

STUDIE UMÍSTITELNOSTI – AKTUALIZACE

Janoch

Autoři: Ondřej Zahradník, Jiří
Pöpperl, Petr Makásek, Alexandr
Butovič, Lukáš Grünwald, Pavel
Bureš a další

Praha, září 2020

NÁZEV ZPRÁVY: Hodnocení potenciálních lokalit z hlediska proveditelnosti, aktualizace na základě geofyzikálního výzkumu k 30.9.2019

NÁZEV PROJEKTU: Výzkumná podpora pro projektové řešení HÚ

Podkladové studie pro potřeby zúžení počtu lokalit, odpovídající hloubkou zpracování kroku výběru 2019

IDENTIFIKACE V RÁMCI PROJEKTU:

Závěrečná

ČÍSLO SMLOUVY:

SO 2016–017

BIBLIOGRAFICKÝ ZÁPIS:

ZAHRADNÍK O, PÖPPERLE J, MAKÁSEK P, BUTOVIČ A, GRÜNWARD L, BUREŠ P, ŠPINKA O, MARTINČÍK J, KOBYLKA D (2020): Studie umístitelnosti – aktualizace, Janoch, ČVUT-SATRA-Mott MacDonald CZ, MS SÚRAO, TZ 518/2020

ŘEŠITELÉ:

¹ SATRA, ² Mott MacDonald, ³ ČVUT,

AUTORSKÝ KOLEKTIV: Mgr. Ondřej Zahradník², Ing. Jiří Pöpperle², Ing. Petr Makásek, PhD², Ing. Alexandr Butovič, Ph.D.¹, Ing. Lukáš Grünwald¹, Ing. Pavel Bureš¹, Ing. Ota Špinka, Ph.D.¹, Ing. Jiří Martinčík, Ph.D.³, Ing. Dušan Kobyłka, Ph.D.³

Jméno Příjmení

Ing. Jaromír Augusta, Ph.D.
(SÚRAO)

30.09. 2020

Jméno Příjmení

Ing. Alexandr Butovič, Ph.D. (Společnost
„ČVUT-SATRA-Mott MacDonald CZ“)

30.09. 2020

Obsah

1	Účel zprávy a její vazba na další hlavní zprávy o lokalitě.....	19
2	Vstupní údaje a technické požadavky.....	21
2.1	Věcné a technické zadání.....	21
2.2	Předmět plnění.....	21
2.3	Přístup k řešení.....	21
2.4	Přehled použitých vstupních údajů.....	22
2.4.1	Základní předpoklady.....	22
2.4.2	Inženýrsko-geologické poměry.....	22
3	Střety zájmů a územní limity.....	26
4	Technické řešení HÚ.....	27
4.1	Průvodní technická zpráva.....	27
4.1.1	Základní identifikační údaje stavby a investora.....	27
4.2	Podzemní část hlubinného úložiště.....	27
4.2.1	Základní popis podzemní části HÚ.....	27
4.2.2	Koncepce provozů v podzemní části HÚ.....	70
4.2.3	Podrobný popis vybraných DuSO.....	79
4.2.4	Celkový objem ražeb podzemní části HÚ.....	104
4.2.5	Zhodnocení dispozičních variant řešení.....	119
4.3	Povrchová část HÚ – povrchový areál.....	121
4.3.1	Dopravní trasy od jaderných elektráren.....	121
4.3.2	Zacházení s rubaninou.....	123
5	Časová osa budování, provozu a uzavírání HÚ.....	125
5.1	Rozdělení životního cyklu na etapy.....	125
5.2	Přístup k stanovení harmonogramu HÚ.....	126
5.2.1	Časová osa výstavby HÚ.....	126
5.2.2	Časová osa přípravy a ukládání UOS.....	127
5.2.3	Časová osa provozu HÚ.....	128
5.3	Harmonogram budování a provozu HÚ.....	133
5.3.1	Harmonogram HÚ pro variantu vertikálního ukládání.....	133
5.3.2	Harmonogram HÚ pro variantu horizontálního ukládání.....	135
6	Vyhodnocení kritérií dle MP.22.....	137

7	Nejistoty získaných informací.....	138
7.1	Vstupní údaje	138
7.1.1	VJP	138
7.1.2	RAO	139
7.1.3	Legislativní požadavky	139
7.1.4	Inženýrsko-geologické a hydrogeologické poměry	139
7.2	Technické řešení podzemní části HÚ	140
7.2.1	Koncepce HÚ	141
7.2.2	Délka provozu HÚ	146
7.2.3	Vývoj technických prostředků a technologií	147
7.3	Technické řešení povrchové části HÚ	147
7.4	Hodnocení nejistot a predikce rizika HÚ	147
8	Závěr	148
9	Reference.....	149

Seznam příloh:

Textové přílohy:

Zpráva neobsahuje žádné textové přílohy.

Výkresové přílohy:

Přehledná situace (podzemní + povrchová část HÚ):

Příloha č. 01: PŘEHLEDNÁ SITUACE

Příloha č. 02: neobsazeno

Příloha č. 03: neobsazeno

Celková situace podzemní části HÚ:

Příloha č. 04: SITUACE PODZEMNÍ ČÁSTI HÚ – DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ D1

Příloha č. 05: SITUACE PODZEMNÍ ČÁSTI HÚ – DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ D2

Příloha č. 06: SITUACE PODZEMNÍ ČÁSTI HÚ – DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ D3

Příloha č. 07: SITUACE PODZEMNÍ ČÁSTI HÚ – DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ D4

Příloha č. 08: neobsazeno

Detailní výkresy podzemní části HÚ:

Příloha č. 09: VTAŽNÁ JÁMA – PŘÍČNÝ ŘEZ

Příloha č. 10: HLAVNÍ CHODBY – PŘÍČNÉ ŘEZY, D1

Příloha č. 11: HLAVNÍ CHODBY – PŘÍČNÉ ŘEZY, D2

Příloha č. 12: HLAVNÍ CHODBY – PŘÍČNÉ ŘEZY, D3

Příloha č. 13: HLAVNÍ CHODBY – PŘÍČNÉ ŘEZY, D4

Příloha č. 14: VÝHYBNY ZAVÁŽECÍHO A ODTĚŽOVACÍHO TUNELU – PŘÍČNÉ ŘEZY, D1

Příloha č. 15: VÝHYBNY ZAVÁŽECÍHO A ODTĚŽOVACÍHO TUNELU – PŘÍČNÉ ŘEZY, D2 A D4

Příloha č. 16: VÝHYBNY ZAVÁŽECÍHO A ODTĚŽOVACÍHO TUNELU – PŘÍČNÉ ŘEZY, D3

Příloha č. 17: VÝHYBNY NA HORIZONTU UKLÁDÁNÍ VJP – PŘÍČNÉ ŘEZY

Příloha č. 18: ROZRÁŽKA – PŘÍČNÉ ŘEZY A PŮDORYSNÉ SCHÉMA, D1

Příloha č. 19: ROZRÁŽKA – PŘÍČNÉ ŘEZY A PŮDORYSNÉ SCHÉMA, D2

Příloha č. 20: ROZRÁŽKA – PŘÍČNÉ ŘEZY A PŮDORYSNÉ SCHÉMA, D3

Příloha č. 21: ROZRÁŽKA – PŘÍČNÉ ŘEZY A PŮDORYSNÉ SCHÉMA, D4

Příloha č. 22: VERTIKÁLNÍ UKLÁDACÍ VRTY – PŘÍČNÉ ŘEZY, TBM RAŽBA CHODEB

Příloha č. 23: VERTIKÁLNÍ UKLÁDACÍ VRTY – PŘÍČNÉ ŘEZY, KONV. RAŽBA CHODEB

3D modely:

3D MODEL PODZEMNÍ ČÁSTI HÚ, D1

Seznam obrázků:

Obr. 1 – Schéma vazeb zprávy na další hlavní zprávy o lokalitě.....	20
Obr. 2 – Průjezdny profily pro zavážení UOS s VJP hl. podzemních prostor – horizontální ukládání	36
Obr. 3 – Průjezdny profily pro zavážení UOS s VJP hl. podzemních prostor – vertikální ukládání	37
Obr. 4 – Průjezdny profily pro ražby hl. podzemních prostor – vertikální ukládání	37
Obr. 5 – Průchozí profil pro ražby hl. podzemních prostor – vertikální ukládání	38
Obr. 6 – Schéma vertikálního ukládání, převládající mechanizovaná ražba (D1).....	39
Obr. 7 – Schéma vertikálního ukládání, převládající konvenční ražba (D2)	40
Obr. 8 – Schéma horizontálního ukládání, převládající mechanizovaná ražba (D3).....	40
Obr. 9 – Schéma horizontálního ukládání, převládající konvenční ražba (D4)	41
Obr. 10 – Princip stanovení minimální vzdálenosti mezi zav. chodbami / ukládacími vrtý	42
Obr. 11 - Schéma technického zázemí - D1	53
Obr. 12 – Schéma technického zázemí - D3.....	54
Obr. 13 – Schéma technického zázemí - D2.....	55
Obr. 14 – Schéma technického zázemí - D4.....	56
Obr. 15 – Průběhy teploty vzduchu v raženém díle, přirozeného vztlaku a průtoku v závislosti na externí teplotě.....	59
Obr. 16 – Závislost potřebného průtoku vzduchu při trhacích pracích na čase a délce ražby podle (OTÁHAL., A., 1992).....	61
Obr. 17 – Koncepční model hlubinného úložiště	73
Obr. 18 – Souprava robotických vozů pro přepravu UOS a bentonitových prefabrikátů	74
Obr. 19 – Ukládací komora RAO – příčný řez.....	75
Obr. 20 – Ukládací komora RAO - půdorys.....	75
Obr. 21 – Příčný řez zavážecím a odtěžovacím tunelem – D1	81
Obr. 22 – Příčný řez zavážecím a odtěžovacím tunelem – D3.....	81
Obr. 23 – Příčný řez zavážecím tunelem, konvenční ražba, primární ostění – D2 a D4	82
Obr. 24 – Příčný řez vtažnou jámou průměru 7,0 m.....	84
Obr. 25 – Příčný řez páteřní chodbou – D2.....	85
Obr. 26 – Příčný řez páteřní chodbou – D4.....	86

Obr. 27 – Půdorysné schéma ukládání – varianta D1	87
Obr. 28 – Podélný řez 2-2' s pohledem na boční rozrážku – varianta D1.....	87
Obr. 29 – Půdorysné schéma ukládání – varianta D2	88
Obr. 30 – Příčný řez 2-2' ukládací chodbou – varianta D2.....	88
Obr. 31 – Vertikální uložení UOS (VVER 440) z ukládací chodby ražené TBM - D1	90
Obr. 32 - Vertikální uložení UOS (VVER 440) z ukládací chodby ražené konvenčně - D2	91
Obr. 33 – Půdorysné schéma ukládání – varianta D3.....	92
Obr. 34 – Příčný řez 2-2' boční rozrážkou – varianta D3.....	93
Obr. 35 – Půdorysné schéma ukládání – varianta D4	93
Obr. 36 – Příčný řez 2-2' boční rozrážkou – varianta D4.....	94
Obr. 37 - Ukládací komora RAO	95
Obr. 38 - Schéma ukládání RAO	95
Obr. 39 – Příčný řez komorou pro ukládání RAO.....	95
Obr. 40 – Příčný řez chodbou ústící do komory pro ukládání RAO	96
Obr. 41 – Schéma skladu výbušnin	98

Seznam tabulek:

Tab. 1 – Bilance UOS pro VJP a RAO.....	22
Tab. 2 – Rozměry UOS pro VJP a BK pro RAO.....	22
Tab. 3 – Dispoziční varianty řešení podzemního areálu HÚ.....	29
Tab. 4 – Seznam důlních stavebních objektů	32
Tab. 5 – Seznam důlních provozních celků	33
Tab. 6 – Průjezdny profily manipulační techniky pro uložení UOS – horizontální ukládání.....	35
Tab. 7 – Průjezdny profily manipulační techniky pro uložení UOS – vertikální ukládání.....	36
Tab. 8 - Předpokládaný počet UOS s VJP	38
Tab. 9 - Předpokládaný počet BK s RAO.....	38
Tab. 10 – Velikosti zón ovlivnění dle použité technologie ražeb.....	42
Tab. 11 – Min. osově vzdálenosti dle statických výpočtů (BUREŠ, P., 2017).....	43
Tab. 12 – Minimální rozteče UOS a chodeb/vrtů dle tepelných výpočtů.....	44
Tab. 13 – Minimální osově rozteče dle tepelných výpočtů – optimalizace.....	45
Tab. 14 – Minimální osově rozteče pro vertikální ukládání dle tepelných výpočtů.....	46
Tab. 15 – Minimální osově rozteče pro horizontální ukládání dle tepelných výpočtů.....	46
Tab. 16 – Projektované rozteče ukládacích prostor – vertikální ukládání.....	47
Tab. 17 – Projektované rozteče ukládacích prostor – horizontální ukládání.....	47
Tab. 18 – Ukládací prostory pro VJP – D1.....	48
Tab. 19 – Ukládací prostory pro VJP – D2.....	49
Tab. 20 – Ukládací prostory pro VJP – D3.....	50
Tab. 21 – Ukládací prostory pro VJP – D4.....	51
Tab. 22 – Posloupnost ražby, výstavby, provozu a uzavírání HÚ – D1	66
Tab. 23 – Posloupnost ražby, výstavby, provozu a uzavírání HÚ –D2	67
Tab. 24 – Posloupnost ražby, výstavby, provozu a uzavírání HÚ – D3	68
Tab. 25 – Posloupnost ražby, výstavby, provozu a uzavírání HÚ – D4	69
Tab. 26 – Délky vertikálních ukládacích vrtů dle typu UOS a ražby zavážecích chodeb	89
Tab. 27 – Celkový objem ražeb dle dispozičních variant řešení.....	104
Tab. 28 – Tabulka výměr pro dispoziční variantu D1	104
Tab. 29 – Tabulka celkových konvenčních ražeb pro dispoziční variantu D1	107
Tab. 30 – Tabulka celkových strojních ražeb pro dispoziční variantu D1	107

Tab. 31 – Objem ostatních prací pro dispoziční variantu D1	107
Tab. 32 – Celkový objem ražeb pro dispoziční variantu D1	107
Tab. 33 – Tabulka výměr pro dispoziční variantu D2	108
Tab. 34 – Tabulka celkových konvenčních ražeb pro dispoziční variantu D2.....	110
Tab. 35 – Tabulka celkových strojních ražeb pro dispoziční variantu D2	110
Tab. 36 – Objem ostatních prací pro dispoziční variantu D2.....	110
Tab. 37 – Celkový objem ražeb pro dispoziční variantu D2	110
Tab. 38 – Tabulka výměr pro dispoziční variantu D3	111
Tab. 39 – Tabulka celkových konvenčních ražeb pro dispoziční variantu D3.....	114
Tab. 40 – Tabulka celkových strojních ražeb pro dispoziční variantu D3	114
Tab. 41 – Objem ostatních prací pro dispoziční variantu D3.....	114
Tab. 42 – Celkový objem ražeb pro dispoziční variantu D3	114
Tab. 43 – Tabulka výměr pro dispoziční variantu D4	115
Tab. 44 – Tabulka celkových konvenčních ražeb pro dispoziční variantu D4.....	118
Tab. 45 – Tabulka celkových strojních ražeb pro dispoziční variantu D4	118
Tab. 46 – Objem ostatních prací pro dispoziční variantu D4.....	118
Tab. 47 – Celkový objem ražeb pro dispoziční variantu D4	118
Tab. 48 – Porovnání dispozičních variant z různých hledisek	120
Tab. 49 – Využití stávajících úseků veřejné železniční sítě – lokalita Janoch	122
Tab. 50 – Přepravní trasa JE Dukovany – HÚ Janoch.....	122
Tab. 51 – Využití stávajících úseků veřejné železniční sítě – lokalita Janoch	122
Tab. 52 – Přepravní trasa JE Temelín – HÚ Janoch.....	122
Tab. 53 – Identifikované stávající lomy na lokalitě Janoch.....	123
Tab. 54 – Bilance rubaniny na lokalitě Janoch.....	123
Tab. 55 - Harmonogram zaplňování sekcí v jednotlivých etapách výstavby.....	125
Tab. 56 – Uvažované časy produkce VJP v jednotlivých elektrárnách.....	128
Tab. 57 – Maximální počet UOS uložených za jeden rok provozu pro vertikální i horizontální ukládání	129
Tab. 58 – Doba skladování z jednotlivých zdrojů a celkový počet UOS	129
Tab. 59 - Harmonogram ukládání UOS – třísměnný provoz, varianta D1.....	131
Tab. 60 - Harmonogram ukládání UOS – třísměnný provoz, varianta D2.....	131
Tab. 61 - Harmonogram ukládání UOS – třísměnný provoz, varianty D3.....	132
Tab. 62 - Harmonogram ukládání UOS – třísměnný provoz, varianty D4.....	132
Tab. 63 – Harmonogram HÚ pro dispoziční variantu D1.....	133

Tab. 64 – Harmonogram HÚ pro dispoziční variantu D2.....	134
Tab. 65 – Harmonogram HÚ pro dispoziční variantu D3.....	135
Tab. 66 – Harmonogram HÚ pro dispoziční variantu D4.....	136

Seznam použitých zkratk:

AOPK	Agentura ochrany přírody a krajiny
AZ	aktivní zóna reaktoru
BK	betonkontejner
BPEJ	bonitovaná půdně ekologická jednotka
CCTV	Uzavřeny přenos televizního signálu (Closed Circuit TV)
ČBÚ	Český báňský úřad
ČGS	Česká geologická služba
ČHMÚ	Český hydrometeorologický úřad
ČOV	čistírna odpadních vod
ČR	Česká republika
DN	jmenovitý průměr (Diameter nominal)
DuSO	důlní stavební objekt
EDU	jaderná elektrárna Dukovany
EDZ	Excavation Damaged Zone (zóna poškození ražbou)
EHP	Evropský hospodářský prostor
EHS	Evropské hospodářské společenství
EIA	Hodnocení vlivu na životní prostředí (Environmental Impact Assessment)
EO	ekvivalentní obyvatelé
EPS	elektrická požární signalizace
ETE	jaderná elektrárna Temelín
EURATOM	Evropské společenství pro atomovou energii
EVL	evropsky významná lokalita
EZS	elektronický zabezpečovací systém
FO	fyzická ochrana
GIS	geografický informační systém
HB	Potenciálně využitelný horninový blok
HK	horká komora
HÚ	hlubinné úložiště
HZS	Hasičský záchranný sbor
CHKO	chráněná krajinná oblast
CHLÚ	chráněné ložiskové území
CHOPAV	Chráněná oblast přírodní akumulace vod
IAEA	Mezinárodní agentura pro atomovou energii
JE	jaderná elektrárna
JZ	jaderné zařízení
LAN	Lokální síť (počítačová, Local Area Network)
LED	Svítivá dioda (Light Emitting Diode)
MaR	Měření a regulace
MPK	molnanubický plutonický komplex
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NDOP	Nálezové databáze ochrany přírody
NJZ	nový jaderný zdroj
NKOD	Národní katalog otevřených dat

NN	nízké napětí
NP	národní park
NPP	národní přírodní památka
NRBK	národní biokoridor
NRTM	Nová rakouská tunelovací metoda
OP	ochranné pásmo
ORP	obec s rozšířenou působností
OS	obalový soubor
OZKO	oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší
PA	povrchový areál
PBŘ	požárně bezpečnostní řešení
PE	polyethylen
PK	palivová kazeta
PO	požární ochrana
PP	palivový proutek
PP	polypropylen
PP	přírodní památka
PR	přírodní rezervace
PS	palivový soubor
PUPFL	pozemek určený k plnění funkcí lesa
PÚGP	průzkumné území pro geologické charakterizační práce
PÚPP	průzkumné území pro projektové práce
PÚR	politika územního rozvoje
PÚZZK	průzkumné území pro zvláštní zásah do zemské kůry
RO	radiační ochrana
RAO	radioaktivní odpad
RBK	regionální biokoridor
RPHÚ 1999	Referenční projekt hlubinného úložiště – verze z roku 1999
RPHÚ 2011	Aktualizace referenčního projektu hlubinného úložiště z roku 2011
SEKM	systém evidence kontaminovaných míst
SLT	soubor lesních typů
SO	stavební objekt
SOZ	samočinné odvětrávací zařízení
STL	středotlak
SÚJB	Státní úřad pro jadernou bezpečnost
SÚRAO	Správa úložišť radioaktivních odpadů
TBM	tunelové razicí stroje (Tunnel Boring Machines)
TSFO	Technický systém fyzické ochrany
TP	trhací práce
TV+R	televize + rozhlas
UKS	univerzální kabelážní systém
UOS	ukládací obalový soubor
UPS	nepřerušitelný zdroj napájení (Uninterruptible Power Supply)
ÚAN	Území archeologických nálezů
ÚJV	ÚJV Řež, a.s.
ÚP	územní plánování

ÚRAO	úložiště radioaktivních odpadů
ÚSES	Územní systém ekologické stability
ÚSKP	Ústřední seznam kulturních památek
ÚTP	územně technické podklady
VJP	vyhořelé jaderné palivo
VKP	významný krajinný prvek
VN	vysoké napětí
VTL	vysokotlak
VVN	velmi vysoké napětí
VZT	vzduchotechnika/vzduchotechnické
ZD	zemědělské družstvo
ZCHÚ	zvláště chráněná území
ZPF	zemědělský půdní fond
ZR/N	závodní rozhlas / nouzový zvukový systém
ZÚR	zásady územního rozvoje
ZZS	zdravotní záchranná služba
ŽP	životní prostředí

Vysvětlení pojmů:

Betonkontejner	Obalový soubor pro ukládání RAO z vyřazování a ostatní RAO nepřijatelné do povrchových úložišť.
CASTOR	Obalový soubor, určený pro skladování a přepravu vyhořelého jaderného paliva.
Hlubinné úložiště	Jaderné zařízení sloužící k trvalému uložení radioaktivních odpadů zahrnující jak podzemní, tak i povrchovou areál, vč. podpůrných zařízení a objektů mimo samotnou střeženou část areálu.
Horizontální způsob ukládání	Způsob trvalého uložení UOS v HÚ do subhorizontálních vrtů, předpokládající uložení více UOS do jednoho vrtu při jejich oddělení dalšími inženýrskými bariérami.
Horká komora	Zařízení překládacího uzlu, hermeticky oddělené od ostatního prostoru, ve kterém bude prováděna závážka obsahu přepravního OS do UOS.
Horninový blok	Homogenní horninový blok potenciálně využitelný pro ukládání VJP a RAO. Na horizontu cca -500 m pod povrchem terénu jej představuje plocha vymezená zlomy 1. a 2. kategorie protínající perspektivní území pro projektové řešení v tomto horizontu
Inženýrská bariéra	Člověkem vytvořená bariéra bránící transportu radionuklidů. Inženýrskou bariérou jsou například ukládací obalové soubory, na bázi bentonitu těsnící materiály, aj..
Lokalita	Širší území, na kterém je vymezena hranice PÚZZK.
Perspektivní území pro projektové práce	Území vhodné pro projektové práce hlubinného úložiště v horizontu -500 m pod povrchem terénu, bez zlomů I. Kategorie a jejich ochranných obálek. Reprezentuje izolační část úložiště, do které je umísťováno projektové řešení. Perspektivní území pro projektové práce je definováno v polygonu perspektivního území pro geologické charakterizační práce
Potenciálně využitelný horninový blok	Horninový blok na ukládacím horizontu prostorově vymezený průzkumnou činností, u kterého je předpoklad, že svými fyzikálně-mechanickými vlastnostmi je vhodný pro uložení UOS.
Překládací uzel	Soubor objektů a zařízení sloužících k příjmu přepravních OS a překládce jejich obsahu do ukládacích OS.
Ukládací obalový soubor	Obalový soubor určený k trvalému uložení v HÚ.

Ukládací vrty	Krátké svislé vrty vyhloubené v zavážecích chodbách nebo subhorizontální vrty prováděné z páteřních chodeb HÚ, ve kterých budou uloženy ukládací obalové soubory s vyhořelým jaderným palivem. UOS jsou chráněny jednotlivými inženýrskými bariérami.
Uzávěra	Konstrukce fyzicky oddělující prostory s uloženým VJP od ostatních provozovaných částí HÚ v rámci ukládacích sekcí.
Vyhořelé jaderné palivo	Ozářené jaderné palivo, které bylo trvale vyjmutο z aktivní zóny jaderného reaktoru.
Vertikální způsob ukládání	Způsob trvalého uložení UOS v HÚ do vertikálních vrtů, předpokládající uložení vždy jednoho UOS do samostatného vrtu vč. jeho ochrany dalšími inženýrskými bariérami.
Zátka	Speciální inženýrská bariéra, která zajišťuje a utěsňuje ústí ukládacího vrtu pro VJP a komory pro ukládání RAO.
Zóna poškození v důsledku ražby EDZ	(angl. Excavation Damaged Zone, EDZ). Oblast nereverzibilních (nevratných) deformací s propagací trhlin nebo vznikem nových trhlin v krystalinických horninách.
Zóna narušení v důsledku ražby EdZ	(angl. Excavation Disturbed Zone, EdZ). Oblast, kde se vyskytují pouze reverzibilní (vratné) elastické deformace. Platné pro krystalinické horniny.

