tabulka 3 Vývoj přípravy hlubinného úložiště.....	27
Tabulka 4 Přehled podzemních laboratoří ve světě.....	33
Tabulka 5 Proces výběru hlubinného úložiště do roku 2025	38
Tabulka 6 Jednotlivé etapy hodnocení vhodné lokality na základě kritérií	43
Tabulka 7 Vzdálenost poruchových zón od hlubinného úložiště.....	47
Tabulka 8 Výběr projektových kritérií	53
Tabulka 9 Výběr bezpečnostních kritérií	60
Tabulka 10 Výběr kritérií pro provozní bezpečnost.....	64
Tabulka 11 Výběr environmentálních kritérií	66
Tabulka 12 Příspěvky dotčeným lokalitám za rok 2016	67
Tabulka 13 Výběr socioekonomických kritérií.....	69
Tabulka 14 Vybraná hodnotící kritéria	72
Tabulka 15 Analýza výběru vhodné lokality pro výstavbu hlubinného úložiště	92
Tabulka 16 Budoucí vývoj	113

12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Diskuze s občany, lokalita Magdaléna	I
Příloha 2 Obec Padařov	I
Příloha 3 Lokalita Březový potok	II
Příloha 4 Diskuze s občany, lokalita Čertovka.....	II
Příloha 5 Lokalita Čertovka.....	III
Příloha 6 Lokalita Kraví hora	IV

Příloha 1 Diskuze s občany, lokalita Magdaléna



Příloha 2 Obec Padařov



Příloha 3 Lokalita Březový potok



Příloha 4 Diskuze s občany, lokalita Čertovka



Příloha 5 Lokalita Čertovka



 **SÚRAO** | SPRÁVA ÚLOŽIŠTÍ
RADIOAKTIVNÍCH
ODPADŮ

Správa úložišť radioaktivních
odpadů Vás tímto zve na:


Prezentace dosavadních výsledků prací v lokalitě Čertovka

Zajímá Vás problematika hlubinného úložiště vyhořelého jaderného
paliva a vysokoaktivních odpadů? Máte možnost setkat se
s odborníky Správy úložišť radioaktivních odpadů a prodiskutovat
nové geologické poznatky z vaší lokality.



11. dubna 2018
KD Blatno
od **17.30 h**

Budeme rádi, když budete hledat informace právě u nás.

 Správa úložišť radioaktivních odpadů | Dlážděná 1004/6, Praha 1
tel.: 221 421 519 | fax: 221 421 544 | e-mail: info@suro.cz
WWW.SURO.CZ

Příloha 6 Lokalita Kraví hora