Abstrakt

Studie umístitelnosti ověřuje umístění podzemního a povrchového areálu hlubinného úložiště pro VJP a ukládání radioaktivních odpadů nepřijatelných do stávajících přípovrchových úložišť ve vymezeném průzkumném území lokality Janoch. Technické řešení je zpracováno ve 4 dispozičních řešeních, které zahrnují varianty vertikálního a horizontálního způsobu ukládání VJP, respektive preferované ražby hlavních důlních děl konvenčním způsobem a stroji TBM. Ověření umístění podzemního areálu zahrnuje posouzení velikosti potenciálně využitelných horninových bloků dle předpokládaného inventáře VJP a RAO a stanovení objemu rubaniny pro jednotlivá dispoziční řešení. Studie navrhuje optimální umístění povrchového areálu v rámci lokality včetně jeho napojení na infrastrukturu a způsob realizace horké komory. Zpráva rovněž obsahuje, identifikaci a zhodnocení nejistot navržených řešení. Projektové řešení podzemní části HÚ je aktualizováno na základě provedeného geofyzikálního výzkumu k 30.9.2019.

Klíčová slova

Hlubinné úložiště, horizontální ukládání, vertikální ukládání, vyhořelé jaderné palivo, RAO, horká komora, Janoch

Abstract

The Site study verifies the location of the underground and surface area of DGR for SNF and the storage radioactive waste unacceptable to existing landfill sites (RAO) in the designated exploration area of the Janoch. The technical solution is elaborated in 4 dispositional solutions, which include variants of vertical and horizontal method of deposition of SNF, respectively preferred excavation of main mining works in a conventional method and by TBM machine. Verification of the location of the underground area includes assessing the size of potentially usable rock blocks according to the predicted SNF and RAO inventory and determining the bulk volume for individual disposition solutions. The study suggests the optimal location of the surface area within the site, including its connection to the infrastructure and the way the hot cell is realized. The report also includes assessing conflicts of interest, identifying and evaluating the uncertainties of the proposed solutions. The technical solution of the underground part of the DGR is updated on the base of the geophysical research by 30th September 2019.

Keywords

Deep geological repository, horizontal disposal, vertical disposal, spent nuclear fuel, radioactive waste, hot cell, Janoch

1 Účel zprávy a její vazba na další hlavní zprávy o lokalitě

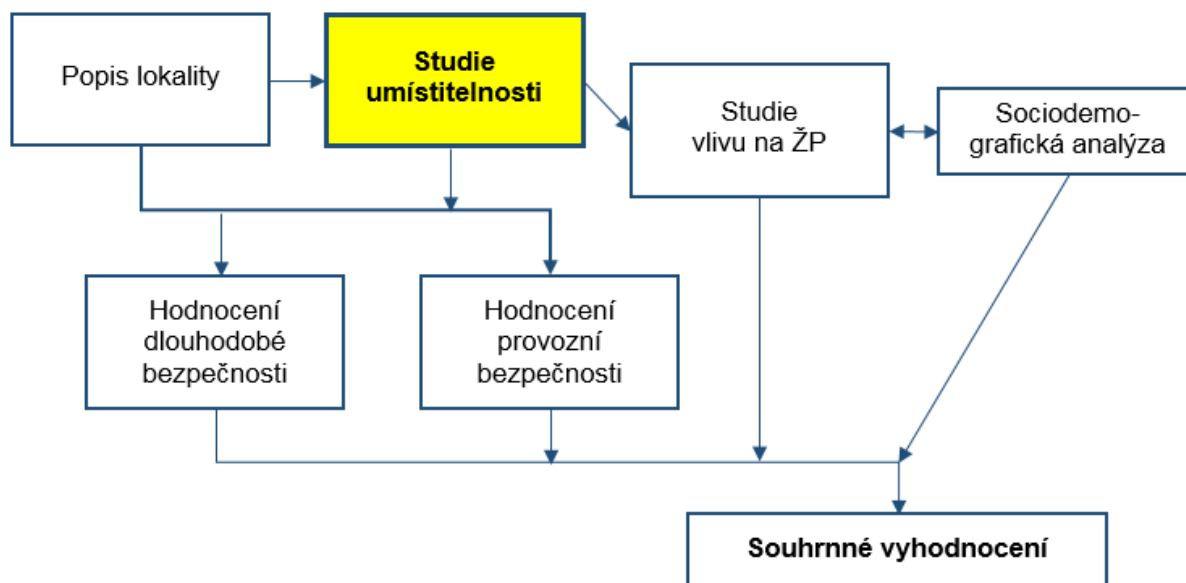
Účelem zpracování této studie je aktualizace ověření splnění vybraných kritérií na lokalitě Janoch z projektového pohledu na základě provedeného geofyzikálního výzkumu (MIXA, P. et al., 2019) . Studie slouží jako souhrnný dokument ve zpracované oblasti, který analyzuje doposud získané a v daném čase známé informace o lokalitě a je podkladem pro celkové hodnocení a porovnání lokalit v etapě zužování počtu pro další etapu výzkumných a průzkumných prací.

Zpráva vychází z (NAVRÁTILOVÁ, V. et al., 2018), (ZAHRADNÍK, O. et al., 2020) a shrnuje doposud získané informace o lokalitě sloužící pro prostou implementaci referenčního projektu (POSPÍŠKOVÁ, I. et al., 2011) do lokality, resp. Optimalizace podzemní části (GRÜNWARD, L. et al., 2018) pouhým umístěním úložných prostor v podzemní části do vymezeného horninového bloku bez podrobnější znalosti jeho vlastností. Toto umístění slouží pouze k orientačnímu potvrzení velikosti horninového bloku, a určení velikosti rezervy, která umožní v dalším stupni zpracování zahrnout další specifické požadavky pro umístění podzemního areálu. Studie tak slouží pro porovnání lokality s ostatními zvažovanými lokalitami v rámci procesu hodnocení a výběru 4 doporučených lokalit z 9 hodnocených, a to z hlediska bezpečnosti a proveditelnosti a vlivu stavby na životní prostředí.

Lokalizace povrchového areálu je v rámci aktualizace ponechána dle (NAVRÁTILOVÁ, V. et al., 2018). Tato lokalizace je podkladem pro komplexní zpracování návrhu propojení ukládacích sekcí s povrchem. Umístění povrchového areálu je předběžné, s vypořádáním střetů zájmů a s možností připojení na potřebnou technickou infrastrukturu. Studie se v této fázi z výše uvedených důvodů nezabývala umístěním povrchového areálu ve větší vzdálenosti od podzemní části, ale následné zpracování tuto variantu nevyklučuje. Podrobnější lokalizace povrchového areálu bude řešena až v následujících fázích projektového řešení, v návaznosti na zjištěné charakteristiky horninového masivu v podzemí a posouzení možností a střetů zájmů v širším okolí.

Řešení podzemní části HÚ je v této etapě prací zaměřeno především na jeho velikost (zejména ukládacích sekcí) a jejich rozlohu ve vztahu k velikosti definovaného potenciálně vhodného bloku horniny.

Schéma vazeb zprávy na další hlavní zprávy o lokalitě je uvedeno na Obr. 1.



Obr. 1 – Schéma vazeb zprávy na další hlavní zprávy o lokalitě

Studie je v koncepční úrovni a vychází z podkladů Energetické koncepce a Koncepce nakládání s VJP a RAO vlády ČR. Výchozím podkladem je předpokládaný rozvoj a provoz jaderné energetiky v ČR, tj. dostavba tří bloků NJZ a celkový odhad produkce VJP, který prezentuje 7 600 ks UOS, pro něž je třeba najít vhodné úložiště. Produkce VJP je plynulá, podle schváleného provozu jaderných elektráren v délce 60let (všechny reaktory, stávající i nově plánované) a doba od vyjmutí palivových článků z aktivní zóny reaktoru, před uložením do úložiště minimálně 65 let.

Lokalita je charakterizována především velikostí potenciálně vhodného území pro umístění HÚ a hodnotami jednotlivých horninových charakteristik. Zejména jsou důležité napjatostně–deformační a teplotně-fyzikální charakteristiky horniny.

2 Vstupní údaje a technické požadavky

2.1 Věcné a technické zadání

Studie umístitelnosti HÚ vychází z věcného a technického zadání stanoveného objednatelem v zadávacím listu ZL 003/08 – Studie umístitelnosti HÚ v lokalitě Janoch, aktualizace na základě geofyzikálního výzkumu k 30.9.2019.

Tato studie navazuje na:

- Optimalizaci podzemních částí HÚ referenčního projektu (GRÜNWALD, L. et al., 2018), která je provedena v teoretické úrovni jako typové řešení,
- Původní Studii proveditelnosti HÚ v lokalitě Janoch (NAVRÁTILOVÁ, V. et al., 2018),
- Doplněk ke studiím umístitelnosti HÚ v kandidátních lokalitách (ZAHRADNÍK, O. et al., 2020).

Přehled dalších předcházejících projektových studií, na které aktualizace studie umístitelnosti navazuje:

- Referenční projekt 1999 (HOLUB, J. et al., 1999)
- Aktualizace referenčního projektu 2011 (POSPÍŠKOVÁ, I. et al., 2011)

2.2 Předmět plnění

- 1) Aktualizace umístění podzemního areálu:
 - a) Aktualizace návrhu podzemní části HÚ v návaznosti na změnu potenciálně využitelných homogenních horninových bloků, ve variantě horizontálního a vertikálního ukládání VJP, resp. ve variantě konvenčního a mechanizovaného ražení (TBM)
 - b) Aktualizace stanovení objemu rubaniny podle varianty ukládání VJP, včetně ostatních podzemních děl a návrhu místa jejího dočasného skladování a možného využití
 - c) Stanovení objemu rubaniny pro případný variantní přístup do podzemního areálu (šachta x úpadnice)
- 2) Aktualizace identifikace a zhodnocení nejistot navržených řešení
- 3) Doplnění přepravních vzdáleností z míst produkce VJP do HÚ po železnici.

Aktualizované dokumenty musí zohlednit požadavky relevantní tuzemské legislativy (zejména vyhl. 378/2016 Sb.) a doporučení IAEA, zejména SSG 14, čl. 25-52.

2.3 Přístup k řešení

Zpracované řešení hlubinného úložiště respektuje požadavky plynoucí z platné legislativy. Samotný návrh dbá na zajištění funkčnosti HÚ jako celku při dodržování vysoké míry bezpečnosti během výstavby, provozní bezpečnosti a bezpečnosti úložiště po ukončení provozu HÚ.

2.4 Přehled použitých vstupních údajů

V následujících kapitolách jsou uváděny základní podklady a parametry, které vycházejí z (GRÜN WALD, L. et al., 2018).

2.4.1 Základní předpoklady

Základním vstupem pro studii umístitelnosti je předpokládaný inventář ukládaného VJP a RAO. Tab. 1 udává bilanci VJP v počtu UOS pro daný typ paliva, který vychází z délky provozu jaderných elektráren a počty betonkontejnerů.

Tab. 1 – Bilance UOS pro VJP a RAO

PALIVO	POČET
VVER 440	3100 UOS
VVER 1000	1800 UOS
NJZ	2700 UOS
RAO	3000 BK

V Tab. 2 jsou shrnuty rozměry ukládacích obalových souborů pro VJP a RAO.

Tab. 2 – Rozměry UOS pro VJP a BK pro RAO

PALIVO	ROZMĚRY
VVER 440	805*3733 mm
VVER 1000	1050*5375 mm
NJZ	1050*5375 mm
RAO	1700*1700*1500 mm

Způsob ukládání:

- Horizontální
- Vertikální

Hloubka umístění HÚ min. 500 m pod povrchem.

2.4.2 Inženýrsko-geologické poměry

2.4.2.1 Geologie horninového prostředí

Geologické podloží PÚGP lokality Janoch dle (PERTOLDOVÁ, J. et al., 2020) (zpracováno dle (MIXA, P. et al., 2019)) tvoří horniny poměrně monotónního charakteru krystalinického prostředí tvořeného migmatizovanými pararulami s téměř penetrativní stavbou upadající k SZ až S pod středním až středně strmým úhlem. Tento horninový typ tvoří asi 85 % PÚGP. Na severu zasahuje do území okatá, drobovitá varieta pararul, která se vyznačuje mírným nebo téměř žádným stupněm anatexe. Určitou míru nehomogenity prostředí způsobují vložky vápenatosilikátových hornin (erlanů a mramorů), kvarcitů a žilných hornin, které byly ověřeny

při novém geologickém a geofyzikálním výzkumu. Poměrně významný je pruh erlanů a mramorů směru VSV–ZJZ, tvořený čočkovitými tělesy o mocnosti 50–120 m se sklonem upadání 75° k SSZ, který probíhá na jižním okraji území. Významnější tělesa středně zrnitých granitů byla zjištěna při S a SV okraji PÚGP. Homogenitu prostředí také mírně snižují hluboce zvětralé zóny krystalinika, které byly nově identifikovány zejména při východním okraji PÚGP.

Při novém geologickém a geofyzikálním výzkumu došlo také k mírnému navýšení rozsahu ploch s terciárními uloženinami, jako např. nově zjištěný relikv terciéru (spodní mydlovarské souvrství) 2,5 km JV od obce Kočín. Dokumentována byla izolovaná terciární pánev při jižním okraji obce Jeznice. Tato pánev je situovaná těsně za východním okrajem PÚGP a neovlivní jeho homogenitu. Mocnost výplně svrchního mydlovarského souvrství byla stanovena na 20–30 m, zatímco spodní mydlovarské souvrství vykazuje mocnost sedimentů až 70 m. Kvartér je v polygonu zastoupen jen minimálně, většinou se jedná o fluviální sedimenty kolem toků nebo jílovito-písčité svahoviny.

Na lokalitě Janoch (ETE-jih) byly v rámci PÚGP vymezeny dva polygony PÚPP dále označované jako východní a západní horninový blok. Celková rozloha obou polygonů je na povrchu 10,169 km². Východní HB byl definován během starších výzkumných prací, západní HB byl nově vymezen na základě stávajících výsledků výzkumných geologických a geofyzikálních prací.

Východní HB je geologicky situován z více jak 90 % do komplexu migmatizovaných pararul, které představují homogenní litologické prostředí. Homogenitu kompaktních pararul narušují drobné výskyty vápenato-silikátových hornin, kvarcitů pegmatitů, žilných křemenů a leukokratních mikrogranitů. Tato tělesa mají mocnosti v řádu metrů. Na severním okraji HB byly v okolí zlomové struktury ID 1 dokumentovány profilem dvě poměrně mocná tělesa granitů ve směru SV–JZ. Homogenitu prostředí také mírně snižují dokumentované hluboce zvětralé zóny krystalinika s hloubkou dosahu 5 - 35 m. Tyto zóny zvětrání byly nově identifikovány zejména při východním okraji HB. I když se jedná o blízké okolí HB, je předpoklad, že tyto zóny mohou od východu do HB zasahovat. Zlom ID1 2. kategorie je situován za severním okrajem navrženého východního HB (cca 150 m od okraje) ve směru SV–JZ. Vzhledem ke svému sklonu upadání k SZ pod strmým úhlem 85° by neměl v hloubce 500 m ovlivňovat homogenitu navrženého HB. Zlom ID 2 se nachází asi 200 m za jihozápadním okrajem HB a vykazuje průběh SZ–JV a úhel zapadání cca 85° k VSV. Z VJV do HB přímo zasahuje zlom ID 39 (2. kategorie), který v HB vykličuje.

Západní HB byl vymezen na základě nových prací. Je situován v jihozápadní části polygonu PÚGP a má na povrchu rozlohu 5,493 km². Litologicky se jedná o velmi homogenní území tvořené pararulami se stálým směrem i úklonem metamorfní foliace k SZ a s omezeným množstvím vložkových hornin. Území je minimálně zvětralé a pokryté platformními útvary (relikty terciárních uloženin). Zhruba 500 m za jižním okrajem HB probíhá pás erlanů a mramorů směru VSV–ZJZ s úklonem 75° k SSZ. Do středu HB zasahuje část (asi 1,2 km) zlomu 2. kategorie ID 1 ve směru SV–JZ, který v HB vykličuje.

Uvedené plošné výměry HB jsou stanoveny na povrchu území. Plošná velikost horninových bloků PÚPP v pro projektové práce předmětné hloubce cca 500 m se mírně liší – viz dále v textu.

2.4.2.2 Geologické modely

Pro účely aktualizace studii umístitelnosti byly použity tektonické modely, resp. modely křehkého porušení lokality.

Tyto modely byly zpracovány v rámci samostatného projektu Výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště a výstupem byly zprávy (MIXA, P. et al., 2019) a (MIXA, P. et al., in print), ve kterých je uvedena i geneze a metodika vzniku modelů.

2.4.2.3 Charakteristika výstupních podkladů pro studii umístitelnosti

Na základě jednotlivých 3D strukturně-geologických modelů (viz výše) byly vytvořeny podklady pro tuto studii umístitelnosti, kterými jsou:

- **Potenciálně využitelné bloky hornin pro ukládání VJP**
- **Zlomové systémy detailního 3D strukturně-geologického modelu**

Pro oba typy modelů byly stanoveny tyto kategorie zlomů:

- **1. kategorie**, délka zlomů přes 10 km
- **2. kategorie**, délka zlomů 1 km – 10 km
- **3. kategorie**, délka zlomů 10 m – 1 km

Dle těchto kritérií byly dle (PERTOLDOVÁ, J. et al., 2020) v regionálním strukturně-geologickém modelu lokality Janoch stanoveny dva polygony PÚPP, které jsou tvořeny v hloubce cca 500 m pod povrchem využitelnými bloky hornin pro ukládání VJP. Disponují výměrou:

- **Západní HB** **5 492 803 m²**
- **Východní HB** **4 676 358 m²**

Celková plocha perspektivních území pro projektové práce je **10 169 161 m²**.

2.4.2.4 Geotechnické parametry

Stanovení geotechnických parametrů vychází z dříve provedených prací - zkoušek na 12 vzorcích potenciálně hostitelských hornin odebraných vesměs z umělých skalních odkryvů (lomů) ve střední a východní části území. Následuje geotechnická charakteristika hornin převzatá z (NAVRÁTILOVÁ, V. et al., 2018).

Pevnost v příčném tahu se u zkoušených vzorků pararul pohybuje v hodnotách od 1,3 MPa do 9,8 MPa s tím, že nižší hodnoty byly naměřeny u těles zatěžovaných paralelně s foliací (plocha tahového porušení predisponována plochou foliace). Pevnost v prostém tlaku se pohybuje v hodnotách od 30,4 MPa do 114,1 MPa s tím, že nižší hodnoty byly naměřeny u těles zatěžovaných kolmo na foliaci. Pomocí nelineární regrese hodnot hlavních napětí naměřených při porušení u triaxiálních zkoušek a zkoušky v prostém tlaku byl na jedné sadě vzorků stanoven Parametr $m = 20.1$ Hoek Brownovy obálky pro neporušenou horninu. Modul pružnosti se u zkoušených vzorků pararul pohybuje v hodnotách od 6,58 GPa do 67,41 GPa, modul přetvárnosti pak v hodnotách od 4,64 GPa do 61,65 GPa. Výrazně nižší hodnoty obou modulů byly naměřeny u těles zatěžovaných kolmo na foliaci. Poissonovo číslo se pohybuje v hodnotách od 0,09 do 0,76. Abrazivnost zkoušených vzorků pararul charakterizovaná indexem CAI se pohybuje v hodnotách od 2,20 do 4,22. Dle klasifikace CAI (ASTM D7625-100, 2010) je zjištěná abrazivnost tedy vysoká (2,00-4,00) až extrémně vysoká (4,00-6,00).

Součinitel tepelné vodivosti se pohybuje v hodnotách od $1,75 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ do $3,32 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$. Měrná objemová tepelná kapacita se pohybuje v hodnotách od $1,81 \times 10^6 \text{ J.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ do $2,16 \times 10^6 \text{ J.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$. Tepelná difuzivita se pohybuje v hodnotách od $0,97 \times 10^{-6} \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ do $1,54 \times 10^{-6} \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$. Zjištěné hodnoty tepelných vlastností pak byly nezávislé na směru měření (tj. směru měření vůči foliaci).

Objemová hmotnost vysušená se u zkoušených vzorků pohybuje od 2616 kg.m^{-3} do 2698 kg.m^{-3} , objemová hmotnost nasycená v hodnotách od 2658 kg.m^{-3} do 2717 kg.m^{-3} , měrná hmotnost v hodnotách od 2621 kg.m^{-3} do 2733 kg.m^{-3} , otevřená pórovitost pak v hodnotách od 1,56 % do 4,20 %. Rychlost P-vln nasycenými vzorky se pohybuje v hodnotách od $3,888 \text{ km.s}^{-1}$ do $6,017 \text{ km.s}^{-1}$, rychlost S-vln v hodnotách od $1,684 \text{ km.s}^{-1}$ do $3,575 \text{ km.s}^{-1}$. Vzorky proměřené ve směru paralelně na foliaci pak vykazovaly vyšší polarizaci S-vln.

3 Střety zájmů a územní limity

Primárním podkladem pro aktualizaci studie umístitelnosti v lokalitě Janoch je provedený geofyzikální průzkum, který má především dopad do návrhu podzemní části HÚ. Kapitola střetů zájmů není změnou podkladů dotčena, výstupy provedené studie (NAVRÁTILOVÁ, V. et al., 2018) v oblasti identifikace a zhodnocení střetů zájmů v lokalitě Janoch proto zůstávají v platnosti.

4 Technické řešení HÚ

4.1 Průvodní technická zpráva

4.1.1 Základní identifikační údaje stavby a investora

Název stavby:	Hlubinné úložiště VJP a RAO, lokalita Janoch
Stupeň dokumentace:	Studie umísitelnosti – aktualizace
Charakter stavby:	novostavba
Účel stavby:	trvalé bezpečné uložení VJP a RAO a jejich dlouhodobá izolace od životního prostředí
Kraj:	Jihočeský
Okres:	České Budějovice
Katastrální území vázaná na stanovené PÚGP:	Kočín [613967] Knín [613959] Litoradlice [685828] Dříteň [633135] Olešník [710491] Jeznice [659452] Purkarec [736791]
Investor:	Správa úložišť radioaktivních odpadů – SÚRAO Dlážděná 6 110 00 Praha 1

4.2 Podzemní část hlubinného úložiště

4.2.1 Základní popis podzemní části HÚ

Podzemní část HÚ slouží především k dopravě VJP a VAO k místu uložení a samotnému ukládání těchto radioaktivních odpadů.

4.2.1.1 Celková koncepce podzemní části HÚ

Ukládací prostory a nezbytné přístupové chodby jsou realizovány ve stanovených potenciálně využitelných horninových blocích. Naproti tomu technické zázemí podzemní části hlubinného úložiště je optimálně umísťováno poblíž těchto bloků. Ukládací prostory se nacházejí v minimální hloubce 500 m pod povrchem terénu. Podzemní část HÚ je variantně řešena pro:

- **horizontální ukládání VJP**
- **vertikální ukládání VJP**

Rozdílný způsob ukládání VJP má:

- **Dopady do dílčích částí HÚ**

Rozdílná koncepce způsobu ukládání UOS s VJP má přímý vliv na velikost a uspořádání HÚ. Horizontální ukládání má jiné prostorové nároky na velikost a charakter ukládacích prostor oproti vertikálnímu ukládání. V následujících podkapitolách jsou obecně popsány dopady do dílčích částí HÚ. Podrobněji lze tyto vlivy volby způsobu ukládání patrné v kapitolách věnujících se konkrétním částem HÚ, resp. důlním stavebním objektům.

- **Dopady do objektů v podzemní a povrchové části**

Způsob ukládání VJP má jednoznačný vliv na volbu použité mechanizace nejen pro samotnou přepravu a ukládání UOS, ale také volbu strojní techniky pro ražbu ukládacích vrtů. Z toho plynou i odlišné prostorové nároky na důlní stavební objekty, jimiž jsou liniová podzemní díla, kterými tyto přepravní a ukládací stroje projíždějí. Jelikož má horizontální a vertikální ukládání především rozdílné nároky na velikost ukládacích prostor, má způsob ukládání dopad také na uspořádání povrchové části HÚ. Vliv může být očekáván především na velikosti jedno a vícedenních deponií v nebo poblíž povrchového areálu.

- **Dopady do infrastruktury**

Odlišný způsob ukládání s sebou přináší také odlišné nároky na zásobování areálu, resp. jednotlivých mechanismů elektrickou energií a jinými médii, které jsou nutné k jejich provozu, údržbě a opravě nebo provozu objektů s těmito mechanismy souvisejícími.

Koncepce projektového řešení podzemní části HÚ

Koncepčně je podzemní část HÚ projekčně řešena ve 2 dispozičních variantách, samostatně pro vertikální a také pro horizontální způsob ukládání VJP. Další dvě modifikovaná projektovaná řešení přinesla variabilní koncepce preferovaných způsobů ražeb jednotlivých důlních stavebních objektů.

Z hlediska způsobu rozpojování hornin se rozlišují tyto dva preferované typy ražeb:

- **Mechanizovaný způsob ražby** za pomoci plnoprofilových razicích strojů – především hard rock TBM
- **Konvenční způsob ražby** – cyklická ražba, při které jsou pro rozpojování hornin využity hlavně trhací práce (metoda NRTM, případně „Drill & Blast“)

Projektové řešení tedy mimo dva způsoby ukládání počítá u každého z nich variantně s dvěma preferovanými způsoby rozpojování hornin. Tímto vznikly 4 varianty dispozičního řešení podzemního areálu HÚ, které jsou pro zjednodušení dále označovány zkratkami D1 až D4.

V Tab. 3 jsou názorně uvedeny čtyři projekčně zpracované dispoziční varianty řešení podzemní části HÚ, a jak se vzájemně liší. Jednotlivé stavební objekty, na které tato tabulka odkazuje, jsou blíže popsány v dalších kapitolách této zprávy.

Tab. 3 – Dispoziční varianty řešení podzemního areálu HÚ

Dispoziční řešení	D1 – VU, M		D2 – VU, K		D3 – HU, M		D4 – HU, K	
	Vertikální		Vertikální		Horizontální		Horizontální	
Preferovaný typ ražby	K	M	K	M	K	M	K	M
Způsob ukládání VJP								
Zavážecí a odtěžovací tunel		x	x			x	x	
Pátevní chodby		x	x			x	x	
Spojovací chodby	x		x		x		x	
Ukládací chodby		x	x		---		---	
Ukládací vrty		x		x		x		x

VU – vertikální ukládání, HU – horizontální ukládání, K – konvenční metoda ražby, M – mechanizovaný způsob ražby za pomoci plnoprofilových razících strojů; Pozn.: Křížek značí preferovanou volbu technologie ražby pro danou variantu.

Tab. 3 rozlišuje pouze preferovaný typ ražby u jednotlivých důlních stavebních objektů, ale nevylučuje, že není použit u těchto objektů jiný způsob ražeb. Jinými slovy uvádí majoritní zastoupení dvou základních typů ražeb u vybraných DuSO. U zavážecího a odtěžovacího tunelu a také pátečních chodeb je v případě mechanizovaného způsobu ražby uvažováno s použitím plnoprofilových razících strojů typu hard rock TBM.

4.2.1.2 Uspořádání podzemní části HÚ

Hlubinné úložiště je koncipováno jako podzemní dílo, které je budováno v několika podzemních patrech, „horizontech“. Toto rozdělení je dáno především funkcí těchto horizontů, ale pro svou členitost a výškové uspořádání nelze hovořit o konkrétní výškové úrovni, kterou horizont představuje.

1) „Povrch terénu“

Tento horizont vymezuje prostor v přípovrchové oblasti, v němž se v první řadě nachází povrchový areál a k němuž přiléhá provozní budova aktivních provozů. V daném horizontu a bezprostřední blízkosti povrchového areálu, v zahloubeném DuSO 04, probíhá příprava RAO a VJP pro uložení (Modul M2b). V tomto objektu se nachází překládací uzel, horká komora a související provoz.

Na povrchu je vymezena relativní výšková úroveň $\pm 0,000$, která odpovídá nadmořské výšce 446 m n. m. a udává také nejnižší místo na povrchu terénu poblíž potenciálně využitelných horninových bloků. Tato vztahná rovina je směrodatná pro určení minimální výšky nadloží HÚ 500 m a používá se mj. pro relativní vymezení výškové úrovně jednotlivých horizontů.

Vztažný bod:

- Nadmořská výška: 446 m n.m. (B. p. v.) = $\pm 0,000$
- Souřadnice: X= 1148071.841; Y= 761282.5188 (S-JTSK)

Umístění vztažného bodu je patrné na situačních výkresech jednotlivých dispozičních variant řešení v přílohách č. 04 až 07.

2) „Ukládací horizont RAO“

Ukládací horizont RAO se nachází řádově dle jednotlivých dispozičních variant (D1 až D4) v rozmezí hloubek od -457 m do -487 m pod povrchem. V tomto horizontu se počítá

s umístěním komor pro uskladnění RAO (DuSO 11). Je uvažováno, že prostory jedné z těchto komor se dočasně využijí k umístěním konfirmační laboratoře (DuSO 12). Oba objekty se nacházejí v místě potenciálně využitelných horninových bloků.

3) „Ukládací horizont VJP“

V tomto horizontu jsou umístěny sekce pro ukládání VJP, technické zázemí úseku ražby a úseku přípravy a ukládání VJP a konfirmační laboratoř (DuSO 12). Sekce pro ukládání VJP jsou projektovány v potenciálně využitelných horninových blocích, zatímco technické zázemí HÚ je umístěno mimo tyto bloky. Hodnota -500 m pod povrchem představuje nejvyšší polohu ukládacího místa pro VJP. Vlivem zajištění min. podélného sklonu pro gravitační odvodnění celého ukládacího horizontu se technické zázemí, kde jsou umístěny jímací objekt a čerpací stanice, se technické zázemí nachází o několik desítek metrů níže než ukládací sekce VJP. Dispoziční řešení jednotlivých projektovaných variant je odlišné, a tím se mění i výškové uspořádání podzemního areálu. Řádově se ukládací horizont VJP nachází v hloubce -500 m až -530 m pod povrchem.

Všechny uvedené horizonty jsou vzájemně propojeny v lokalitě Janoch zavážecím a odtěžovacím tunelem a vtažnou jámou. Přesné výškové vymezení ukládacích horizontů RAO a VJP je patrné na situačních výkresech jednotlivých dispozičních variant řešení v přílohách č. 04 až 07.

4.2.1.3 Moduly podzemní části HÚ

Podzemní areál je v zásadě rozdělen na dvě samostatné části – úsek ražeb a výstavby, úsek přípravy a ukládání. HÚ jako takové je pro přehlednost detailněji rozděleno na jednotlivé moduly lišící se svou funkcí, kterou plní v rámci hlubinného úložiště.

Jmenovitě to jsou moduly:

- **Modul M2b – Modul přípravy RAO a VJP pro uložení**
- **Modul M10 – Modul dopravní**
- **Modul M11 – Modul ukládání VJP**
- **Modul M12 – Modul ukládání RAO**
- **Modul M13 – Modul konfirmační laboratoře**
- **Modul M14 – Modul výstavby**
- **Modul M15 – Modul ražby a transportu rubaniny na povrch**
- **Modul M16 – Modul větrání**
- **Modul M17 – Modul čerpání důlních vod**

Následující odstavce se věnují stručnému popisu a vymezení funkce jednotlivých modulů.

Modul M2b – Modul přípravy RAO a VJP pro uložení

Modul M2b je součástí modulu M2. Ten je rozdělen na povrchovou část M2a a podzemní část M2b. Modulem M2a je řešen v rámci objektové skladby povrchového areálu.

Modul přípravy RAO a VJP slouží k zajištění příjmu a vyložení a skladování VJP v meziskladu umístěném v horké komoře. Dále se zabývá příjmem, přípravou a kontrolou prázdných ukládacích obalových souborů, jejich skladováním, plněním a přípravou ke konečnému uložení v podzemním areálu hlubinného úložiště. Modul přípravy RAO a VJP pro uložení rovněž

zahrnuje přípravu a uložení RAO vzniklých při provozu horké komory. Objektově modul M2b zahrnuje hloubený důlní stavební objekt DuSO 04 (Příprava RAO a VJP).

Modul M10 – Modul dopravní

Dopravní modul zahrnuje veškerou přepravu UOS, mechanismů, osob, materiálu a energie mezi povrchovým a podzemním areálem a rovněž mezi jednotlivými důlními stavebními objekty. Přeprava probíhá za pomoci různých typů dopravních prostředků u osob, materiálu a UOS nebo kabelovou a trubní sítí v případě energií a jiných médií. Základními dopravními cestami HÚ na lokalitě Janoch je zavážecí a odtěžovací tunel, subhorizontální chodby v ukládacím horizontu (pátevní chodby, spojovací chodby, zavážecí chodby v případě vertikálního ukládání) a vtažná jáma.

Modul M11 – Modul ukládání VJP

Modul ukládání VJP sdružuje objekty a procesy spojené s vlastním uložením UOS v ukládacím vrtu při horizontálním nebo vertikálním ukládání. Mezi procesy, které se řadí do tohoto modulu, patří také konečné uzavírání ukládacích vrtů zátkou, včetně zaplňování ukládací chodby vhodným materiálem při vertikálním způsobu ukládání. V případě horizontálního ukládání jsou UOS ukládány do subhorizontálních ukládacích vrtů, u vertikálního ukládání jsou ukládacími prostory vertikální vrty provedené ze zavážecích chodeb.

Tento modul zahrnuje rovněž technické zázemí úseku přípravy a ukládání, mezi které patří rozvodna elektrické energie, dílny pro opravu a údržbu strojních mechanismů, požární sklad, sklad mazadel, úsek mytí a údržby. Shromaždiště osob, stanice první pomoci a zkušebna je společná s úsekem ražeb a výstavby.

Modul M12 – Modul ukládání RAO

Modul ukládání RAO sdružuje objekty a procesy spojené s uložením betonkontejnerů v ukládacích komorách. Proces následného zaplňování a uzavírání obsazených ukládacích komor patří rovněž pod tento modul. Samotné uložení RAO probíhá na ukládacím horizontu RAO.

Modul M13 – Modul konfirmační laboratoře

Modul konfirmační laboratoře je objektově rozdělen na dvě části, přičemž se obě nachází v potenciálně využitelných horninových blocích. První část konfirmační laboratoře je zřízena na horizontu ukládání RAO a jsou zde potvrzovány základní předpoklady o chování a vlastnostech horninového masívu. Vybudování této laboratoře předchází zahájení provozu, jelikož je nutné prokázat splnění odpovídajících požadavků vlastností masívu ovlivňující dlouhodobou bezpečnost HÚ (chemismus, tepelné, difúzní, sorpční a elektromigrační parametry, aj.). Druhá část je umístěna v ukládacím horizontu VJP. Zde jsou ve skutečných geologických podmínkách panujícím na ukládacím horizontu VJP ověřovány inženýrské bariéry a předpoklady navazující na již provedené výzkumné činnosti. Konfirmační laboratoř je dimenzována pro umístění 3 UOS. Nepředpokládá se však, že zde budou zaváženy UOS s VJP. Podrobněji se konfirmační laboratoří zabývá kap. 4.2.3.9.

Modul M14 – Modul výstavby

Modul výstavby M14 představuje technické zázemí pro úsek ražeb a výstavby. Zajišťuje tedy technickou podporu pro tyto činnosti. Modul výstavby funkčně navazuje na Modul ražeb a transportu rubaniny na povrch a také na Modul dopravní, jelikož je při výstavbě nutné počítat s transportem stavebního a jiného materiálu pro výstavbu. Modul výstavby zajišťuje rovněž veškeré stavební činnosti nezbytné k zajištění stavební připravenosti pro uvedení HÚ do provozu, které nejsou zahrnuty v ostatních modulech.

Modul M15 – Modul ražby a transportu rubaniny na povrch

Modul ražby a transportu rubaniny na povrch zahrnuje objekty a práce výlučně spojené s ražbou, manipulací a transportem rubaniny. Do Modulu ražby spadá rovněž provádění předstihových opatření, zlepšování horninového prostředí pro ražbu, dokumentace čelby a geotechnický monitoring. Důlní stavební objekty zajišťující technickou podporu ražby jsou zahrnuty v modulu M14. Mimo vlastní ražbu a manipulaci s rozpojenou horninou je třeba zajistit rovněž dopravu potřebného materiálu na pracoviště, a to jak ve fázi ražeb, tak i další výstavby a jinými činnostmi spojenými s dopravou materiálu. Ty jsou zahrnuty v modulu dopravním, ale nelze je opomenout při popisu modulu ražeb.

Modul M16 – Modul větrání

Modul větrání sdružuje objekty a procesy spojené se zajištěním přívodu čerstvých větrů do podzemí HÚ, jejich distribuci v rámci jednotlivých horizontů a odvedení mdlých větrů zpět na povrch. V rámci tohoto modulu je řešena také případná jejich úprava při vhnění do podzemí (např. předeřívání v zimních měsících) a vydechování k povrchu (filtrace). Cesty, kterými budou vedeny důlní větry, víceméně kopírují cesty dopravní. Jsou jimi tedy především subhorizontální chodby v ukládacím horizontu, zavážecí a odtěžovací tunel a vtažná jáma.

Modul M16 zahrnuje větrání DuSO 04, které je na větrání ostatních částí HÚ nezávislé.

Modul M17 – Modul čerpání důlních vod

Modul čerpání důlních vod koncepčně řeší akumulaci a transport důlních vod (průsakových a technologických) na povrch. Akumulace probíhá v jímacích objektech, přičemž před jejich čerpáním výtlačným potrubím na povrch je prováděno jejich čištění v sedimentačních nádržích.

4.2.1.4 Důlní stavební objekty

Podzemní část hlubinného úložiště je podrobněji rozdělena do jednotlivých stavebních objektů uvedených v Tab. 4:

Tab. 4 – Seznam důlních stavebních objektů

Č. OBJEKTU	NÁZEV OBJEKTU	MODUL
DuSO 01	ODTĚŽOVACÍ TUNEL	M10, M15, M16, M17
DuSO 02	ZAVÁŽECÍ TUNEL	M10
DuSO 03	VTAŽNÁ JÁMA	M10, M16, M17
DuSO 04	PŘÍPRAVA RAO A VJP	M2b
DuSO 05	PÁTEŘNÍ CHODBY	M10

Č. OBJEKTU	NÁZEV OBJEKTU	MODUL
DuSO 06	SPOJOVACÍ CHODBY ÚSEKU RAŽBY	M10
DuSO 07	SPOJOVACÍ CHODBY ÚSEKU UKLÁDÁNÍ	M10
DuSO 08	ZAVÁŽECÍ CHODBY	M11
DuSO 09	UKLÁDACÍ VRTY	M11
DuSO 10	ÚSEK KONTROLY/PŘEKLÁDKY UOS s VJP	M11
DuSO 11	UKLÁDACÍ KOMORY RAO	M12
DuSO 12	KONFIRMAČNÍ LABORATOŘ	M13
DuSO 13	ČERPACÍ STANICE S JÍMKOU	M17
DuSO 14	ROZVODNA – ÚSEK RAŽBY	M14
DuSO 15	ROZVODNA – ÚSEK UKLÁDÁNÍ	M11
DuSO 16	SHROMAŽDIŠTĚ OSOB, STANICE PRVNÍ POMOCI A ZKUŠEBNA	M11, M14
DuSO 17	DÍLNY PRO OPRAVU A ÚDRŽBU STROJNÍCH MECHANISMŮ	M11, M14
DuSO 18	SKLAD NÁHRADNÍCH DÍLŮ	M14
DuSO 19	SKLAD MAZADEL, ÚSEK MYTÍ A ÚDRŽBY	M11, M14
DuSO 20	SEDIMENTAČNÍ NÁDRŽ	M17
DuSO 21	SKLAD VÝBUŠNIN	M14
DuSO 22	POŽÁRNÍ SKLAD	M11, M14

4.2.1.5 Důlní provozní celky

Provoz podzemní části hlubinného úložiště je rozdělen do jednotlivých provozních celků zahrnující provozní soubory v rozsahu (POSPÍŠKOVÁ, I. et al., 2011) v Tab. 5:

Tab. 5 – Seznam důlních provozních celků

Č. OBJEKTU	NÁZEV OBJEKTU	ZAŘÍZENÍ
DuPC 01	TĚŽEBNÍ ZAŘÍZENÍ	Těžební zařízení, náraziště
DuPC 02	OPRAVY A PROVOZ DŮLNÍCH MECHANISMŮ	Vlastní mechanismy, opravny, remízy
DuPC 03	OPRAVY A PROVOZ UKLÁDACÍCH MECHANISMŮ	Vlastní mechanismy, opravny, remízy
DuPC 04	VZDUCHOTECHNIKA	VZT, zdroj chladu, výměňkové stanice

Č. OBJEKTU	NÁZEV OBJEKTU	ZAŘÍZENÍ
DuPC 05	ČERPÁNÍ VOD	Čerpací a přečerpávací stanice, trubní vedení
DuPC 06	SILNOPROUDÁ ZAŘÍZENÍ	Rozvody VN, trafostanice, rozvodna
DuPC 07	SLABOPROUDÁ ZAŘÍZENÍ	Rozvodny NN, rozvody NN, osvětlení, elektrozařízení
DuPC 08	TRUBNÍ ROZVODY POŽÁRNÍ VODY	Trubní rozvody požární vody, hasicí zařízení
DuPC 09	ROZVODY STLAČENÉHO VZDUCHU	Kompresorovna, trubní rozvody stlačeného vzduchu
DuPC 10	LABORATOŘE	Konfirmační laboratoř, zkušebny
DuPC 11	ZAŘÍZENÍ ÚPRAVY VOD	Odkalovací jímka, čištění vod
DuPC 12	DEKONTAMINACE	Dekontaminační zařízení
DuPC 13	SYSTÉM KONTROLY ŘÍZENÍ	Systém kontroly řízení
DuPC 14	RADIAČNÍ KONTROLA	Radiační kontrola
DuPC 15	AKTIVNÍ DÍLNY	Aktivní dílny
DuPC 16	PŘÍJEM A UKLÁDÁNÍ VJP, RAO	Zařízení příjmu, ukládky VJP a RAO, zařízení pro cementaci, sběr a zpracování RAO

4.2.1.6 Dopravní prostory

V rámci HÚ je zajištěno několik dopravních cest, které slouží k různým účelům:

- Dopravu VJP, RAO, mechanismů, materiálu či nadměrných nákladů
- Dopravu personálu úseku přípravy a ukládání
- Dopravu mužstva pro úsek ražeb a výstavby
- Transport rubaniny a odpadních důlních vod
- Transport energie, vody a vzduchu

Při zahájení ukládacího procesu je dbáno na oddělení dopravních cest nutných pro ražbu a pro samotné zavážení VJP a RAO. Rovněž osoby obsluhující úsek ražeb, resp. úsek ukládání se za běžného provozu HÚ dopravují na pracoviště vzájemně oddělenou cestou. Je vyžadováno, aby v momentě zahájení provozu HÚ za současné výstavby dalších úseků HÚ byla ražba oddělena od úseku přípravy a ukládání. Tento požadavek je promítnut do

dispozičního řešení HÚ a je zajištěn mj. rozmístěním fyzických zábran (trvalých a mobilních) zabraňujících volnému pohybu osob a mechanismů mezi jednotlivými úseky. Tyto bariéry musí na jednu stranu zajistit fyzické oddělení prostor (pohyb osob, zamezení prašnosti, případně požární předěl,...) na stranu druhou však umožnit současné provětrávání obou prostor jedním větrným proudem (vzduchotechnická klapka či prostup).

Základním dopravním objektem je úpadní zavážecí tunel, jímž jsou do horizontu ukládání VJP dopravovány UOS s VJP. Pro úsek přípravy a ukládání jsou osoby na místo určení přednostně dopravovány vozidly rovněž zavážecím tunelem.

Mužstvu úseku ražeb a výstavby slouží u lokality Janoch k dopravě do ukládacího horizontu VJP odtěžovací tunel vedený po většinu trasy paralelně k zavážecímu tunelu. Odtěžovací tunel slouží k transportu rozpojené horniny kolovými dopravními prostředky na povrch, alt. pásovými dopravníky. Transport rubaniny směrem k odtěžovacímu tunelu probíhá v rámci ukládacího horizontu vyraženými páteřními a spojovacími chodbami.

Přesun BK s RAO se předpokládá rovněž zavážecím tunelem, a to k ukládacímu horizontu RAO.

Zavážecí nebo odtěžovací tunel může sloužit také k dopravě nadměrných nákladů, mechanismů či materiálu (např. čerstvého betonu). V případě mimořádných událostí umožňuje systém fyzických zábran pohyb osob mezi provozy. Realizace dvou nezávislých úpadních dopravních tunelů je k tomuto účelu ideální, jelikož umožňuje zkrátit únikové cesty realizací únikových propojek mezi dvojicí tunelů.

Velikost průjezdných profilů manipulační techniky pro uložení UOS

Ze zprávy pro optimalizaci podzemních částí HÚ (GRÜNWARD, L. et al., 2018) vyplývají velikosti průjezdných profilů chodeb pro manipulační techniku pro uložení UOS. S ohledem na rozdílnou mechanizaci použitou pro horizontální a vertikální způsob ukládání se i stanovené průjezdné profily liší.

- **Horizontální způsob ukládání UOS**

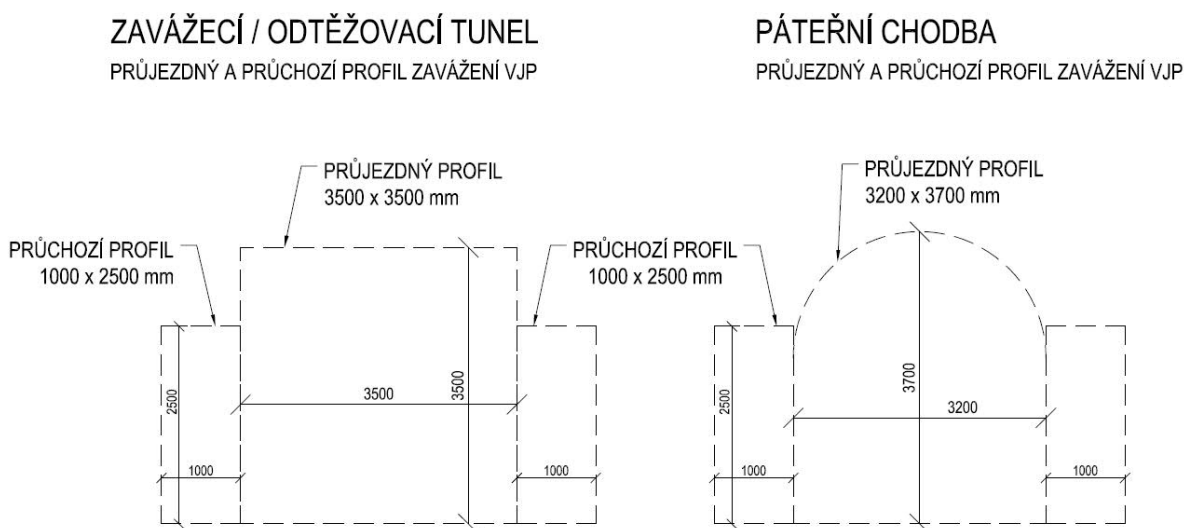
Koncepčně je uvažováno s použitím kolového mechanismu pro dopravu UOS s VJP zavážecím tunelem z překládacího uzlu objektu přípravy VJP a RAO (DuSO 04) do úseku překládky (DuSO 10) na ukládacím horizontu VJP.

Oproti tomu průjezdné profily manipulační techniky na ukládacím horizontu VJP, tedy pro průjezd páteřními chodbami, vychází z koncepčního projektu komplexního logistického procesu robotické manipulace a transportu ukládacích obalových souborů s vyhořelým jaderným palivem (SKAŘUPA, J. et al., 2017). V Tab. 6 jsou uvedeny příčné rozměry minimálních průjezdných profilů pro jednotlivé typy přepravních a ukládacích mechanismů UOS, resp. vybrané DuSO.

Tab. 6 – Průjezdné profily manipulační techniky pro uložení UOS – horizontální ukládání

DuSO	Min. šířka profilu [m]	Min. výška profilu [m]
Zavážecí tunel	3,5	3,5
Páteřní chodba	3,2	3,7
Spojovací chodba	3,2	3,7

Na Obr. 2 jsou manipulační prostory zpracovány do průjezdných profilů. U zavážecího tunelu a páteřních chodeb se počítá po stranách průjezdného profilu rovněž s průchozím prostorem velikosti 1,0 x 2,5 m. Spojovací chodby v tomto případě doplňují propojení mezi sítí chodeb páteřních a jsou shodného průjezdného profilu.



Obr. 2 – Průjezdné profily pro zavážení UOS s VJP hl. podzemních prostor – *horizontální ukládání*

- **Vertikální způsob ukládání UOS**

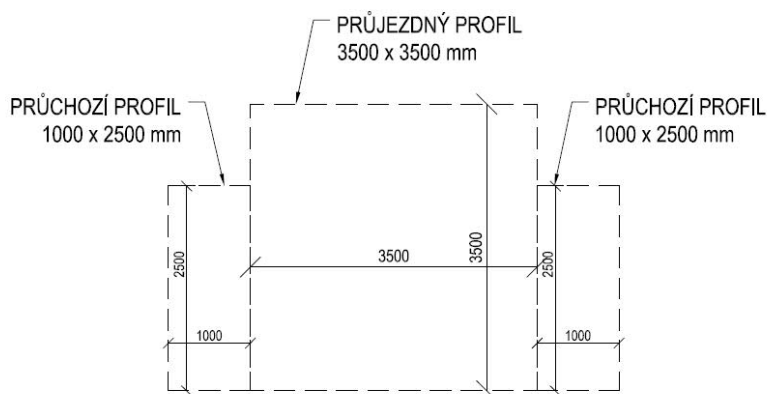
Je uvažováno, že bude vyvinuto jednotné zařízení, které bude sloužit nejen k přepravě VJP do podzemí, tj. od naložení UOS v horké komoře po přesun UOS k místu uložení, ale také jako ukládací tzn. samotné uložení UOS do připraveného vrtu. Z tohoto důvodu jsou rozměry průjezdného profilu pro zavážecí tunel a páteřní chodby na ukládacím horizontu VJP shodné. Jinak tomu je u zavážecí chodby, kde je nutné manipulační zařízení s UOS naklonit před samotným uložení do vertikální polohy. V Tab. 7 jsou shrnuty příčné rozměry minimálních průjezdných profilů pro vybrané DuSO.

Tab. 7 – Průjezdné profily manipulační techniky pro uložení UOS – *vertikální ukládání*

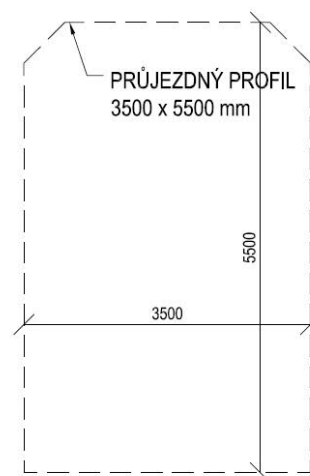
DuSO	Min. šířka profilu [m]	Min. výška profilu [m]
Zavážecí tunel	3,5	3,5
Páteřní chodba	3,5	3,5
Spojovací chodba	3,5	3,5
Zavážecí chodba	3,5	5,5

Na Obr. 3 jsou manipulační prostory zpracovány do průjezdných profilů. U zavážecího/odtěžovacího tunelu, páteřních a spojovacích chodeb se počítá po stranách průjezdného profilu rovněž s průchozím prostorem velikosti 1,0 x 2,5 m. Spojovací chodby v tomto případě doplňují propojení mezi sítí chodeb páteřních a jsou shodného průjezdného profilu.

**ZAVÁŽECÍ/ ODTĚŽOVACÍ TUNEL,
PÁTEŘNÍ A SPOJOVACÍ CHODBY**
PRŮJEZDNÝ A PRŮCHOZÍ PROFIL ZAVÁŽENÍ VJP



ZAVÁŽECÍ CHODBA
PRŮJEZDNÝ PROFIL ZAVÁŽENÍ VJP

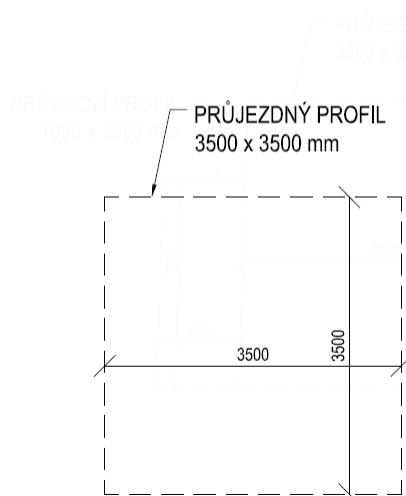


Obr. 3 – Průjezdny profily pro zavážení UOS s VJP hl. podzemních prostor – vertikální ukládání

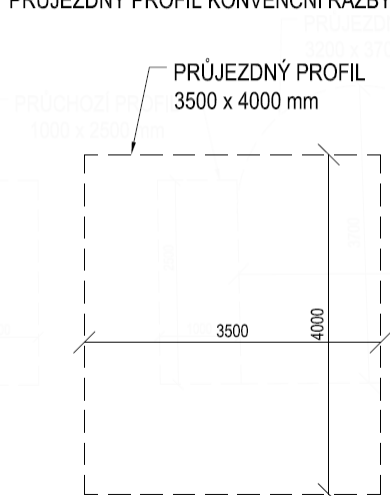
Velikost průjezdných profilů pro razicí techniku

Kromě manipulační techniky pro ukládání UOS jsou stanoveny a na Obr. 4 znázorněny průjezdny profily pro strojní mechanismy použité při ražbě a výstavbě HÚ. Průjezdny profil pro zavážecí a odtěžovací tunel po dobu jeho ražby je stanoven na 3,5 x 3,5 m. Při zajištění průchozího větrního proudu bez nutnosti přívodu vzduchu pomocí luten (napojení zavážecího a odtěžovacího tunelu na vtažnou jámu) je možné průjezdny profil zvětšit na 3,5 x 4,0 m. Na Obr. 5 jsou průchozí profily ražeb hlavních podzemních prostor při vertikálním ukládání.

ZAVÁŽECÍ / ODTĚŽOVACÍ TUNEL
PRŮJEZDNÝ PROFIL TBM RAŽBY

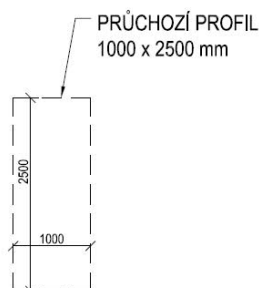


**ZAVÁŽECÍ / ODTĚŽOVACÍ TUNEL,
PÁTEŘNÍ, SPOJOVACÍ A ZAVÁŽECÍ CHODBA**
PRŮJEZDNÝ PROFIL KONVENČNÍ RAŽBY



Obr. 4 – Průjezdny profily pro ražby hl. podzemních prostor – vertikální ukládání

ZAVÁŽECÍ / ODTĚŽOVACÍ TUNEL,
PÁTEŘNÍ A SPOJOVACÍ CHODBY
PRŮCHOZÍ PROFIL RAŽEB



Obr. 5 – Průchozí profil pro ražby hl. podzemních prostor – vertikální ukládání

Příčné profily hlavních podzemních prostor

Příčné profily hlavních podzemních prostor (zavážecí a odtěžovací tunel, páteřní chodby, zavážecí chodby a spojovací chodby) jsou optimalizovány pro výše uvedené průjezdné profily manipulační techniky v období ražby, výstavby a provozu HÚ. Přílohová část zprávy obsahuje výkresy příčných řezů těchto důlních objektů.

4.2.1.7 Uspořádání ukládacích prostor pro VJP a RAO

Velikost ukládacích prostor pro VJP a RAO, tj. perspektivní území pro projektové práce, se v první řadě odvíjí od objemu ukládaného radioaktivního odpadu a vyhořelého jaderného paliva, které je požadováno v rámci HÚ uložit. S ohledem na výskyt zlomů 3. kategorie (zlomy délky 10 m až 1 km), u kterých nelze přesně definovat v ukládacím horizontu VJP jejich polohu, je při návrhu počítáno s 20% rezervou pro umístění počtu UOS. Tab. 8 uvádí předpokládaný počet UOS s VJP a počty UOS pro stanovení dispoziční 20% rezervy. Obdobným způsobem navyšuje i počty betonkontejnerů Tab. 9. Nutno podotknout, že dispoziční rezerva se v případě vertikálního ukládání promítá do adekvátního rozšíření počtu zavážecích chodeb, nikoliv však samotných ukládacích vrtů. Neboli počet vertikálních ukládacích vrtů odpovídá celkovému počtu UOS bez rezervy (7600). Naproti tomu při horizontálním ukládání odpovídá 20% rezerva v počtu UOS navýšení ukládacích míst v rámci ukládacích vrtů.

Tab. 8 - Předpokládaný počet UOS s VJP

UOS pro palivo	Počet UOS předpokládaná produkce	Počet UOS + 20% rezerva
VVER 440	3100	3720
VVER 1000	1800	2160
NJZ	2700	3240

Tab. 9 - Předpokládaný počet BK s RAO

Typ UOS	Počet UOS předpokládaná produkce	Počet UOS + 20% rezerva
Betonkontejner	3000	3600

Navržené prostory v podzemí, velikosti důlních objektů a profily ražených děl jsou definovány nejen objemem ukládaného materiálu, ale také způsobem ukládání. Vertikální a horizontální způsob ukládání mají odlišné požadavky nejen na ukládací manipulační techniku, ale též na prostory a technologii ražeb ukládacích vrtů a přístupových chodeb k nim přiléhajících. Velikost ukládacích prostor neméně závisí na zajištění minimálních odstupových vzdáleností mezi jednotlivými UOS stanovených na základě tepelných a statických výpočtů.

Samotné uspořádání ukládacích prostor je omezeno především geologickou stavbou horninového masívu. Na základě tektonické struktury hornin (zlomy, pukliny) byly stanoveny horninové bloky vhodné pro ukládání VJP dispozičně vymezující potenciálně vhodné a neporušené ukládací oblasti. Těmito bloky hornin se zabývá podrobněji kapitola 2.2 této zprávy a především (PERTOLDOVÁ, J. et al., 2020). Ukládací horizont VJP v potenciálně využitelném bloku hornin se předpokládá minimálně 500 m pod povrchem terénu. U lokality Janoch je tvořen dvěma polygony o celkové ploše přibližně **10,17 km²**.

4.2.1.8 Základní geometrie ukládacích prostor pro VJP

Základní geometrie ukládacích prostor pro VJP, resp. jejich základních prvků, je zpracovaná ve 4 variantách, která se odvíjí od dvou uvažovaných způsobů ukládání a taktéž dvojicí metod ražeb.

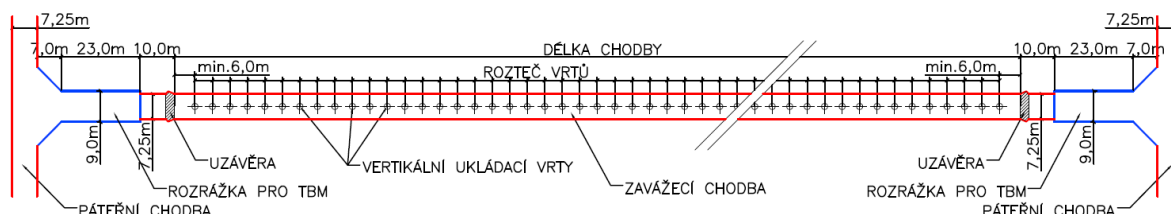
Vertikální ukládání

Jednou z uvažovaných možností ukládání vyhořelého jaderného paliva je umístění UOS do vertikálních vrtů.

Projektové řešení se zabývá uložením UOS s VJP do svislých vrtů budovaných z ukládacích chodeb. V každém vrtu bude uložen jeden UOS, přičemž v jedné zavázeční chodbě bude ukládán vždy jeden typ paliva.

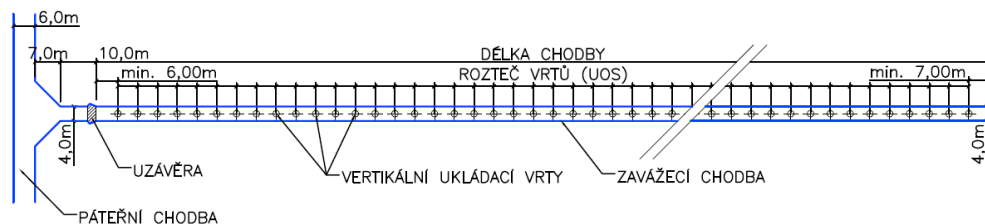
Na Obr. 6 a Obr. 7 je na schématu zavázeční chodby patrná základní geometrie jejích prvků. Jelikož se délka zavázečních chodeb mění s ohledem na způsob jejich ražeb, resp. dispozičním možnostem lokality, nejsou konkrétní rozměry ve schématech uváděny. Rozteč jednotlivých vrtů pro změnu závisí především na tepelných výpočtech pro daný typ UOS a VJP (viz 4.2.1.9).

Varianta D1 – Vertikální ukládání, převládající mechanizovaná ražba



Obr. 6 – Schéma vertikálního ukládání, převládající mechanizovaná ražba (D1)

Varianta D2 – Vertikální ukládání, převládající konvenční ražba



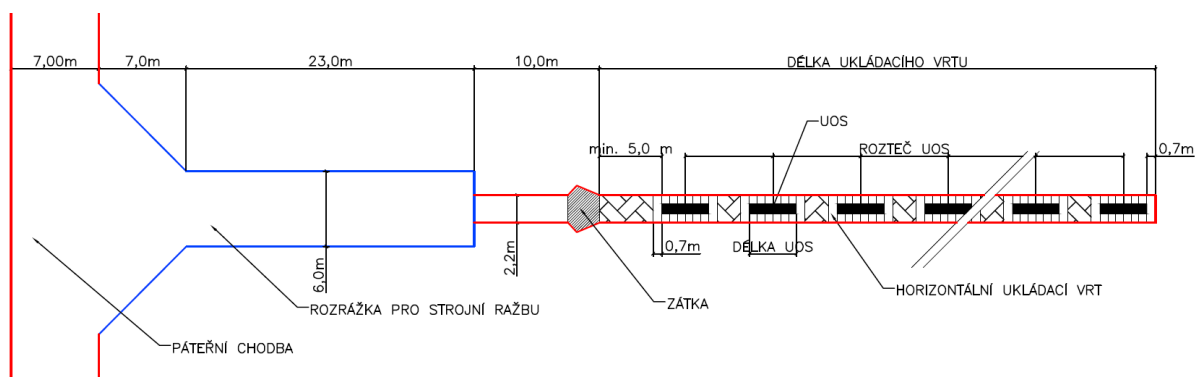
Obr. 7 – Schéma vertikálního ukládání, převládající konvenční ražba (D2)

V západním horninovém bloku jsou při vertikálním ukládání vymezeny 2 ukládací sekce, v nichž se nacházejí jednotlivé zavážeční chodby. Obě sekce jsou přitom umístěny v západním horninovém bloku. Jednotlivé dispoziční varianty a umístění ukládacích sekcí je patrné z přílohy č. 04 a 05.

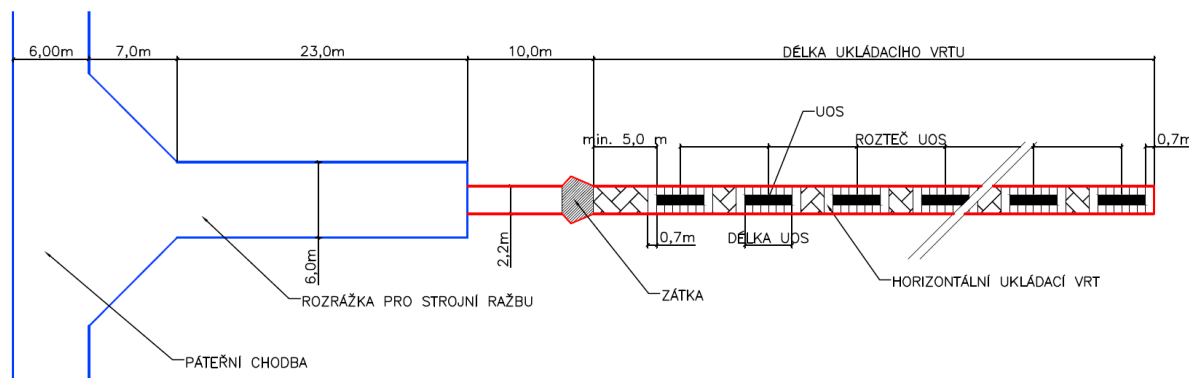
Horizontální ukládání

Základní geometrie subhorizontálních ukládacích vrtů dle dispozičních řešení, resp. dle variant ražby páteřních chodeb je patrný na Obr. 8 a Obr. 9.

Varianta D3 – Horizontální ukládání, převládající mechanizovaná ražba



Obr. 8 – Schéma horizontálního ukládání, převládající mechanizovaná ražba (D3)

Varianta D4 – Horizontální ukládání, převládající konvenční ražba

Obr. 9 – Schéma horizontálního ukládání, převládající konvenční ražba (D4)

Ve dvou horninových blocích jsou při horizontálním ukládání vymezeny vždy 4 ukládacích sekcí, v nichž se nacházejí jednotlivé subhorizontální ukládací vrty. U obou dispozičních variant jsou navrženy 2 ukládací sekce v západním a 2 ve východním horninovém bloku. Jednotlivé dispoziční varianty a umístění ukládacích sekcí je patrné z přílohy č. 06 a 07.

4.2.1.9 Vzájemné vzdálenosti ukládacích prostor VJP

Projektované vzdálenosti mezi jednotlivými zavážecími chodbami u vertikálního ukládání a ukládacími vrty při horizontálním ukládání, resp. vzájemná vzdálenost UOS byla stanovena na základě statického posouzení ukládacího místa a tepelných výpočtů.

Minimální osově rozteče ukládacích prostor – statické posouzení

Ukládací prostory, zavážecí chodby a ukládací vrty, byly podrobeny statickému posouzení v numerickém výpočetním programu CESAR v6 pracujícím na principu MKP.

Provedenými statickým výpočty bylo prokázáno, že zavážecí chodby a ukládací vrty jsou adekvátně navrženy k tomu, aby odolaly zatížení vlivem napjatosti masívu v dané hloubce v průběhu výstavby i jejich užívání. Statický výpočet (BUREŠ, P., 2017) potvrdil, že také nedojde k nepřijatelnému nárůstu deformací výrubu.

Pro projektování a bezpečný provoz hlubinného úložiště je klíčovým problémem také vznik a vývoj EDZ (zóny poškození horniny ražbou). Palčivým tématem je především možnost vzniku otevřených diskontinuit různého měřítka, které sice nemají vliv na celkovou stabilitu podzemního díla, ale mohou představovat snadnější cesty pro případnou migraci radionuklidů. Rovněž šíření tepla v částečně rozpukaném masívu kolem výrubu je otázkou, kde existuje řada neznámých. Lze ovšem jednoznačně říct, že charakter a vývoj EDZ má tedy vliv na bezpečnost úložiště, robustnost inženýrských řešení, a tedy i na použité technologie rozpojování. Získat odpovědi na důležité neznámé v této problematice si klade za úkol výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení HÚ (VAVRO, M. et al., 2016).

Porušení okolo ražených děl ovlivňují následující parametry:

- geometrie důlního díla,
- stav napjatosti masívu,
- orientace důlního díla,
- mechanické vlastnosti hornin,

- mechanické vlastnosti horninového masivu,
- geologické struktury v blízkosti díla,
- použitá razicí metoda.

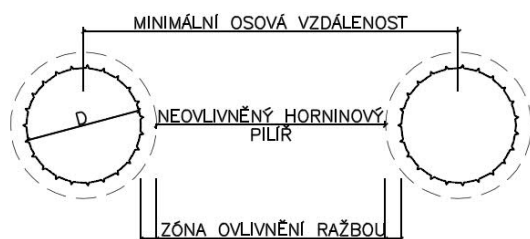
Jelikož v současné době nelze nalézt odpovědi na všechny otázky kolem vyskytujících se fenoménů, byly stanoveny velikosti zóny ovlivnění vlivem použité technologie ražby a jiných vlivů s vysokou mírou konzervativnosti. Tab. 10 porovnává volbu ovlivněných zón dle jednotlivých důlních děl a použité technologie ražby.

Tab. 10 – Velikosti zón ovlivnění dle použité technologie ražeb

Ukládací místo	Výška chodby H/průměr chodby(vrtu) D	Zóna ovlivnění ražbou
Zavážecí chodby – TBM	7,25 m	1,00 m
Zavážecí chodby – konvenční ražba	6,70 m	2,00 m
Subhorizontální ukládací vrty – strojní ražba	2,20 m	0,35 m
Vertikální ukládací vrty – strojní ražba	1,80 m	0,25 m

ZAVÁŽECÍ CHODBY/UKLÁDACÍ VRTY

ZAVÁŽECÍ CHODBY



Obr. 10 – Princip stanovení minimální vzdálenosti mezi zav. chodbami / ukládacími vrty

Tab. 11 porovnává minimální osové vzdálenosti mezi zavážecími chodbami, resp. ukládacími vrty. Tato vzdálenost je určena jako součet zóny ovlivnění ražbou, velikosti neovlivněného horninového pilíře mezi důlními díly a jejich šířky (šířka chodby/průměr vrtu). Obr. 10 představuje grafické znázornění principu stanovení těchto vzdáleností.

Tab. 11 – Min. osová vzdálenosti dle statických výpočtů (BUREŠ, P., 2017)

Vertikální ukládání	RAŽBA TBM – ZAVÁŽECÍ CHODBY		
	Neovl. hornin. pilíř 2D=2*7,25m	Zóna ovlivnění ražbou 2*1 m	Min. os. vzd. mezi zavážecími chodbami
	14,50 m	2,00 m	14,50+7,25+2,00= 23,75 m
	KONVENČNÍ RAŽBA – ZAVÁŽECÍ CHODBY		
	Neovl. hornin. pilíř 2H=2*6,7m	Zóna ovlivnění ražbou 2*2 m	Min. os. vzd. mezi zavážecími chodbami
	13,40 m	4,00 m	13,40+4,00+4,00= 21,40 m
	STROJNÍ RAŽBA – VERTIKÁLNÍ UKLÁDACÍ VRTY		
	Neovl. hornin. pilíř 1,5D=1,5*1,8m	Zóna ovlivnění ražbou 2*0,25 m	Min. os. vzd. mezi vrtly
	2,70 m	0,50 m	2,70+1,80+0,50= 5,00 m
Horizontální ukládání	STROJNÍ RAŽBA – SUBHORIZONTÁLNÍ UKLÁDACÍ VRTY		
	Neovl. hornin. pilíř 2D=2*2,2m	Zóna ovlivnění ražbou 2*0,35 m	Min. os. vzd. mezi vrtly
	4,40 m	0,70 m	4,40+2,20+0,70= 7,30 m

Minimální osová rozteče ukládacích prostor – tepelné výpočty

Určení vzájemné vzdálenosti ukládacích prostor probíhalo standardním postupem aplikovaným na všechny ostatní studované lokality. Řešeno bylo ukládání dvou rozměrových typů UOS pro tři druhy vyhořelého jaderného paliva: VVER-440, VVER-1000 a NJZ (pro VVER-1000 a NJZ je předpokládán stejný typ UOS), jak pro variantu uložení horizontálně, tak i vertikálně. Základní snahou výpočtu bylo dosáhnout co nejmenších osových vzdáleností mezi UOS či tunely a tím také co nejmenší půdorysné plochy úložiště, resp. rovněž nejmenší délky potřebných důlních chodeb či vrtů. Minimální vzdálenosti byly hledány pouze na základě tepelného výpočtu, který se oproti statickému (pevnostnímu) ukazuje jako limitní.

Z pohledu tepelného výpočtu je optimalizace vzdáleností hledáním minimální možné vzdálenosti mezi zdroji tepla (UOS) vytvářejícími nestacionární teplotní pole, které v žádném časovém okamžiku od uložení nesmí překročit limitní teplotu. Limitní teplota teplotního pole v masivu je přitom dána limitní teplotou bentonitu na styku s kontejnerem (95°C) a odvodem tepla z UOS vrstvou bentonitu a předpokládanou 2 mm tlustou vzduchovou mezerou mezi bentonitem a masivem. Z konzervativních důvodů je při výpočtu limitní teploty pro rozhraní bentonit/HB uvažován pouze radiální odvod tepla z UOS. Protože tepelné výkony UOS jsou u daného typu UOS (VVER-440, VVER-1000, NJZ) předpokládány vždy stejné, není možné

definovat tepelně nejvíce zatíženou pozici od UOS. Jako maximální limitní hodnotu teploty v masivu je proto možné brát teplotu na rozhraní bentonit/HB v polovině výšky UOS, který je ve středové pozici v celé ukládací sekci. Tepelné výkony jednotlivých typů UOS se podle zadání v počátečním okamžiku liší a jsou uvažovány jako funkce času. Přesné fyzikální popisy výpočtů, další teoretické předpoklady, odvození a provedené volby, včetně odhadu konzervativnosti výsledků a vybraných citlivostních analýz, jsou součástí samostatné technické zprávy doprovázející tepelné výpočty (KOBYLKA, D.; FEJT, F., 2017).

Výpočty lokality Janoch byly prováděny s těmito termofyzikálními parametry masivu:

- **Součinitel tepelné vodivosti:** **2,667 W/mK**
- **Objemová tepelná kapacita:** **2 040 000 J/m³K**
- **Doba skladování UOS:** **65 let**
- **Tepelný výkon na povrchu UOS pro uvažovanou dobu skladování 65 let**
 - **VVER 440** **665 W**
 - **VVER 1000** **1 125 W**
 - **NJZ** **1 221 W**

Výsledky výpočtů pro hloubku úložiště -500 m pod povrchem, tj. počáteční teplotu masivu 25°C, prověřované rozteče tunelů a UOS jsou uvedeny v Tab. 12. HB v lokalitě Janoch má součinitel tepelné vodivosti 2,667 W/mK. Základní optimalizace pro palivo 65 let od vyvezení z AZ je problematická pro VJP z NJZ v horizontálním uspořádání, kdy k překročení mezní teploty dochází při libovolné rozteči mezi UOS, viz Tab. 12.

Tab. 12 – Minimální rozteče UOS a chodeb/vrtů dle tepelných výpočtů

UOS	Způsob ukládání	Rozteč UOS [m]	Rozteč chodeb/vrtů [m]
NJZ	Horizontální	> 45	35
		> 45	25
	Vertikální	13,75	35
		14,75	25
VVER-1000	Horizontální	15,75	35
		17,25	25
	Vertikální	7,25	35
		7,25	25

UOS	Způsob ukládání	Rozteč UOS [m]	Rozteč chodeb/vrtů [m]
VVER-440	Horizontální	7	35
		7,25	25
	Vertikální	4,5	35
		4,7	25

Jediná možnost, jak ukládat VJP v uvedené variantě horizontálního ukládání VJP z NJZ je využít delší doby skladování v meziskladu pro snížení tepelného výkonu generovaného ve vyhořelém palivu. Další optimalizační výpočty prováděné na této lokalitě byly proto zaměřeny na určení potřebného času skladování. Podrobněji je postup optimalizace zpracován v (KOBYLKA, D.; FEJT, F., 2017). Tab. 13 představuje navrženou minimální rozteč UOS a tunelu u paliva NJZ při prodloužení doby od vyvezení z AZ.

Tab. 13 – Minimální osově rozteče dle tepelných výpočtů – optimalizace

UOS	Způsob ukládání	Rozteč UOS [m]	Rozteč chodeb/vrtů [m]	Doba od vyvezení z AZ [roky]
NJZ	Horizontální	15,75	35	71,5
		17,25	25	71,5
	Vertikální	13,75	35	65
		14,75	25	65
VVER-1000	Horizontální	15,75	35	65
		17,25	25	65
	Vertikální	7,25	35	65
		7,75	25	65
VVER-440	Horizontální	7	35	65
		7,25	25	65
	Vertikální	4,5	35	65

UOS	Způsob ukládání	Rozteč UOS [m]	Rozteč chodeb/vrtů [m]	Doba od vyvezení z AZ [roky]
		4,7	25	65

Ověření celkové geometrie HÚ v lokalitě Janoch tepelnými výpočty je součástí (KOBYLKA, D.; FEJT, F., 2017). Tento materiál shrnuje závěry a výsledky teplotních výpočtů lokality a stanovuje mezní hranice teplot na rozhraní bentonit / UOS v nichž by se konkrétní lokalita měla pohybovat.

V tabulkách Tab. 14 a Tab. 15 jsou uvedeny minimální osově rozteče ukládacích prostor s ohledem na tepelné výpočty a ražbou ovlivněné zóny v okolí důlních děl (zavážecí chodby, ukládací vrty). V Tab. 14 je patrný postup stanovení těchto roztečí pro vertikální ukládání, v Tab. 15 pro horizontální ukládání.

Tab. 14 – Minimální osově rozteče pro vertikální ukládání dle tepelných výpočtů

UOS	Vertikální ukládání					
	Tepelný výpočet	Ovlivněná zóna vert. vrtu 2*0,25	Min. os. vzd. mezi chodbami	Tepelný výpočet	Ovlivněná zóna vert. vrtu	Os. vzd. mezi UOS
	Min. os. vzd. mezi chodbami			Min. os. vzd. mezi UOS		
VVER-440	25,00 m	0,50 m	25,50 m	4,70 m	0,5 m	5,20 m
VVER-1000	25,00 m	0,50 m	25,50 m	7,75 m	0,5 m	8,25 m
NJZ	25,00 m	0,50 m	25,50 m	14,75 m	0,5 m	15,25 m

Tab. 15 – Minimální osově rozteče pro horizontální ukládání dle tepelných výpočtů

UOS	Horizontální ukládání			
	Tepelný výpočet	Ovlivněná zóna vrtu	Os. vzd. mezi vrty	Os. vzd. mezi UOS
	Min. os. vzd. mezi vrty			
VVER-440	25,00 m	0,70 m	25,70 m	7,25 m
VVER-1000	25,00 m	0,70 m	25,70 m	17,25 m
NJZ	25,00 m	0,70 m	25,70 m	17,25 m*

* Pro VJP z NJZ se uvažuje s min. osovou vzdáleností stanovenou při prodloužení doby skladování paliva na 71,5 let

Projektované rozteče ukládacích prostor

V této kapitole jsou stanoveny konečné projektované rozteče ukládacích vrtů a ukládacích obalových souborů (UOS) mezi sebou pro jednotlivé typy UOS a zvolený způsob ukládání.

Konečné rozteče ukládacích prostor jsou vyšší z hodnot roztečí stanovených statickými, resp. tepelnými výpočty. Tab. 16 stanovuje projektované rozteče pro vertikální ukládání, zatímco Tab. 17 rozteče mezi vrty a UOS u horizontálního ukládání.

Tab. 16 – Projektované rozteče ukládacích prostor – vertikální ukládání

VERTIKÁLNÍ UKLÁDÁNÍ		
RAŽBA TBM		
KONVENČNÍ RAŽBA		
UOS	Projektovaná osová vzdálenost mezi chodbami	Projektovaná osová vzdálenost mezi UOS
VVER-440	25,50 m	5,20 m
VVER-1000	25,50 m	8,25 m
NJZ	25,50 m	15,25 m

Tab. 17 – Projektované rozteče ukládacích prostor – horizontální ukládání

HORIZONTÁLNÍ UKLÁDÁNÍ		
STROJNÍ RAŽBA		
UOS	Projektovaná osová vzdálenost mezi vrty	Projektovaná osová vzdálenost mezi UOS
VVER-440	25,70 m	7,25 m
VVER-1000	25,70 m	17,25 m
NJZ	25,70 m	17,25 m*

* Pro VJP z NJZ se uvažuje s min. osovou vzdáleností stanovenou při prodloužení doby skladování paliva na 71,5 let

4.2.1.10 Velikost ukládacích prostor pro VJP

V této kapitole jsou popsány velikosti ukládacích prostor z hlediska počtu zavážecích chodeb (pouze u vertikálního ukládání) a ukládacích vrů. Zavážecí chodby a ukládací vrty jsou ideově sloučeny do dispozičně oddělených ukládacích sekcí. Velikosti ukládacích prostor jsou pro jednotlivé dispoziční varianty řešení (D1 až D4) různé.

Vertikální ukládání

Varianta D1 – vertikální ukládání, preferovaná mechanizovaná ražba

Počet ukládacích sekcí: 2 (označeny římskými číslicemi I a II)

Osová vzdálenost mezi zavážecími chodbami: 25,5 m

Počet zavážecích chodeb v sekci I: 64

Počet zavážecích chodeb v sekci II: 58

Celkový počet zavážecích chodeb: 122

Celkový počet ukládacích vrtů:	7600
Délka zavážecích chodeb sekce I:	720 m (celkem 46 080 m*)
Délka zavážecích chodeb sekce II:	720 m (celkem 41 760 m*)
Celková délka zavážecích chodeb:	87 840 m*

**Délka zavážecích chodeb bez zátky, rozrážky a rozšíření pro vjezd manipulace s VJP*

V Tab. 18 jsou shrnuty údaje o plošných rozměrech potenciálně využitelných horninových bloků a jejich využití v případě dispoziční varianty D1.

Tab. 18 – Ukládací prostory pro VJP – D1

	Plocha perspektivního území [m ²]	Nevyužitelné plochy pro ukládací prostory [m ²]	Využitelné plochy pro ukládání (plocha HB) [m ²]	Ukládací plocha [m ²]
Západní část persp. území	5 492 803	134 972	5 357 831	2 368 963
Východní část persp. území	4 676 358	141 512	4 534 846	0
Celkem	10 169 161	276 484	9 892 677	2 368 963

Plošné využití potenciálně využitelných horninových bloků pro dispoziční variantu D1 je graficky znázorněno na situačním výkresu (Příloha č. 04).

Varianta D2 – vertikální ukládání, preferovaná konvenční ražba

Počet ukládacích sekcí: 2 (označeny římskými číslicemi I a II)

Osová vzdálenost mezi zavážecími chodbami: 25,5 m

Počet zavážecích chodeb v sekci I:	64
Počet zavážecích chodeb v sekci II:	58
Celkový počet zavážecích chodeb:	122
Celkový počet ukládacích vrtů:	7600
Délka zavážecích chodeb sekce I:	719 m (celkem 46 016 m*)
Délka zavážecích chodeb sekce II:	719 m (celkem 41 702 m*)
Celková délka zavážecích chodeb:	87 718 m*

*Délka zavážecích chodeb bez zátky a rozšíření pro vjezd manipulace s VJP

V Tab. 19 jsou shrnuty údaje o plošných rozměrech potenciálně využitelných horninových bloků a jejich využití v případě dispoziční varianty D2.

Tab. 19 – Ukládací prostory pro VJP – D2

	Plocha perspektivního území [m ²]	Nevyužitelné plochy pro ukládací prostory [m ²]	Využitelné plochy pro ukládání (plocha HB) [m ²]	Ukládací plocha [m ²]
Západní část persp. území	5 492 803	134 972	5 357 831	2 355 129
Východní část persp. území	4 676 358	141 512	4 534 846	0
Celkem	10 169 161	276 484	9 892 677	2 355 129

Plošné využití potenciálně využitelných horninových bloků pro dispoziční variantu D2 je graficky znázorněno na situačním výkresu (Příloha č. 05).

Horizontální ukládáníVarianta D3 – horizontální ukládání, preferovaná mechanizovaná ražba

Počet ukládacích sekcí: 4 (označeny římskými číslicemi I až IV)

Osová vzdálenost mezi ukládacími vrtvy: 25,7 m

Počet ukládacích vrtů v sekci I:	112
Počet ukládacích vrtů v sekci II:	102
Počet ukládacích vrtů v sekci III:	91
Počet ukládacích vrtů v sekci IV:	104

Celkový počet ukládacích vrtů:	409
Délka ukládacích vrtů:	300 m*
Celková délka ukládacích vrtů:	122,7 km*

**Délka ukládacích vrtů bez zátky, rozrážky a rozšíření pro vjezd manipulace s VJP*

V Tab. 20 jsou shrnuty údaje o plošných rozměrech potenciálně využitelných horninových bloků a jejich využití v případě dispoziční varianty D3.

Tab. 20 – Ukládací prostory pro VJP – D3

	Plocha perspektivního území [m ²]	Nevyužitelné plochy pro ukládací prostory [m ²]	Využitelné plochy pro ukládání (plocha HB) [m ²]	Ukládací plocha [m ²]
Západní část persp. území	5 492 803	134 972	5 357 831	1 754 086
Východní část persp. území	4 676 358	141 512	4 534 846	1 928 875
Celkem	10 169 161	276 484	9 892 677	3 682 961

Plošné využití potenciálně využitelných horninových bloků pro dispoziční variantu D6 je graficky znázorněno na situačním výkresu (Příloha č. 06).

Varianta D4 – horizontální ukládání, preferovaná konvenční ražba

Počet ukládacích sekcí: 4 (označeny římskými číslicemi I až IV)

Osová vzdálenost mezi ukládacími vrty:	25,7 m
Počet ukládacích vrtů v sekci I:	107
Počet ukládacích vrtů v sekci II:	104
Počet ukládacích vrtů v sekci III:	93
Počet ukládacích vrtů v sekci IV:	105
Celkový počet ukládacích vrtů:	409
Délka ukládacích vrtů:	300 m*
Celková délka ukládacích vrtů:	122,7 km*

**Délka ukládacích vrtů bez zátky, rozrážky a rozšíření pro vjezd manipulace s VJP*

V Tab. 21 jsou shrnuty údaje o plošných rozměrech potenciálně využitelných horninových bloků a jejich využití v případě dispoziční varianty D4.

Tab. 21 – Ukládací prostory pro VJP – D4

	Plocha perspektivního území [m ²]	Nevyužitelné plochy pro ukládací prostory [m ²]	Využitelné plochy pro ukládání (plocha HB) [m ²]	Ukládací plocha [m ²]
Západní část persp. území	5 492 803	134 972	5 357 831	1 875 612
Východní část persp. území	4 676 358	141 512	4 534 846	2 004 253
Celkem	10 169 161	276 484	9 892 677	3 879 865

Plošné využití potenciálně využitelných horninových bloků pro dispoziční variantu D4 je graficky znázorněno na situačním výkresu (Příloha č. 07).

4.2.1.11 Ukládací prostory pro RAO

V hlubinném úložišti se plánuje uložení radioaktivních odpadů z provozu JE a odpadů z vyřazování těchto elektráren z provozu, které není možné uložit do přípoверхových ÚRAO a RAO vzniklých provozem horké komory HÚ. Radioaktivní odpadní materiál bude uložen v betonkontejnerech.

Uložení ostatních RAO neuložitelných do stávajících úložišť se počítá v horizontu ukládání RAO. V tomto horizontu je uvažováno s umístěním komor pro uložení RAO, jelikož je tím dosaženo nižších prostorových nároků v rámci jednoho ukládacího horizontu (myšleno ukládací horizont VJP).

Okrajovými podmínkami pro umístění ukládacích prostor RAO jsou:

- Ukládání RAO mimo horizont ukládání VJP z důvodu zvýšení kapacity tohoto horizontu pro umístění UOS s VJP
- Ukládání RAO v horizontu s nadložím min. 250 m
- Ukládání RAO v horizontu min. 50 m nad horizontem ukládání VJP
- Ukládání RAO v místech, kde je nejdříve dosaženo bezprostřední blízkosti potenciálně využitelných bloků a závazecího tunelu (za současné platnosti výše uvedených podmínek)

Podrobněji je provoz ukládání RAO řešen v kap. 4.2.2.4 a geometrie ukládacích prostor v kap. 4.2.3.8.

4.2.1.12 Technické zázemí podzemního areálu

Technické zázemí podzemního areálu se funkčně i dispozičně dělí na dva samostatné celky:

- Úsek ražeb a výstavby
- Úsek přípravy a ukládání

Oba tyto úseky jsou od sebe odděleny zábranami, které znemožňují v případě běžného provozu HÚ nekontrolovaný pohyb osob (bez patřičného oprávnění) mezi jednotlivými pracovišti. V případě nutnosti (mimořádná událost – havárie, požár) je nouzový průchod nebo průjezd vozidel díky navrhovanému dispozičnímu a technickému řešení umožněn. V případě realizace integrovaného bezpečnostního systému může být průchod nebo průjezd vozidel

v době běžného provozu řešen verifikací osob a vozidel v místě přepážek oddělující jednotlivá pracoviště. Naproti tomu při detekci mimořádné události lze únikové cesty zpřístupňovat za jiných bezpečnostních podmínek.

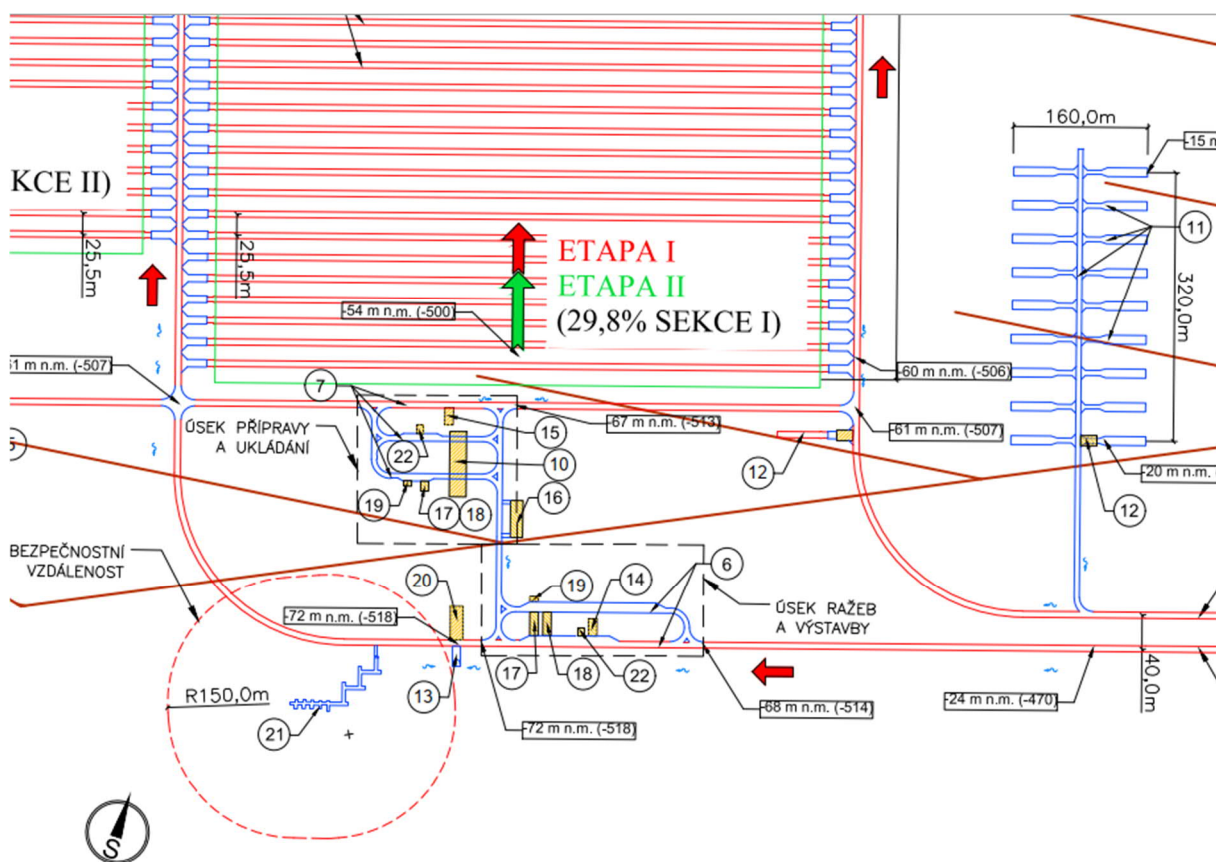
4.2.1.13 Úsek ražby a výstavby

Úsek ražeb a výstavby se nachází na horizontu ukládání VJP. Jedná se o ucelený soubor podzemních objektů zahrnující prostory a veškeré technické zázemí podzemního úložiště během výstavby ukládacích sekcí. V tomto samostatném úseku probíhají razící práce v ukládacím horizontu, nakládání a transport rubaniny na povrch. Rozpojená hornina se přemísťuje v rámci horizontu k odtěžovacímu tunelu, odkud je následně za pomoci kolových dopravních mechanismů dopravována úklonným dílem na povrch, alternativně pásovým dopravníkem.

V úseku ražeb a výstavby se nachází rovněž rozvodna, sklad výbušnin, požární sklad, sklad náhradních dílů, mazadel, úsek mytí a údržby, dílny pro opravu a údržbu strojních mechanismů. Společným objektem s úsekem přípravy a ukládání je shromaždiště osob a zkušebna. Hlavní sklad výbušnin je v ukládacím horizontu zřízen pro efektivnější zásobování konvenčních ražeb. Do tohoto celku zahrnujícího objekty pro ražbu lze řadit také jímku s čerpací stanicí. Důlní voda je čerpána výtlačným potrubím odtěžovacím tunelem na povrch. Důlními vodami a nakládání s nimi se zabývá samostatná kapitola zprávy (4.2.1.17). Jednotlivé objekty úseku ražeb a výstavby jsou propojeny spojovacími chodbami úseku ražby (DuSO 06).

Všechny výše uvedené stavební objekty jsou u zpracovaných dispozičních variant podzemí HÚ rozmístěny v technickém zázemí podzemního areálu, resp. v úseku ražeb a výstavby. Více či méně se liší jejich půdorysné umístění v rámci úseku, resp. podzemního areálu v závislosti na zvolené technologii ražeb a způsobu ukládání. Na následujících dvou obrázcích jsou znázorněny dvě dispoziční varianty projektového řešení technického zázemí při preferování mechanizovaného způsobu ražby (D1 – Obr. 11 a D3 – Obr. 12).

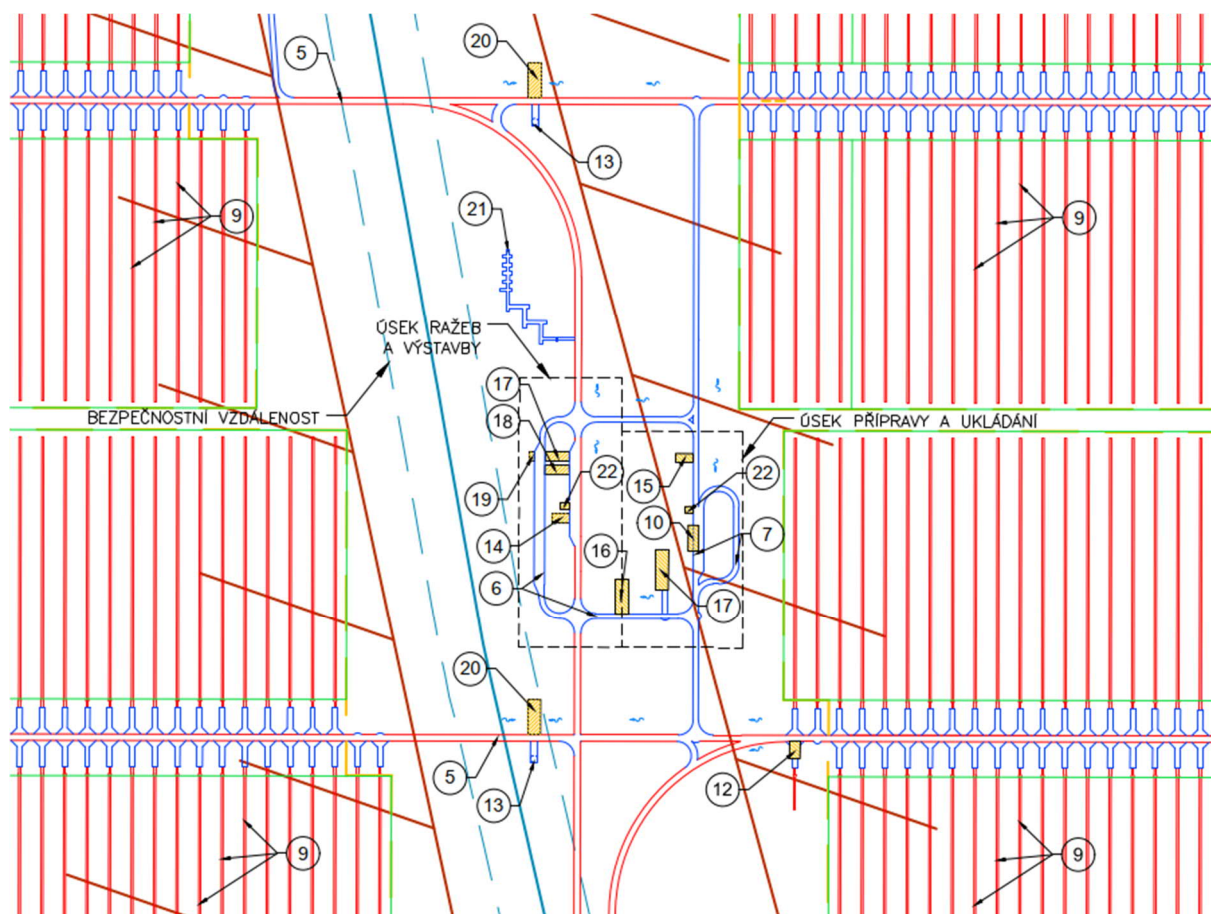
Vertikální způsob ukládání UOS



Obr. 11 - Schéma technického zázemí - D1

6-spojovací chodby úseku ražby, 7-spojovací chodby úseku ukládání, 10-úsek kontroly UOS s VJP, 12-konfirmační laboratoř, 13-čerpací stanice s jímkou, 14-rozvodna - úsek ražby, 15-rozvodna - úsek ukládání, 16-shromaždiště osob, stanice první pomoci a zkušebna, 17-dílny pro opravu a údržbu strojních mechanismů, 18-sklad náhradních dílů, 19-sklad mazadel, úsek mytí a údržby, 20-sedimentační nádrž, 21-sklad výbušnin, 22-požární sklad

Horizontální způsob ukládání UOS



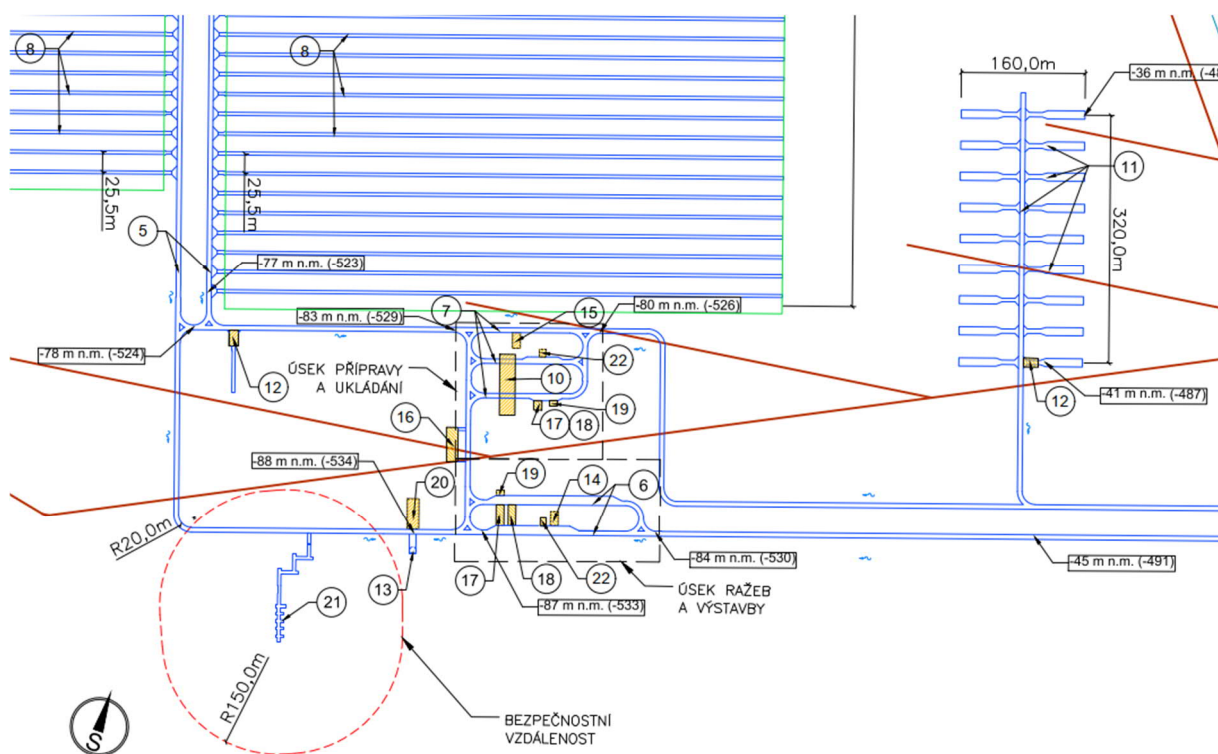
Obr. 12 – Schéma technického zázemí - D3

6-spojovací chodby úseku ražby, 7-spojovací chodby úseku ukládání, 9-ukládací vrty, 10-úsek překládky UOS s VJP, 12-konfirmační laboratoř, 13-čerpací stanice s jímkou, 14-rozvodna - úsek ražby, 15-rozvodna - úsek ukládání, 16-shromaždiště osob, stanice první pomoci a zkušebna, 17-dílny pro opravu a údržbu strojních mechanismů, 18-sklad náhradních dílů, 19-sklad mazadel, úsek mytí a údržby, 20-sedimentační nádrž, 21-sklad výbušnin, 22-požární sklad

4.2.1.14 Úsek přípravy a ukládání

Úsek přípravy a ukládání se nachází na ukládacím horizontu VJP. Jedná se o ucelený soubor podzemních stavebních objektů zahrnující prostory a veškeré technické zázemí podzemního úložiště pro potřeby zajištění provozu ukládání VJP. V tomto samostatném úseku probíhají veškeré procesy spojené s ukládáním VJP. U vertikálního ukládání je to především kontrolní činnost UOS po jeho dopravení na ukládací horizont VJP v úseku kontroly (DuSO 10). Při koncepci horizontálního ukládání je DuSO 10 označován za úsek překládky UOS s VJP. V tomto dopravním uzlu dochází k překládání UOS z přepravního vozidla pro dopravu VJP zavázečí chodbou na roboticky ovládaný přepravní mechanismus pro dopravu na ukládacím horizontu VJP. V úseku přípravy a ukládání se nachází rovněž rozvodna, požární sklad a dílny pro opravu a údržbu strojních mechanismů. Sklad náhradních dílů se v úseku přípravy a ukládání při horizontálním ukládání realizován, s odkazem na (SKAŘUPA, J. et al., 2017). Společným objektem s úsekem přípravy a ukládání je shromaždiště osob a zkušebna. Jednotlivé objekty úseku ražeb a výstavby jsou propojeny spojovacími chodbami úseku ukládání (DuSO 07).

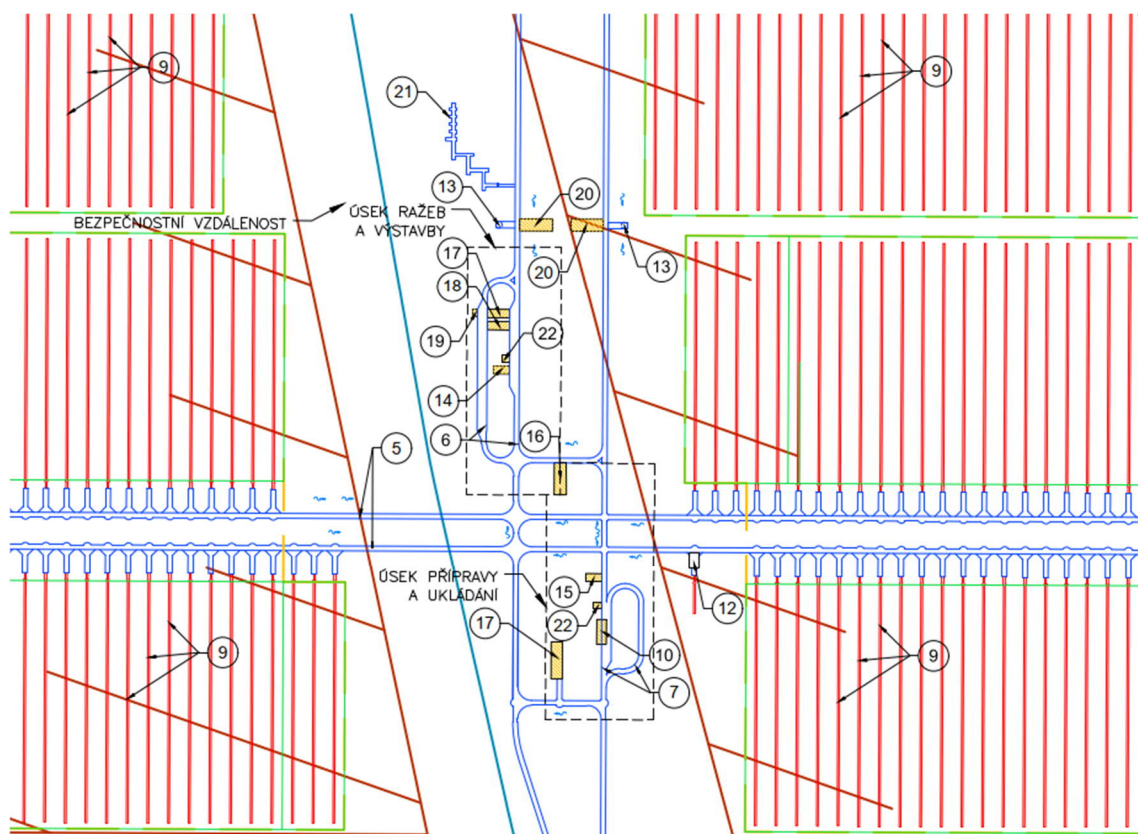
Vertikální způsob ukládání UOS



Obr. 13 – Schéma technického zázemí - D2

5-páteřní chodby, 6-spojovací chodby úseku ražby, 7-spojovací chodby úseku ukládání, 8-zavázečí chodby, 10-úsek překládky UOS s VJP, 11-prostory pro ukládání RAO, 12-konfirmační laboratoř, 13-čerpací stanice s jímkou, 14-rozvodna - úsek ražby, 15-rozvodna - úsek ukládání, 16-shromaždiště osob, stanice první pomoci a zkušebna, 17-dílny pro opravu a údržbu strojních mechanismů, 18-sklad náhradních dílů, 19-sklad mazadel, úsek mytí a údržby, 20-sedimentační nádrž, 21-sklad výbušnin, 22-požární sklad

Horizontální způsob ukládání UOS



Obr. 14 – Schéma technického zázemí - D4

5-páteřní chodby, 6-spojovací chodby úseku ražby, 7-spojovací chodby úseku ukládání, 9-ukládací vrty, 10-úsek kontroly UOS s VJP, 12-konfirmační laboratoř, 13-čerpací stanice s jímkou, 14-rozvodna - úsek ražby, 15-rozvodna - úsek ukládání, 16-shromaždiště osob, stanice první pomoci a zkušebna, 17-dílny pro opravu a údržbu strojních mechanismů, 18-sklad náhradních dílů, 19-sklad mazadel, úsek mytí a údržby, 20-sedimentační nádrž, 21-sklad výbušnin, 22-požární sklad

Všechny výše uvedené stavební objekty jsou u zpracovaných dispozičních variant podzemí HÚ rozmístěny v technickém zázemí podzemního areálu, resp. v úseku přípravy a ukládání. Více či méně se liší jejich půdorysné umístění v rámci úseku, resp. podzemního areálu v závislosti na zvolené technologii ražeb a způsobu ukládání. Na Obr. 13 a Obr. 14 jsou znázorněny dvě dispoziční varianty projektového řešení technického zázemí při preferování konvenčního způsobu ražby.

4.2.1.15 Koncepce ražby a výstavby podzemní části HÚ

Bližší informace o technologiích ražeb podzemní části HÚ jsou součástí zprávy (GRÜNWARD, L. et al., 2018). V odkazované zprávě jsou popsány rovněž alternativní způsoby ražeb vybraných DuSO.

V zásadě jsou použity 2 typy ražeb:

- Mechanizovaný způsob ražby
- Konvenční metoda ražby

4.2.1.16 Obecné zásady ražby a výstavby

Obecné zásady ražby a výstavby dle použitých metod ražeb, organizace prací při ražbě a technologie pro nakládání a transport rubaniny jsou blíže zpracovány v závěrečné zprávě (GRÜNWALD, L. et al., 2018).

4.2.1.17 Čerpání důlních vod

S ohledem na skutečnosti, že z HÚ nelze odvádět důlní vody samospádem, musí mít dle § 205 vyhlášky ČBÚ č. 22/1989 Sb. trvale provozuschopné čerpací zařízení (DuSO 13).

Čerpací zařízení musí být vybudováno a provozováno tak, aby bylo zabráněno ohrožení osob a provozu působením důlních vod, a to i škodlivinami v nich obsaženými. V případě kontaminace bude tato voda přečištěna. Důlní vodu mimo DuSO 04 (Příprava RAO a VJP) stačí přečistit mechanicky a použít v technologiích jako požární vodu. Proces čištění probíhá ve dvou navržených sedimentačních nádržích (DuSO 20). Nakládání s vodami v rámci hloubeného DuSO 04 (Příprava VJP a RAO) je v rámci vodního hospodářství řešeno odděleně od ostatních provozů.

Dle § 206 vyhlášky ČBÚ č. 22/1989 Sb. musí mít čerpací stanice takový výkon, aby průměrný denní přítok důlních vod byl vyčerpán nejpozději za 16 hodin. Kromě toho musí být v pohotovosti nejméně padesátiprocentní záloha ve výkonu, nejméně však jedno záložní čerpadlo o výkonu největšího používaného čerpadla.

Prívod elektrické energie pro čerpací stanici musí být zajištěn dvěma přívodními vedeními, z nichž každé musí zajišťovat provoz všech čerpadel včetně záložních.

Čerpadla, jejich motory a rozvodná zařízení musí být umístěna tak, aby je předpokládaná nejvyšší hladina vody nevyřadila z provozu.

Čerpadlo musí mít na výtlačné straně uzavírací armaturu, kterou se dá odpojit od výtlačného potrubí.

Automatický provoz čerpací stanice vychází z § 208 vyhlášky ČBÚ č. 22/1989 Sb.

Výtlačná potrubí čerpací stanice musí dle § 208 vyhlášky ČBÚ č. 22/1989 Sb. musí být:

- nejméně 2 a každé z nich dimenzováno tak, aby umožnilo vyčerpání průměrného denního přítoku důlních vod nejdéle za 12 hodin,
- upravena tak, aby na každé z nich se dala připojit všechna čerpadla,
- chráněna proti zamrznutí.

Provoz a údržba čerpací stanice se řídí § 209 vyhlášky ČBÚ č. 22/1989 Sb.

DuSO 13 Čerpací stanice s jímkou a procesu nakládání s důlními vodami se věnuje podrobněji kapitola 4.2.3.12.

4.2.1.18 Koncepce větrání

Koncepce větrání podzemní části HÚ je řešena v rámci modulu větrání M16.

Větrání podzemní částí HÚ (mimo DuSO 04)

Stavební koncepci HÚ včetně zavážecí a odtěžovací cesty představují z hlediska potřeby větrání dva úpadní tunely a jedna vtažná jáma. Provětrávání chodeb bude podélné a potřebného tahu bude dosaženo pomocí proudových ventilátorů umístěných pod klenbou zavážecího a odtěžovacího tunelu.

Větrání lze rozdělit do tří etap:

1. Větrání při ražbách bez ukládání
2. Větrání přechodné (ražby + ukládání)
3. Větrání při uzavírání

1. Větrání při ražbách důlního díla

Pro větrání důlního díla při ražbě jak konvenční metodou, tak i pomocí TBM bude použito tzv. separátní větrání. Při ražbě úpadních tunelů a hlavních přístupových chodeb bude nuceně přiváděn vzduch tímto odděleným samostatným systémem větrání skládajícího se z lutnového potrubí (lutnový tah) a ventilátoru (jednostupňový nebo vícešupňový), který zajistí dostatečný tah pro dopravu vzduchu.

Množství čerstvého vzduchu musí být takové, aby došlo k zajištění vhodných pracovních podmínek na čelbě a v již vyraženém prostoru. Návrh tohoto typu větrání se řídí metodikou uvedenou ve vyhlášce Českého báňského úřadu č.165/2002 o separátním větrání při hornické činnosti.

Pomocí nehořlavých flexibilních luten bude čerstvý vzduchu přiváděn nuceně až k čelbě ražby tak, aby byl v lutnách udržován přetlak.

Objemový průtok vzduchu potřebného pro zajištění vhodných pracovních podmínek na čelbě ražby a také po celé délce větraného úseku vyplývá z požadavků uvedených ve zmíněné vyhlášce.

Prorážka důlního díla

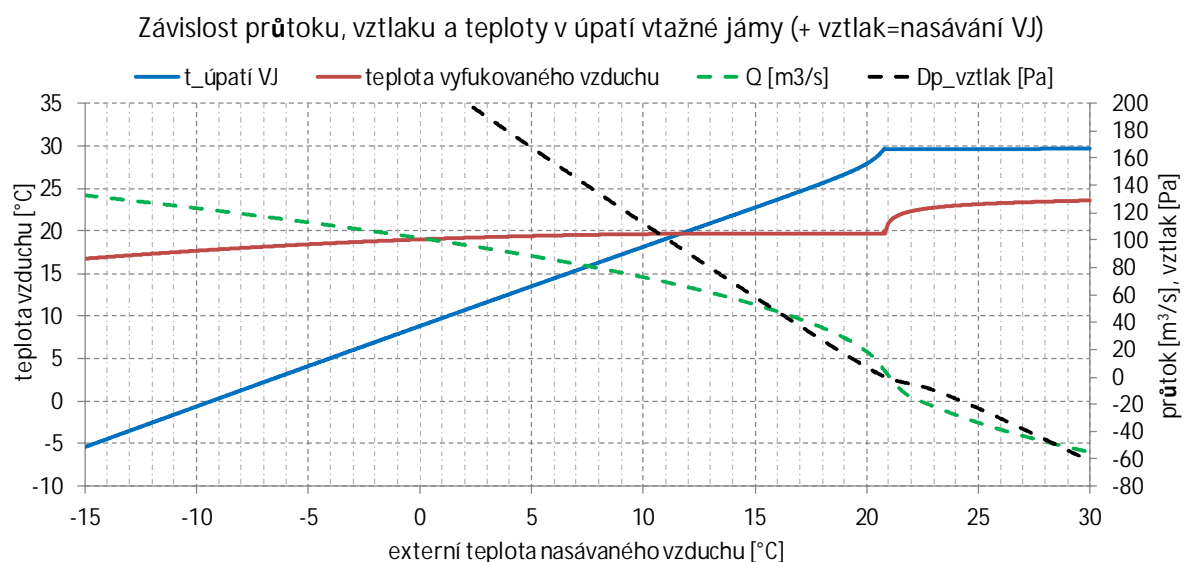
V této lokalitě je možné dosáhnou proražení díla počínajícího vjezdovým portálem, kde ústí úpadnice, a ukončeného úpatím vtažné jámy (VJ) teprve až ve vzdálenosti 7,4 km až 8,3 km (dle dispozičního řešení D1-D4) od portálu. Při použití konvenční metody, tj. např. Drill & Blast, je nutné provádět ražby obou úpadních tunelů současně nebo v postupných návaznostech a v optimálních vzdálenostech (0,5 - 1 km) provádět jejich propojení (proražení). Za této situace je nutné pomocí proudových ventilátorů nuceně přivádět vzduch k tomuto propojení odkud bude separátním ventilátorem nasáván čerstvý vzduch, který bude lutnami přiváděn až k čelbě ražby. Při použití TBM je možné razit každý tunel samostatně do větších vzdáleností.

Využití vtažné jámy

Vtažná jáma je důležitým objektem zajišťující přísun čerstvého vzduchu (čerstvých větrů) především během ražeb pomocí TBM. Vzhledem k omezeným možnostem vybudování areálu a portálů tunelů na povrchu a místu navržené vtažné jámy jsou úpadní tunely vedeny přímo

bez možnosti vytvoření klesajícího okruhu s vtažnou jámou uprostřed a nelze tedy provádět krátké prorážky v jednotlivých hloubkových úrovních. V případě konvenčních ražeb je tedy potřebné současné provádění obou úpadních tunelů a pravidelných prorážek mezi nimi. Jakmile dojde k prorážce s vtažnou jámou, tak dojde k přirozenému provětrávání vyražených prostor vlivem působení vztlaku. Vzhledem k absenci odtěžovací nuceně odvětrávané jámy bude potřebný dopravní tlak, který je zapotřebí pro odvod vzduchu při překonání aerodynamických odporů a externích vlivů (vztlak, povětrnostní podmínky atp.) zajištěn pomocí proudových ventilátorů a z části také vztlakem mezi úpatím vtažné jámy a portály úpadních tunelů.

Převážnou část roku, kdy je teplota na povrchu nižší než v hloubce 500 m pod povrchem terénu, bude vzduch proudit vtažnou jámou dovnitř. Na Obr. 15 jsou zobrazeny stanovené průběhy teploty vzduchu na úpatí vtažné jámy a teploty vyfukovaného vzduchu z raženého díla doplněné o stanovený průběh přirozeného vztlaku a průtoku mezi portálem úpadnice a vtažnou jámou při předpokládané délce 5 000 - 6 000 m proraženého díla.



Obr. 15 – Průběhy teploty vzduchu v raženém díle, přirozeného vztlaku a průtoku v závislosti na externí teplotě.

Výpočet teplot zahrnuje vliv adiabatické expanze a komprese způsobené vlivem stoupání nebo klesání úpadního tunelu a také časové hledisko, zohledňující dobu provětrávaného díla. Při teplotách venkovního vzduchu mezi 20–22°C dochází v proraženém díle ke zvratu přirozeného proudění a vzduch by tak byl vtažnou jámou naopak vyfukován. Při teplotách vyšších než 15°C bude pro podporu a usměrnění proudění již zapotřebí proudových ventilátorů. Závislost platí pro jednodenní přirozené větrání tunelu o průřezu 36 m².

Množství přiváděného vzduchu musí být navrženo s ohledem na potřebu pro dýchání a pro ředění a odvádění nežádoucích, resp. škodlivých příměsí do větracího vzduchu tak, aby nebyly překročeny jejich nejvyšší povolené koncentrace (NPK) a také pro zajištění co nejlepších pracovních podmínek v prostředí z hlediska mikroklimatických podmínek. Koncentrace prachu a ostatních nežádoucích látek bude po délce vyražené trasy ve směru od čelby narůstat vlivem nárůstu spalin z motorů projíždějících vozidel.

Ražby prováděné konvenční metodou:

Nucený přívod objemového průtoku proudícího čerstvého vzduchu v důlním díle je nutný především z hlediska:

- Snížení koncentrace zplodin po trhačí práci na přípustnou mez.
- Snížení koncentrace výfukových zplodin naftových motorů na přípustnou mez.
- Dosažení nejnižší povolené rychlosti proudícího vzduchu (0,3 – 0,5 m/s).
- Dodržení vhodných mikroklimatických podmínek.

Vzhledem k aktuálně vyražené délce chodby se potřebný průtok vzduchu bude pohybovat přibližně v tomto rozmezí:

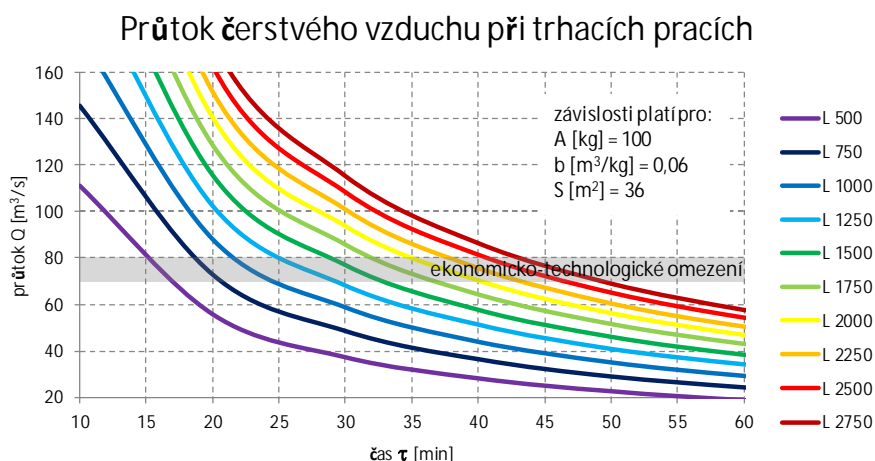
Z hlediska vlivu CO ₂ :	8 – 12 m ³ /s
Z hlediska vlivu prachu:	2 – 30 m ³ /s
Z hlediska odvětrání zplodin (vztažených k CO) po trhačích pracích:	30 – 70 m ³ /s
Z hlediska vlivu spalin použitých mechanismů:	25 – 35 m ³ /s

Při současném pohybu 3 nákladních vozidel v chodbách hlubinného komplexu o celkové délce **do 25 km** je zapotřebí z hlediska snížení koncentrace prachu a zajištění hygienicky přípustné kvality ovzduší asi 50 m³/s čerstvého vzduchu. Z hlediska znečištění oxidy dusíku se jedná asi o poloviční průtok 25 m³/s.

Při konvenčních ražbách bude v tomto případě rozhodující kritérium kvality ovzduší snížení koncentrace plynů po trhačích pracích. Množství vzduchu dopravovaného k čelbě závisí na množství použité trhaviny a příp. technologickém postupu, ale především na době nutné pro odvětrání celého úseku. S nárůstem ražeb se bude při zachování konstantního průtoku přiváděného vzduchu tato doba zvyšovat. Pokud se čelba ražby nachází ve vzdálenosti 1 km od portálu nebo od zaústění do chodby s průchozím větrným proudem a doba pro odvětrání po trhačích pracích (na jednu zabírku je uvažováno asi 100 kg trhaviny) je stanovena na $\tau = 30$ min, tak je pro odvětrání celého úseku zapotřebí asi 70 m³/s. Pokud se ražený úsek zdvojnásobí na cca 2 km, tak se při stejném dopravovaném průtoku vzduchu prodlouží doba pro odvětrání cca na $\tau = 40-50$ min. Potřebný dopravní tlak proudového ventilátoru se bude pohybovat kolem 3 000 Pa (výkon asi 310 kW). Při ražbě ve větších vzdálenostech lze využít lokální filtraci prachu pro snížení koncentrace v již vyraženém úseku, a tak dosáhnout např. snížení doby pro odvětrání úseku.

Jakmile dojde k proražení obou úpadnic (zavážecí a odtěžovací tunel), tak je nutná instalace proudových ventilátorů. Tyto ventilátory budou provozovány tak, že jedním úpadním tunelem (zavážecí) bude vždy přiváděn čerstvý vzduch a druhým (odtěžovací) bude znečištěný vzduch vždy odváděn. Přirozený vztlak se v tomto případě vyrovná a proudové ventilátory budou překonávat především ztráty třením a místními odpory. Jakmile bude vyražena další část s novým průjezdným propojením mezi úpadními tunely, tak musí dojít k uzavření předchozího příčného propojení, aby na trase nedocházelo ke ztrátě průtoku čerstvého vzduchu, který je potřebný na čelbě ražby.

Na dalším grafu (Obr. 16) je pro představu uveden výsledek výpočtu potřebného průtoku čerstvého vzduchu při trhacích pracích v závislosti na čase (t) a délce raženého tunelu. Závislosti platí pouze za uvedených předpokladů.



Obr. 16 – Závislost potřebného průtoku vzduchu při trhacích pracích na čase a délce ražby podle (OTÁHAL., A., 1992)

Ve chvíli, kdy dojde k příčnému propojení obou úpadních tunelů, tak je nutné nuceně řídit směr přiváděného čerstvého vzduchu pomocí proudových ventilátorů jedním tunelem a znečištěný vzduch druhým.

Ražby prováděné pomocí TBM:

Při této metodě platí obdobné podmínky stanovení potřebného průtoku čerstvého vzduchu jako při konvenčních ražbách s výjimkou posouzení větrání při trhacích pracích. Podle evropské normy (ČSN EN 16191 Stroje pro stavbu tunelů - Bezpečnostní požadavky, 2015) musí být razicí štít jakožto samostatný technologický modul vybaven větracím zařízením a odlučovačem prachu. Prostor obsluhy zařízení a ostatních prostor TBM musí být dostatečně provětráván čerstvým vzduchem. Dále je část přiváděného vzduchu využita při odlučování prachu. Velikost průtoku se odvíjí od velikosti raženého profilu a zajištění požadované rychlosti proudění. Předpokládá se, že min. 90% prachu vzniklého při ražbě bude zachyceno filtračním zařízením přímo v místě ražby a ve směru k portálu se bude vracet minimálně znečištěný vzduch.

Dále se předpokládá se, že při ražbách pomocí TBM bude samostatně ražen delší úsek než při ražbách konvenčních bez potřeby příčného propojení s druhou paralelně klesající úpadnicí. Minimální průtok přiváděného čerstvého vzduchu při provádění ražeb pomocí TBM odpovídá podle švýcarských a evropských standardů střední rychlosti proudění 0,5 m/s v průřezu raženého tunelu. Celkový dopravovaný průtok vzduchu ventilátorem separátního větrání se tak může pohybovat mezi 20 až 50 m³/s. Minimální průtok je možné pomocí separátního větrání dopravit až do velkých vzdáleností přesahujících 5 km při technologicky dosažitelném dopravním tlaku.

užití vtažné jámy:

Jakmile dojde k proražení úpadnice s úpatím vtažné jámy, tak začne v závislosti na venkovních podmínkách přirozeně proudit vzduch. Směr proudění je závislý především na externí teplotě na povrchu. Převážnou část roku, kdy je teplota na povrchu nižší, než v hloubce 500 m bude vzduch proudit vtažnou jámou dovnitř.

Při prorážce pak dojde přirozenému větrání vyraženého tunelu čerstvým průtokem vzduchu nasávaným VJ a je možné dále pokračovat v dokončení ražby přístupového okruhu kolem budoucích závazecích chodeb, resp. vrtů dle dispoziční varianty D1 – D4.

2. Větrání přechodné při ukládání VJP a ražbách závazecích chodeb

Při proražení díla a vytvoření základních okruhů páteřních chodeb bude k zajištění větrání těchto prostor použito dvou úpadních tunelů. Jeden pro odvod znečištěného vzduchu a druhý pro nucený přívod čerstvého vzduchu. Pro zajištění potřebného tahu proudu vzduchu vyraženými chodbami od jednoho ústí k druhému bude využito systému podélného větrání pomocí proudových ventilátorů obdobných těm, které se používají v silničních nebo železničních tunelech.

Určující podmínky koncepce větrání:

1. Zavázeční tunel bude sloužit **pouze** pro **přívod** čerstvého vzduchu do podzemních prostor.
2. Odtěžovací tunel bude sloužit **pouze** pro **odvod** znehodnoceného vzduchu z podzemních prostor.
3. Při zavážení vyhořelého jaderného paliva (VJP) do podzemního úložiště nesmí znečištěný vzduch prachem a jinými znečišťujícími látkami z ražeb procházet prostorem spojovacích chodeb, prostorem přípravy a kontroly před uložením kontejneru a prostorem již vyražených závazecích chodeb a komor.
4. Dokončený a připravený prostor pro ukládání radioaktivního materiálu bude vždy představovat max. 1/4 z celkového objemu závazecích chodeb.
5. Prostor určený k zavážení VJP bude zajištěn proti vstupu a vjezdu neoprávněných osob a vozidel spojených s probíhajícími ražbami.
6. Samostatným (separátním) větráním použitým v důlním díle nesmí být v žádném místě proudícího průtoku vzduchu odebírán větší průtok než 70% z celkového dopravovaného průtoku.

Musí být zajištěny takové podmínky, které jsou bezpečné pro dlouhodobý pobyt osob v podzemí bez zvláštních požadavků na zajištění mikroklimatických podmínek určených např. teplotou a relativní vlhkostí. Z hlediska stanovení velikosti nominálního průtoku čerstvého vzduchu tak nejsou požadovány žádné zvláštní podmínky, např. z potřeby odvodu ohřátého vzduchu vlivem tepelného působení vyhořelého jaderného paliva uloženého v UOS. V tomto případě se předpokládá, že takto vzniklé teplo bude jímáno okolním masivem závazecích chodeb a během doby ukládání VJP nedojde k nadměrnému nárůstu teploty masivu v blízkosti páteřních chodeb a technologického zázemí. Z dlouhodobého hlediska se předpokládá ohřev horninového masivu ve směru od středu ukládacích sekcí k jejich okraji. V té době se již předpokládá, že je hlubinné úložiště zaplněno a trvale uzavřeno. Uváděné předpoklady je nutné ověřit adekvátními termodynamickými výpočty. Do té doby jsou předpoklady zatíženy určitou mírou nejistoty).

Kapacita systému větrání

Vzhledem k tomu, že nejsou pro větrání vyraženého komplexu stanoveny zvláštní požadavky nebo kritéria pro zajištění mikroklimatických podmínek a kvality prostředí, tak se v tomto návrhu předpokládá s provětráváním chodeb a technologického zázemí úložiště průtokem vzduchu odpovídajícím alespoň intenzitě větrání $0,3 - 0,5 \text{ h}^{-1}$. Podle délky větraných chodeb se pak rozsah min. průtoků pohybuje kolem $50\text{--}110 \text{ m}^3/\text{s}$, což představuje instalovaný výkon proudových ventilátorů asi $200\text{--}800 \text{ kW}$. Celkový potřebný příkon systému větrání může přesáhnout 1 MW .

Filtrace znečištěného vzduchu z ražeb bude probíhat buď přímo v místě ražby a do průchozího proudícího vzduchu (větrného proudu) se bude navracet již zčásti vyčištěný vzduch. Toto opatření je nutné z důvodů dodržení podmínky zajištění čistého prostoru, který je buď pasivně, nebo aktivně oddělen od prostoru, do kterého je vyfukován znehodnocený znečištěný vzduch prachem a zplodinami vzniklými při procesu ražby.

Snahou by mělo být dosažení co nejvyššího stupně filtrace již přímo v úseku ražeb. Tímto způsobem lze efektivně snížit koncentraci prachu. Ostatní produkty vzniklé např. při trhacích pracích (CO , NO_x , CO_2 apod.) touto cestou odfiltrovat nelze.

Čistý prostor:

Z hlediska zajištění čistého prostoru (v rámci „čistého provozu“) v místech ukládání UOS s VJP, ale i jeho přepravy od DuSO 04, včetně zavážecího tunelu, je předpokládáno s vytvořením trvalého tlakového spádu v jednom směru, ve kterém pokračuje ražba. Díky řízenému větrání je možné udržovat prostor celé zavážecí cesty a technického zázemí úseku ukládání v přetlaku vůči místu nově ražených chodeb a ukládacích vrtů. Proudění vzduchu v chodbách je usměrněno větrnými uzávěry s možností samočinné regulace průtoku vzduchu mezi oddělenými prostory z důvodů provětrávání úseku tvořícího slepé rameno. V případě již vyražených zavážecích chodeb (nejsou-li slepé, tj. zpravidla varianta D1) je nutné každou chodbu uzavřít tímto uzávěrem z důvodu zabránění vzduchového zkratu. Pomocí větrných uzávěrů musí být opatřeny i páteřní chodby, a to v místech (sekcích), kde na sebe navazují etapy ukládání a ražby. Tyto uzávěry slouží k tomu, aby znečištěný vzduch nepronikal do čistého prostoru zavážení, který se nachází před probíhající ražbou.

Znehodnocený vzduch je vyraženým okruhem ve směru postupující ražby veden dále až k ústí odtěžovacího tunelu ven na povrch.

Při horizontálním ukládání VJP je boční rozrážka zavážecích chodeb dlouhá cca 30 m . Zbývající prostory slepého subhorizontálního vrtu průměru $2,2 \text{ m}$ o celkové délce do 300 m nemusí být větrána, neboť ukládání VJP bude plně automatizované bez nutnosti přítomnosti osob v místě uložení.

3. Větrání při uzavírání HÚ

Po dokončení ražeb a vyčerpání všech úložných prostor bude toto úložiště trvale uzavřeno a nebude docházet ani k přirozenému proudění v podzemních prostorech. Koncepce systému větrání bude stejná jako v případě průběhu ražeb. Jakmile dojde při zasypávání chodeb k přerušení průchozího větrného proudu, tak bude k čelbě (resp. prostorám nezavezených slepých chodeb) přiveden pomocí systému separátního větrání čerstvý vzduch. Průtoky čerstvého vzduchu nepřevýší potřebný průtok dopravovaný k čelbě během ražeb. V tomto

případě se předpokládá znečištění prostředí především vlivem spalin z naftových motorů aktivních mechanismů a vozidel.

Větrání přidružených technologických prostor

Jedná se o všechny prostory, kde se shromažďují lidé nebo do těchto prostor vstupují nebo je v těchto místnostech umístěno technologické zařízení.

Tyto prostory budou větrány čerstvým vzduchem pomocí samostatného vzduchotechnického zařízení určeného pro odvětrání konkrétního uzavřeného podzemního prostoru. Přiváděný vzduch bude vždy filtrován. Min. intenzita větrání v těchto prostorech je uvažována $I=0,5-1$ 1/h. Sklad výbušnin, který se nachází v znečištěném prostoru, bude provětráván s intenzitou $I=0,5$ 1/h pomocí separátního větrání, s ventilátorem umístěným v čistém prostoru. Pomocí nehořlavých luten bude do těchto prostor přiváděn průtok $1500 \text{ m}^3/\text{h}$.

Počet komor určených pro ukládání betonkontejnerů s RAO je celkem 18. Předpokládá se, že bude větrána vždy komora, do které bude právě zavážen RAO a společná chodba.

Větrání při vzniku požáru v podzemním prostoru

Pokud by z nějakého důvodu došlo v podzemních prostorech ke vzniku požáru s vývinem kouře a toxických spalin, tak vznikající kouř a teplo bude odváděn stejně jako znečištěný vzduch prachem při ražbách s tím rozdílem, že dojde k navýšení odsávaného průtoku na maximum. Kouř by měl být udržován v jednom směru.

Riziko vzniku požáru musí být především minimalizováno pasivními prostředky a preventivní ochranou, neboť vznik požáru s vývinem sazí a toxických látek je v podzemních prostorech nebezpečný. Hlavní zásadou při vzniku takovéto události je zahájení okamžité evakuace všech osob vyskytujících se v podzemních prostorech.

Mimořádná událost – nehoda během přepravy UOS na místo uložení

Nenavrhuje se žádné opatření z hlediska větrání pro případ vzniku této mimořádné události.

Koncepce větrání DuSO 04

DuSO 04 (Příprava RAO a VJP) je větrán separátně se vzduchotechnickými zařízeními provozně nezávislými na zbývajících částech HÚ. Pouze pro účely přívodu čerstvého vzduchu do tohoto objektu je využito vzduchotechnického kanálu ústícího do příportálové části zavážecího tunelu (DuSO 02). DuSO 04 je odvětráván výdušnou štolou a šachtou. Výdušná šachta je napojena v úrovni povrchu terénu na 15 m vysoký komín (SO 78). Větrání samotné horké komory bude provedeno jako podtlakové s aktivní filtrací a vzduchovým obtokem.

Mimořádná událost – uvolnění štěpných produktů při překládání VJP do UOS

Případ mimořádné události, při níž dojde dojit k uvolnění štěpných produktů do okolí, představuje za normálních podmínek nízké riziko.

Odvod vzduchu z horké komory prochází jednocestným trojstupňovým filtračním řetězcem, v kterém je vzduch poháněn systémem redundantních ventilátorů. Filtrační řetězec začíná odtahem z horké komory, který je vybaven požární klapkou. Při provozu a odvětrávání horké komory je uvažováno s použitím tří HEPA 13 filtrů. Mezi prvním a druhým filtrem je umístěno parciální tlakové čidlo. Za posledním filtrem, před odtahem do komína, je redundantní měřidlo

koncentrace vzdušné aktivity (či dávkového příkonu). Filtrovaný vzduch je aktivně odtahován 45 m dlouhou vertikální ventilační trubicou s průměrem 4,2 m, která ústí ve výšce 15 m nad terénem, přičemž samotná horká komora se nachází 30 m pod zemí. Vzduch z horké komory je před započítáním práce odtažen za účelem vytvoření podtlaku, který je udržován po celou dobu manipulace s VJP, aby v případě netěsnosti nedocházelo k úniku do prostoru pracoviště. Během iniciační fáze, tj. před otevřením OS, se kontroluje funkčnost a stav vzduchotechniky.

4.2.1.19 Geotechnický monitoring

Pro zajištění bezpečnosti při ražbě i samotném provozu HÚ je nutné důsledně provádět geotechnický monitoring. Monitoring v období jednotlivých fází existence HÚ je součástí (SVOBODA, J. et al., 2019). Cílem plnění je zpracování studie procesů, jevů, charakteristik, veličin a parametrů, které bude účelné sledovat, dlouhodobě monitorovat a vyhodnocovat z hlediska životního prostředí, ochrany osob, technických parametrů při realizaci, z hlediska bezpečnosti a chování horninového prostředí. V návaznosti na tyto hodnoty je studií dostupných metodik a postupů, vč. možného směru vývoje dle nových poznatků jak v oblasti metodik, tak i v oblasti technických prostředků.

4.2.1.20 Etapizace výstavby, provozu a uzavírání podzemní části HÚ

V případě, že se provoz HÚ uskutečňuje v etapách, lze investice rozložit na delší časové období. V případě uzavírání jednotlivých částí HÚ (sekcí) po etapách lze snížit množství průsakové vody a také potřebu vyššího objemového průtoku vzdušin. Další výhodou rozdělení výstavby na několik fází je to, že časový odstup mezi ražbami jednotlivých částí úložiště umožňuje shromáždit a analyzovat nová data a poznatky, a tím přizpůsobit, resp. optimalizovat rozhodnutí podle nejnovějších zjištění.

Etapizace je členěna tak, že bude v jedné chvíli vyraženo a ukládáno přibližně 1/4 z ukládacích prostor dle možností jednotlivých dispozičních variant řešení.

Vertikální ukládání

Posloupnost ražby a výstavby, provozu a uzavírání podzemní části pro dispoziční variantu D1 a D2 a rozdělení do etap je patrné v Tab. 22 a Tab. 23.

Tab. 22 – Posloupnost ražby, výstavby, provozu a uzavírání HÚ – D1

P. Č.	POPIS	ETAPA č.
1	Ražba odtěžovacího a zavážecího tunel po horizont ukládání RAO	ETAPA I
2	Výstavba a provoz konfirmační laboratoře na horizontu ukládání RAO	
3	Ražba odtěžovacího a zavážecí tunel po horizont ukládání VJP, vtažné jámy, výstavba DuSO 04 (Příprava RAO a VJP) a ukládacích komor RAO	
4	Ražba části páteřních chodeb ke konfirmační laboratoři na horizontu ukládání VJP	
5	Výstavba a provoz konfirmační laboratoře na horizontu ukládání VJP	
6	Výstavba spojovacích chodeb úseku ražby a ukládání, veškerého technického zázemí úseku ražby a ukládání, skladu výbušnin, čerpací stanice s jímkou a sedimentační nádrže, páteřní chodby*	
7	Ražba zavážecích chodeb a ukládacích vrtů sekce I (0-29,8 %) a sekce II (0-22,3 %)	
8	Ukládání VJP do sekce I (0-29,8 %) a sekce II (0-22,3 %); Ražba zavážecích chodeb a ukládacích vrtů sekce I (29,8 – 53,2 %) a sekce II (22,3 - 48,2 %); Uzavírání sekce I (0 - 29,8 %) a sekce II (0 - 22,3 %)	ETAPA II
9	Ukládání VJP do sekce I (29,8 – 53,2 %) a sekce II (22,3 - 48,2 %); Ražba zavážecích chodeb a ukládacích vrtů sekce I (53,2 – 76,6 %) a sekce II (48,2 - 74,1 %); Uzavírání sekce I (29,8 – 53,2 %) a sekce II (22,3 - 48,2 %)	ETAPA III
10	Ukládání VJP do sekce I (53,2 – 76,6 %) a sekce II (48,2 - 74,1 %); Ražba zavážecích chodeb a ukládacích vrtů sekce I (76,6 - 100%) a sekce II (74,1 - 100%); Uzavírání sekce I (53,2 – 76,6 %) a sekce II (48,2 - 74,1 %)	ETAPA IV
11	Ukládání VJP do sekce I (76,6 - 100%) a sekce II (74,1 - 100%); Uzavírání sekce I (76,6 - 100%) a sekce II (74,1 - 100%)	ETAPA V
12	Uzavírání HÚ	ETAPA VI

*Při ražbě metodou TBM je odstavení tunelovacího stroje na dlouhou dobu (v řádech let) problematické, a proto je uvažováno s kompletním vyražením všech páteřních chodeb během ETAPY I.

Tab. 23 – Posloupnost ražby, výstavby, provozu a uzavírání HÚ –D2

P. Č.	POPIS	ETAPA č.
1	Ražba odtěžovacího a zavážecího tunel po horizont ukládání RAO	ETAPA I
2	Výstavba a provoz konfirmační laboratoře na horizontu ukládání RAO	
3	Ražba odtěžovacího a zavážecí tunel po horizont ukládání VJP, vtažné jámy, výstavba DuSO 04 (Příprava RAO a VJP) a ukládacích komor RAO	
4	Ražba části páteřních chodeb ke konfirmační laboratoři na horizontu ukládání VJP	
5	Výstavba a provoz konfirmační laboratoře na horizontu ukládání VJP	
6	Výstavba spojovacích chodeb úseku ražby a ukládání, veškerého technického zázemí úseku ražby a ukládání, skladu výbušnin, čerpací stanice s jímkou a sedimentační nádrže, páteřní chodby*	
7	Ražba zavážecích chodeb a ukládacích vrtů sekce I (0-46,9 %)	
8	Ukládání VJP do sekce I (0 - 46,9 %) ; Ražba zavážecích chodeb a ukládacích vrtů sekce I (46,9 – 95,3 %); Uzavírání sekce I (0 - 46,9 %)	ETAPA II
9	Ukládání VJP do sekce I (46,9 – 95,3 %) ; Ražba zavážecích chodeb a ukládacích vrtů sekce I (95,3 – 100 %) a sekce II (0 – 48,3 %); Uzavírání sekce I (46,9 – 95,3 %)	ETAPA III
10	Ukládání VJP do sekce I (95,3 – 100 %) a sekce II (0 – 48,3 %); Ražba zavážecích chodeb a ukládacích vrtů sekce II (48,3 – 100 %); Uzavírání sekce I (95,3 – 100 %) a sekce II (0 – 48,3 %)	ETAPA IV
11	Ukládání VJP do sekce II (48,3 - 100 %); Uzavírání sekce III (48,3 - 100 %)	ETAPA V
12	Uzavírání HÚ	ETAPA VI

*Ražbu páteřních chodeb při konvenčním způsobu ražeb je možné přizpůsobit etapizaci výstavby jednotlivých ukládacích sekcí. Tyto nuance nejsou z důvodu přehlednosti v tabulce pro páteřní chodby zohledněny.

Horizontální ukládání

Posloupnost ražby a výstavby podzemní části se liší dle jednotlivých dispozičních variant řešení (Tab. 24 a Tab. 25).

Tab. 24 – Posloupnost ražby, výstavby, provozu a uzavírání HÚ – D3

P. Č.	POPIS	ETAPA č.
1	Ražba odtěžovacího a zavázečního tunel po horizont ukládání RAO	ETAPA I
2	Výstavba a provoz konfirmační laboratoře na horizontu ukládání RAO	
3	Ražba odtěžovacího a zavázečního tunel po horizont ukládání VJP, vtažné jámy, výstavba DuSO 04 (Příprava RAO a VJP) a ukládacích komor RAO	
4	Ražba části páteřních chodeb ke konfirmační laboratoři na horizontu ukládání VJP	
5	Výstavba a provoz konfirmační laboratoře na horizontu ukládání VJP	
6	Výstavba spojovacích chodeb úseku ražby a ukládání, veškerého technického zázemí úseku ražby a ukládání, skladu výbušnin, čerpací stanice s jímkou a sedimentační nádrže, páteřní chodby*	
7	Ražba ukládacích vrtů sekce I (0 - 91 %)	
8	Ukládání VJP do sekce I (0 - 91 %) ; Ražba ukládacích vrtů sekce I (91 – 100 %) a sekce II (0 - 90 %); Uzavírání sekce I (0 - 91 %)	ETAPA II
9	Ukládání VJP do sekce I (91 – 100 %) a sekce II (0 - 90 %); Ražba ukládacích vrtů sekce II (90 - 100 %) a sekce III (0 - 100 %); Uzavírání sekce I (91 – 100 %) a sekce II (0 - 90 %)	ETAPA III
10	Ukládání VJP do sekce II (90 - 100 %) a sekce III (0 - 100 %); Ražba ukládacích vrtů sekce IV (0 - 100 %); Uzavírání sekce II (90 - 100 %) a sekce III (0 - 100 %)	ETAPA IV
11	Ukládání VJP do sekce IV (0 - 100 %); Uzavírání sekce IV (0 - 100 %)	ETAPA V
12	Uzavírání HÚ	ETAPA VI

*viz Tab. 22

Tab. 25 – Posloupnost ražby, výstavby, provozu a uzavírání HÚ – D4

P. Č.	POPIS	ETAPA č.
1	Ražba odtěžovacího a zavážečního tunel po horizont ukládání RAO	ETAPA I
2	Výstavba a provoz konfirmační laboratoře na horizontu ukládání RAO	
3	Ražba odtěžovacího a zavážečního tunel po horizont ukládání VJP, vtažné jámy, výstavba DuSO 04 (Příprava RAO a VJP) a ukládacích komor RAO	
4	Ražba části páteřních chodeb ke konfirmační laboratoři na horizontu ukládání VJP	
5	Výstavba a provoz konfirmační laboratoře na horizontu ukládání VJP	
6	Výstavba spojovacích chodeb úseku ražby a ukládání, veškerého technického zázemí úseku ražby a ukládání, skladu výbušnin, čerpací stanice s jímku a sedimentační nádrže, páteřní chodby*	
7	Ražba ukládacích vrtů sekce I (0 - 95 %)	
8	Ukládání VJP do sekce I (0 - 95 %) ; Ražba ukládacích vrtů sekce I (95 – 100 %) a sekce II (0 - 93 %); Uzavírání sekce I (0 - 95 %)	ETAPA II
9	Ukládání VJP do sekce I (95 – 100 %) a sekce II (0 - 93 %); Ražba ukládacích vrtů sekce II (93 - 100 %) a sekce III (0 - 100 %); Uzavírání sekce I (95 – 100 %) a sekce II (0 - 93 %)	ETAPA III
10	Ukládání VJP do sekce II (93 - 100 %) a sekce III (0 - 100 %); Ražba ukládacích vrtů sekce IV (0 - 100 %); Uzavírání sekce II (93 - 100 %) a sekce III (0 - 100 %)	ETAPA IV
11	Ukládání VJP do sekce IV (0 - 100 %); Uzavírání sekce IV (0 - 100 %)	ETAPA V
12	Uzavírání HÚ	ETAPA VI

*viz Tab. 23

Alternativní postup výstavby

Alternativní způsob výstavby se odvíjí od organizace práce ve vazbě na posloupnost jednotlivých fází výstavby HÚ. V analogii na organizaci práce při konvenčním způsobu ražby je možno rozlišit postupnou výstavbu HÚ charakterizovanou postupnou výstavbou jednotlivých DuSO, nebo souběžnou výstavbu HÚ, která je charakterizovaná souběžnou výstavbou jednotlivých DuSO, anebo polosouběžnou výstavbu HÚ s částečným překrýváním výstavby jednotlivých DuSO.

4.2.1.21 Technologie výstavby vybraných podzemních objektů HÚ

Technologie výstavby se přímo odvíjí od použitých metod ražeb (konvenční ražba a mechanizovaná strojní ražba). Do technologie výstavby jsou zahrnuty veškeré činnosti spjaté s realizací zajištění výrubu všech důlních stavebních objektů.

Hlavní zásady pro ražení důlních děl je možno dle (KUBICA, J. a KROUL, J., 2013) shrnout do několika následujících bodů:

- a) Profil a výztuž (ostění) důlního díla musí odpovídat životnosti a účelu, kterému bude dílo sloužit. Musí odpovídat svou dimenzí očekávaným tlakům, požadavkům na větrání, dopravu a množství rubaniny, která se bude důlním dílem dopravovat.
- b) Ražba musí být vedena podle technologického postupu, který musí odpovídat poměrům, v nichž je důlní dílo vedeno.
- c) Velikost zabírky a technologie ražení musí odpovídat místním podmínkám, vlastnostem horniny, jakož i používanému zařízení včetně výztuže (ostění).
- d) Výrub důlního díla musí být zajištěn tak, aby se zabránilo nežádoucímu pádu horniny vyvolanému rozvolňováním horninového masivu a tím i snížení jeho pevnosti, vzniku nových diskontinuit a dvouosého stavu napjatosti okolo výrubu
- e) Trvalé ostění musí být navrženo tak, aby nedosáhlo mezního stavu porušení (porušení nebo nadměrné deformace);
- f) Při úpadní ražbě je nutné zřizovat v počvě díla provizorní jímky na čerpání vody.

Podrobný popis použitých technologií je součástí závěrečné zprávy (GRÜNWALD, L. et al., 2018).

Výstavba vybraných podzemních objektů HÚ je blíže popsána v kapitole 4.2.3 Podrobný popis vybraných DuSO.

4.2.2 Koncepce provozů v podzemní části HÚ

Tato kapitola popisuje hlavní provozy a procesy probíhající v podzemní části HÚ.

4.2.2.1 Příprava VJP pro uložení

Činnosti prováděné v rámci přípravy VJP pro uložení se provádějí jednak v objektu Přípravy VJP a RAO k uložení a jednak na ukládacím horizontu a lze je rozdělit do následujících skupin:

- příjem a skladování VJP,
- příjem a příprava prázdných UOS,
- plnění UOS a jejich příprava k uložení,
- manipulace s UOS na ukládacím horizontu

a) Příjem a skladování VJP

Všechny operace jsou podváděny ve střeženém prostoru a lze je rozdělit na operace spojené s:

- příjmem skladovacího a přepravního OS
- příjmem VJP do horké komory (HK)

b) Příjem a příprava prázdných UOS

Prázdné UOS se budou přivážet od výrobce po železnici na vagónu nebo mohou být i dopravovány po silnici na trajleru.

c) **Plnění UOS a jejich příprava k uložení**

Všechny operace spojené s příjmem, plněním a přípravou UOS k uložení se provádějí v pouze v prostorách DuSO 04. Jednotlivá pracoviště a v nich prováděné činnosti jsou detailně popsány v závěrečné zprávě (GRÜNWARD, L. et al., 2018) a (POSPÍŠKOVÁ, I. et al., 2011).

Činnosti prováděné v DuSO 04 jsou:

- Zavážení VJP do UOS.
- Přivaření primárního víka UOS, kontrola přivaření.
- Přivaření sekundárního víka UOS, kontrola přivaření, plnění dusíkem.
- Uložení UOS v meziskladu.
- Povrchová úprava UOS.
- Přeprava UOS do podzemí.

4.2.2.2 Příprava RAO pro uložení

Činnosti s RAO (s odpady neuložitelnými do přípovrchových úložišť a vlastní odpady z provozu HÚ) lze rozdělit do následujících skupin:

- příjem a příprava prázdných betonkontejnerů (BK) k plnění,
- příjem sudů s RAO,
- příjem prázdných sudů a jejich plnění vlastními RAO,
- příjem betonkontejnerů s RAO,
- plnění betonkontejnerů sudy s RAO a jejich příprava k uložení,
- plnění betonkontejnerů vlastními RAO a jejich příprava na uložení,
- zavezení betonkontejneru na ukládací horizont RAO,
- uložení BK s RAO do ukládací komory.

Všechny výše popsané manipulace budou probíhat výhradně v kontrolovaném pásmu v podzemních prostorách DuSO 04. Jednotlivá pracoviště a v nich prováděné činnosti jsou detailně popsány v závěrečné zprávě (GRÜNWARD, L. et al., 2018) a (POSPÍŠKOVÁ, I. et al., 2011).

Po těchto operacích je možno uložit betonkontejner v podzemní části HÚ v ukládacím horizontu RAO.

4.2.2.3 Ukládání UOS s VJP

Manipulace s UOS na ukládacím horizontu VJP je závislá na zvoleném způsobu ukládání – horizontální či vertikální. Detailní popis obou způsobů ukládání je uveden v závěrečné zprávě (GRÜNWARD, L. et al., 2018).

Způsoby ukládání řešily i oba referenční projekty – referenční projekt z roku 1999 (HOLUB, J. et al., 1999) se zabýval ukládáním vertikálním a aktualizace referenčního projektu z roku 2011 (POSPÍŠKOVÁ, I. et al., 2011) řešila ukládání horizontální, a to formou ukládání superkontejneru.

V mezidobí byly zpracovány studie porovnání vertikálního a horizontálního ukládání, avšak jednoznačného výsledku a shody na tom, který způsob je ten nejoptimálnější, nebylo dosaženo.

Porovnáme-li výhody a nevýhody jednotlivých řešení zjistíme, že v případě vertikálního ukládání je třeba menší plochy HB. Z hlediska realizovatelnosti zde narážíme na technické a technologické problémy a problémy budou i z hlediska vlastní manipulace s UOS – sklápění do vyvrtaného vertikálního ukládacího vrtu a jeho následné vyplnění bentonitovými prefabrikáty a utěsnění a odstínění vertikálního ukládacího vrtu (je reálná možnost pohybu osob a techniky nad již zaplněnými vertikálními ukládacími vrty).

Nevýhodou horizontálního ukládání je skutečnost, že potřebujeme větší plochu homogenního horninového masivu. Výhodou je to, že objem rubaniny je výrazně menší než v případě vertikálního ukládání, jak dokumentuje Tab. 40 v závěrečné zprávě (GRÜNWALD, L. et al., 2018). Z toho plyne i nižší cena realizace.

Též je podstatně jednodušší možnost automatizace ukládání v případě horizontálního ukládání UOS.

Popisy obou způsobů ukládání jsou uvedeny v příslušných referenčních projektech – Referenční projekt z roku 1999 (HOLUB, J. et al., 1999) a Aktualizace referenčního projektu z roku 2011 (POSPÍŠKOVÁ, I. et al., 2011) a zejména v závěrečné zprávě Optimalizace podzemních částí HÚ (GRÜNWALD, L. et al., 2018) a z nich vychází i konstrukční řešení podzemní části hlubinného úložiště na ukládacím horizontu.

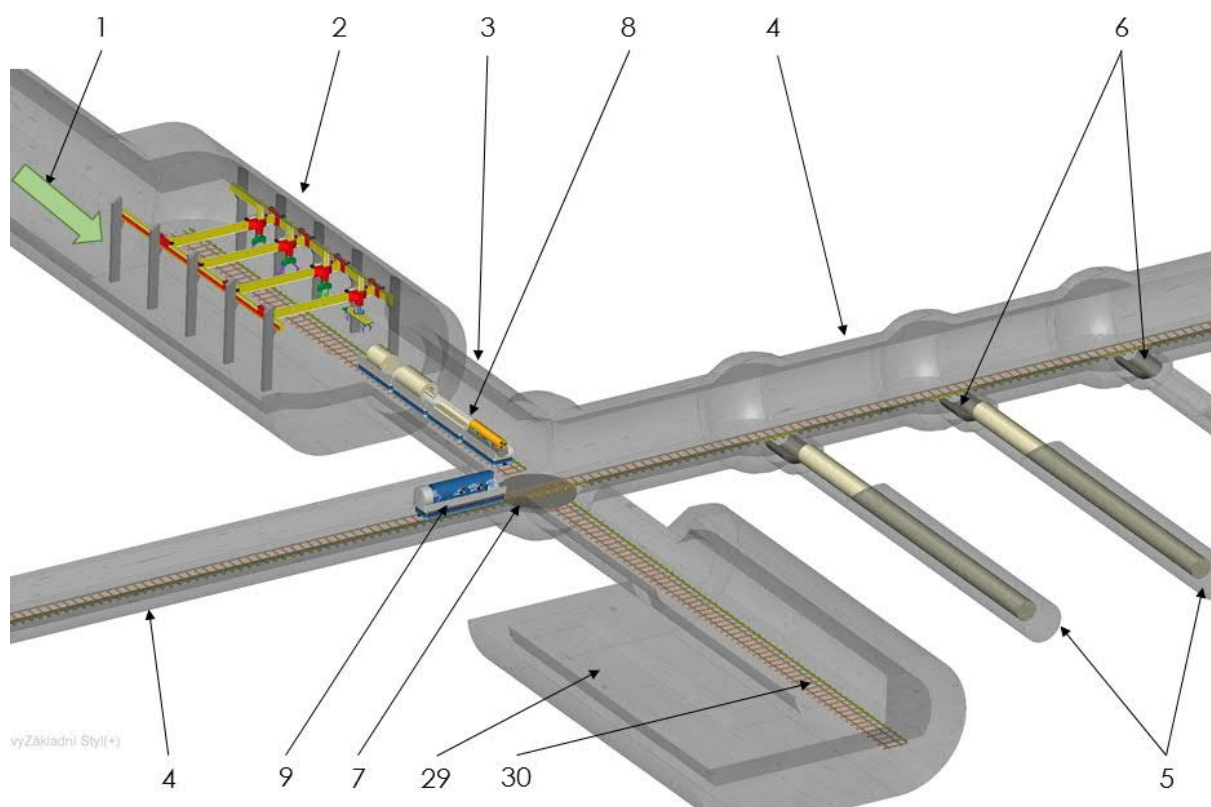
Horizontální způsob ukládání UOS s VJP

Výhody a nevýhody tohoto způsobu ukládání jsou popsány v úvodu této kapitoly. Zde bychom pouze na upřesnění uvedli, že manipulace s UOS na ukládacím horizontu vycházely ze švédské – resp. finské koncepce manipulací, která byla popsána v závěrečné zprávě (GRÜNWALD, L. et al., 2018) a doplněna obrázky manipulační techniky, která byla uvažována a je blíže popsána v její kapitole 7.3. Na základě této techniky bylo zpracováno technické řešení ukládacího horizontu.

Jedna z možností, jak získat tuto techniku, je možnost nakoupení těchto manipulačních prostředků nebo nákup licencí pro jejich výrobu nebo vývoj vlastních manipulačních a ukládacích prostředků. Blíže je toto popsáno v Aktualizaci referenčního projektu z roku 2011 – Etapě V – Nejistoty řešení (POSPÍŠKOVÁ, I. et al., 2011).

Následující možnost řešení vychází ze studie Koncepční řešení ukládání UOS v horizontálních či subhorizontálních ukládacích vrtech v plně automatizovaném provozu zpracovaného společností ROBOTSYSTEM, s.r.o., Ostrava, březen 2017. (SKAŘUPA, J. et al., 2017). Tato studie počítá v případě transportních logistických procesů s robotickými technologiemi na bázi kolejové dopravy. Z tohoto důvodu jsou zcela vyloučeny zatáčky s malým poloměrem a jsou preferovány rovné chodby (tunely), nebo zatáčky s poloměrem zakřivení o hodnotě minimálně 200 m. Ostatní změny směru nebo křížení kolejových tras budou dle potřeby řešeny pomocí kolejových točen.

Vyústění úpadnice se předpokládá do překladiště UOS, kde jsou přeloženy z kolového přepravního prostředku na kolejový, a to plně automatizovaným překládacím systémem – viz níže schematické znázornění na Obr. 17.



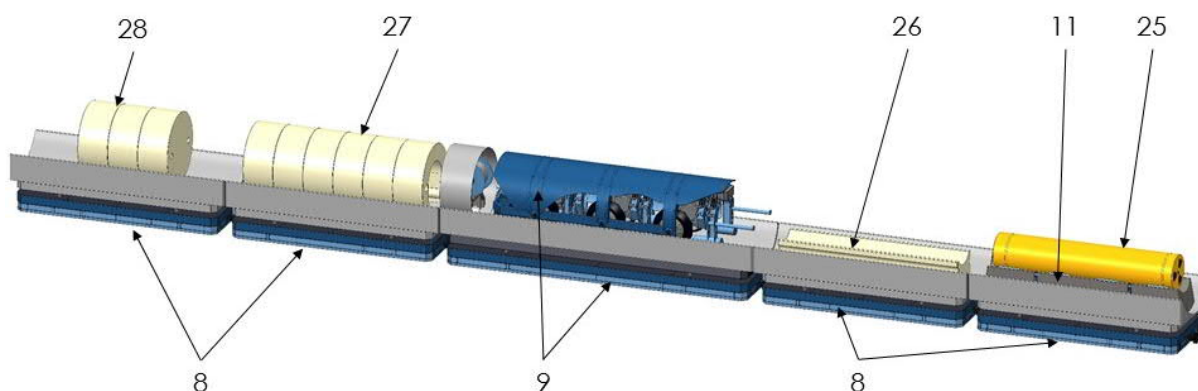
Obr. 17 – Konceptní model hlubinného úložiště
(převzato z (SKAŘUPA, J. et al., 2017))

Legenda k Obr. 17:

- 1 Úpadnice (vstup do překladiště)
- 2 Překladiště
- 3 Příjezdová chodba
- 4 Technologická chodba
- 5 Ukládací vrt
- 6 Osazení vrtu
- 7 Kolejová točna
- 8 Převážecí vůz (1 až 4)
- 9 Vůz s točnou a ukládacím robotem
- 29 Technické zázemí transportního robotického systému
- 30 Servisní kolej

Ve studii uvažované manipulační prostředky jsou na bázi kolejové dopravy, jsou tvořeny soupravou čtyř robotických převážecích vozů (Obr. 18), které umožní přepravu všech komponentů potřebných pro uložení jednoho UOS s VJP do subhorizontálního ukládacího vrtu. Jedná se tedy o samotný UOS s VJP a všechny typy prefabrikovaných bentonitových

výplní v odpovídajícím počtu pro jeden UOS. UOS s VJP bude přepravován samostatně na prvním voze soupravy.



Obr. 18 – Souprava robotických vozů pro přepravu UOS a bentonitových prefabrikátů (převzato z (SKAŘUPA, J. et al., 2017))

Legenda k Obr. 18

- 8 Převážecí vůz (1 až 4)
- 9 Vůz s točnou a ukládacím robotem
- 11 Podstavec s fixačními prvky
- 25 Ukládací obalový soubor (UOS)
- 26 Bentonitové lože
- 27 Kruhová bentonitová výseč
- 28 Kruhová bentonitová výplň

Vlastní technologie a postup ukládání UOS do ukládacích vrtů není ještě detailněji popsán, je tedy obtížné stanovit dopad to současného řešení podzemního ukládacího horizontu. Ale z výše citované studie je již nyní patrné, že současný koncept podzemní části může doznat určitých změn.

Vertikální způsob ukládání UOS s VJP

Manipulace s UOS na ukládacím horizontu opět i v tomto případě vycházely ze švédské – resp. finské koncepce manipulací, která byla popsána v Závěrečné zprávě ZL 004 (GRÜNWARD, L. et al., 2018) a doplněna obrázky manipulační techniky, která byla uvažována a je blíže popsána v kapitole 8 zprávy (GRÜNWARD, L. et al., 2018).

Jedna z možností, jak získat tuto techniku, je možnost nakoupení těchto manipulačních prostředků nebo nákup licencí pro jejich výrobu nebo vývoj vlastních manipulačních a ukládacích prostředků. Blíže je toto popsáno v Aktualizaci referenčního projektu z roku 2011 – Etapě V – Nejistoty řešení.

V této oblasti ukládání, na rozdíl od horizontálního způsobu, nebylo dosaženo zatím žádného hmatatelného posunu.

4.2.2.4 Ukládání BK s RAO

Betonkontejner připravený k dopravě na ukládací horizont, po provedení výstupní kontroly, při které se kontroluje povrchová aktivita a správné provedení svaru a jeho povrchová úprava, je možné zavést na ukládací horizont v podzemních prostorách HÚ.

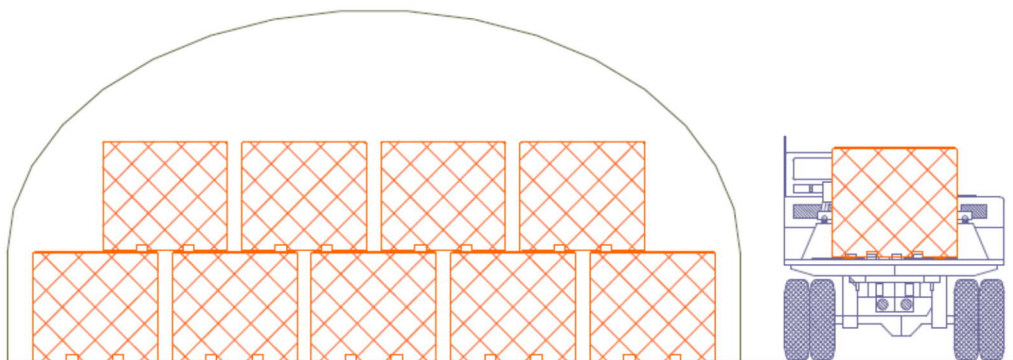
Betonkontejner je mobilní kolovou soupravou určenou ke svozu BK na ukládací horizont dopraven zavážecím tunelem a přístupovými chodbami k ukládacím komorám RAO DuSO 11.

Na ukládacím horizontu pro ukládání RAO dojde k přeložení BK z mobilní kolové soupravy na ukládací zařízení (vysokozdvíhací vozík). Pomocí něho jsou betonkontejnery s RAO přemístěny ke konečnému uložení do některé z ukládacích komor RAO.

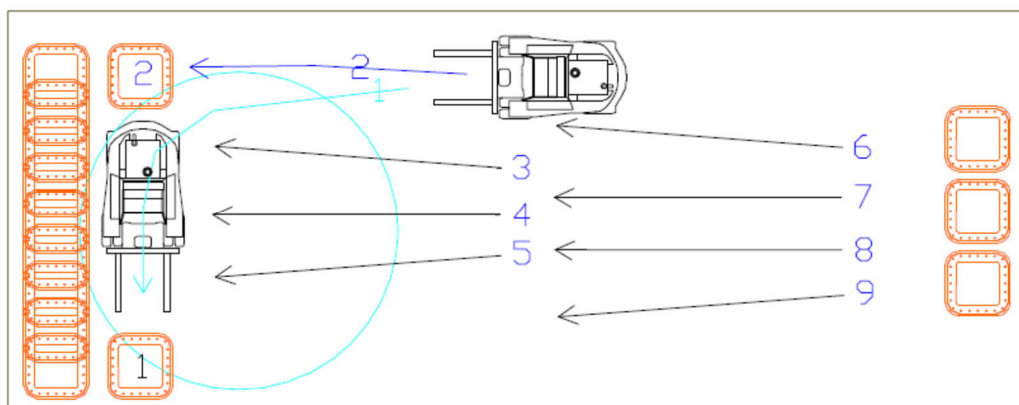
1. Uložení do ukládací komory

Ukládací zařízení (vysokozdvíhací vozík) převezve betonkontejner s RAO do příslušné ukládací komory, kde ho uloží buď na podlahu ukládací chodby nebo na předchozí betonkontejner s RAO. Velikost profilu ukládací chodby umožňuje uložení dvou betonkontejnerů s RAO na sebe.

Předpokládaný způsob zakládání v ukládací komoře RAO je patrný z následujících obrázků (Obr. 19 a Obr. 20).



Obr. 19 – Ukládací komora RAO – příčný řez



Obr. 20 – Ukládací komora RAO - půdorys

4.2.2.5 Doprava materiálu

Velikost příčných profilů důlních děl musí odpovídat požadavkům z hlediska dopravy materiálu do úseku výstavby a ukládání, dopravy UOS s VJP, BK s RAO, transportu rubaniny, ale také dopravě vzdušín (větrání) a jiných médií. Hlavními dopravními cestami pro transport materiálu je zavážecí a odtěžovací tunel. V rámci ukládacího horizontu VJP jsou jednotlivá místa podzemní části HÚ propojena sítí páteřních chodeb a spojovacích chodeb úseku ražby a výstavby a úseku přípravy a ukládání.

Jak již bylo uváděno dříve, pro zavážení UOS s VJP a betonkontejnerů s RAO bude sloužit zavážecí tunel. Ten bude tvořit také hlavní dopravní cestu při transportu ostatních materiálů převážených z povrchového areálu do úseku ukládání nebo naopak.

K dopravě materiálu z povrchového do úseku ražeb a výstavby na ukládacím horizontu VJP bude sloužit výhradně odtěžovací tunel. Dopravování materiálu bude probíhat na kolových transportních zařízeních.

4.2.2.6 Konfirmační laboratoř a monitoring

Konfirmační laboratoř je technickým zázemím pro potřeby potvrzení základních předpokladů o chování a vlastnostech hostitelského prostředí. Konfirmační laboratoř je rozdělena na 2 dispozičně odlišitelné části. První část je umístěna v horizontu ukládání RAO, zatímco druhá je budována na horizontu ukládání VJP. Podrobnosti ke konfirmační laboratoři jsou uváděny v kapitole 4.2.3.9 *Konfirmační laboratoř (DuSO 12)*.

Monitoring je nedílnou součástí celého životního cyklu HÚ. Je nutné je provádět nejen v konfirmačních laboratořích, ale již v rámci přípravných prací, během ražeb, výstavby, ukládání, při uzavírání a následně také v rámci dlouhodobé kontroly v okolí uzavřeného úložiště. Obecně monitoring musí splňovat požadavky povolení SÚJB a vycházet z platné legislativy.

Monitoring podzemní části je v současné době podrobněji zpracováván v návrhu monitorovacího plánu (Návrh monitorovacího plánu, specifikace monitorovaných dat a použitých metod - monitoring v období jednotlivých fází HÚ. TZ 422/2019, 2019), který je součástí projektu *Výzkumná podpora pro projektové řešení hlubinného úložiště*.

4.2.2.7 Uzavírání ukládacích sekcí a HÚ

Uzavírání ukládacích sekcí je závěrečným krokem technologického postupu ukládání. Tyto činnosti budou prováděny hornickými postupy a postupy podzemního stavitelství. Předpokládá se, že realizace uzavírání sekcí s VJP bude probíhat v rámci úseku přípravy a ukládání.

Ukládací vrty jsou vždy u jejího ústí opatřeny zátkou. U vertikálního ukládání je zátkou myšlena vyplněná část vertikálního vrtu od ukládaného UOS s VJP po zpevněné dno zavážecí chodby. V případě horizontálního ukládání je zátká umístěna 7,5 m od ústí vrtu. Samotná zátká je uvažována dosahuje tl. 2,5 m a je zaklíněna do horniny v podobě prstence kolem celého vrtu. V době zpracování studie není podrobné konstrukční řešení této inženýrské bariéry a technologie její výstavby zpracováno.

Veškeré prostory mimo vrty samotné budou zaplněny vhodným výplňovým materiálem. Jako výplňový materiál je při uzavírání sekcí s VJP uvažován čistý bentonit. Zaplnění samotných vrtů je uvažováno za pomoci vhodného tlumícího materiálu. V této studii se uvažuje s užitím

prefabrikovaných bentonitů. Alternativou nebo doplňkem k užití prefabrikovaných bentonitů mohou být bentonitové pelety, kterými se zabývá studie (SVOBODA, J. et al., 2018).

Uzavírání sekcí s VJP

Uzavírání sekcí s VJP zahrnuje v případě vertikálního ukládání následující činnosti:

1. Zaplnění ukládacích vrtů
2. Zajištění ústí vrtů zátkou
3. Zaplnění zavázacích chodeb výplňovým materiálem
4. Zajištění zaplněných zavázacích chodeb uzávěrou (betonová příčka)
5. Zaplnění manipulačních nik a části chodby před uzávěrou výplňovým materiálem
6. Zaplnění páteřních chodeb ukládacích sekcí nebo její části

Při současném probíhání uzavírání a ukládání VJP je nutné oddělení obou pracovišť. Jednotlivá pracoviště v rámci ukládacích sekcí lze oddělit fyzickými bariérami, které zamezí nekontrolovaný pohyb mezi úsekem ražeb, resp. uzavírání a úsekem ukládání. Na základě konceptu větrání mohou mít formu plné příčky s ponechaným otvorem či vzduchotechnickou klapkou pro volný průchod vzduchu, příčky se vzduchotechnickým prostupem v podobě lutny nebo formu přepážky hermeticky oddělující obě pracoviště. Tyto konstrukce se nazývají hráze a slouží k oddělení také dvou samostatných větrných oddělení v chodbách, jimiž není třeba procházet nebo projíždět. V případě nutnosti zachování průchodu osob nebo průjezdu vozidel se budují dvojitě hrázové dveře, přičemž jedny zůstávají vždy zavřené. Dveře jsou většinou otevírány automaty, které neumožní otevření obou dveří najednou. V místech, kde bude požadováno mimo samotné fyzické oddělení obou provozů také rozdělování důlních větrů, se konstruují regulační dveře. Ty bývají často opatřeny prostupem, jehož průtočný průřez lze upravit hradítkem.

Uzavírání sekcí s VJP zahrnuje v případě horizontálního ukládání následující činnosti:

1. Zaplnění úseků ukládacích vrtů mezi jejich ústím a koncem vrtu
2. Zajištění ústí vrtů zátkou
3. Zaplnění manipulačních nik a prostoru vrtu před zátkou výplňovým materiálem
4. Oddělování jednotlivých pracovišť fyzickými a vzduchotechnickými bariérami (v případě souběžných prací na uzavírání sekcí VJP a ukládání VJP, případně z důvodu nutnosti regulace větrního proudu)
5. Zaplnění páteřních chodeb ukládacích sekcí nebo její části výplňovým materiálem

Uzavírání sekcí s RAO

Volný prostor mezi betonkontejnery v komorách s RAO bude v určité fázi provozu zavezen vhodným výplňovým materiálem. Vhodnost konkrétních materiálů není v tuto chvíli dostatečně ověřena. Nejistotám tohoto návrhu se věnuje kapitola 7.2.1.11.

Uzavírání komor s RAO zahrnuje následující činnosti:

1. Vyplnění volného prostoru komory pro RAO
2. Zajištění vstupu do komory
3. Uzavření přístupové chodby do komor

Uzavírání HÚ

Uzavírání celého úložiště proběhne po dokončení uzavření všech ukládacích sekcí a po uplynutí stanovené doby in-situ monitorování podzemní části HÚ. Při uzavírání HÚ budou díla postupně pleněna a zaplňována vhodným výplňovým materiálem. Nejistotám tohoto řešení se věnuje kapitola 7.2.1.11.

Činnosti prováděné při uzavírání podzemní části HÚ:

1. Odkliz veškerých pracovišť, zařízení a materiálu z podzemí
2. Plenění výztuže
3. Vyplnění veškerých volných prostor důlních děl

Výše uvedené činnosti musí probíhat po etapách při zajištění bezpečnosti provozu neuzavřených částí HÚ. Obzvláště při plenění výztuže musí být postupováno s maximální obezřetností. Při uzavírání důlních objektů (sklady, dílny, rozvodny), náraží a čerpací stanice se bude postupovat od nejzazšího bodu HÚ směrem úpadním tunelům a postupně izolovat vyplněná důlní díla hrázemi. Z provozního hlediska je důležité čerpací systém likvidovat postupně dle zpracovaného harmonogramu likvidace. S ohledem na větrání je třeba si uvědomit, že případná ztráta průchozího větrního proudu (hlavně při likvidaci dlouhých důlních děl) musí být nahrazena separátním větráním.

Poznámka zpracovatele studie:

„Pojem likvidace je v hornictví a báňské legislativě zakotven jako termín užívaný pro proces uzavírání dolů. Tento proces zahrnuje plenění výztuže a výstroje důlních děl a jejich zaplnění vhodným zásypovým materiálem.“

Ve schváleném likvidačním plánu musí být uvedeno, která důlní díla se budou nebo nebudou plenit. Je nutné zvážit jednotlivá hlediska, která mluví za ponechání výztuže dle (GRYGÁREK, J., 2001):

- **Ekonomické** – hodnota vyplněného nebo demontovatelného materiálu neodpovídá vynaloženým nákladům.
- **Provozní** – vyplněním by došlo k nežádoucímu narušení stability horninového masivu v okolí pleněné výztuže či okolních důlních děl, které mají zůstat zachovány.

V případě uzavírání HÚ je však nezbytné zohlednění ještě hledisko:

- **Bezpečnostní** – ponechaný nevyplněný materiál nesmí tvořit preferenční cestu pro šíření radionuklidů v případě jejich úniku po uzavření HÚ.

Při likvidaci důlních děl je zpracováván technický projekt likvidace, který určí způsob likvidace hlavních důlních děl vhodným výplňovým materiálem. Podle §5, odst. 1 vyhlášky ČBÚ č. 52/1997 Sb. je jáma likvidována jejím úplným zasypáním zpevněným zásypovým materiálem. Umožňuje-li to charakter jámy, lze na základě povolení obvodního báňského úřadu použít nezpevněný zásypový materiál. Povolení musí obsahovat opatření k zajištění bezpečnosti z hlediska stability jámy a jejího okolí. Zavážecí tunel bude likvidován jeho zaplněním vhodným výplňovým materiálem tvořeným bentonitovou výplní.

Při rozhodování o likvidaci či dalším využití strojního zařízení se účelně rozděluje do čtyř skupin:

1. Zařízení vyžadující běžnou opravu.
2. Zařízení vyžadující generální opravu.
3. Zařízení určená k sešrotování.
4. Zařízení sloužící dočasně po dobu likvidace.

Likvidace povrchového areálu HÚ úzce souvisí s likvidací důlních děl ústících na povrch. Průběžně se mohou likvidovat nepotřebné provozy HÚ, které ztratí svůj účel po zastavení ukládaní. U ostatních objektů je zapotřebí uvést základní údaje o jejich stavu a možnosti jejich dalšího využití jako u strojního zařízení.

4.2.3 Podrobný popis vybraných DuSO

Tato kapitola se věnuje jednotlivým DuSO a popisuje je z hlediska ražby, výstavby, funkce a provozu. Nedílnou součástí každé podkapitoly jsou základní rozměry jednotlivých DuSO.

Výstavba důlních stavebních objektů 01 až 03 a DuSO 05 a DuSO 08 je variantně uvažována s použitím ražeb:

- **za pomoci plnoprofilových razicích strojů TBM** (Mechanizovaný způsob ražby),
- **konvenčním způsobem** – cyklická ražba, při které jsou pro rozpojování hornin využity především trhací práce.

4.2.3.1 Odtěžovací tunel (DuSO 01)

Odtěžovací tunel je pro lokalitu Janoch alternativním DuSO k těžní jámě, především z důvodu střetů zájmů na povrchu, kdy nebylo možné zajistit odtěžení rubaniny svislým dílem v blízkosti podzemního areálu HÚ. Z tohoto důvodu byl odtěžovací tunel navržen jako úklonné dílo vedené paralelně k zavážecímu tunelu v maximálním podélném sklonu 1:10, který je realizován z povrchového areálu k ukládacímu horizontu VJP. Po vyražení bude odtěžovací tunel sloužit k dopravě rubaniny na povrch, odvodu výdušných větrů a dopravě osob či materiálu pro sekci ražby a výstavby. V případě mimořádné události bude odtěžovací tunel sloužit jako druhý nezávislý únik z podzemí. Pro tyto účely budou mezi zavážecím tunelem a odtěžovacím tunelem vyraženy únikové chodby, propojky. Díky fyzickým a také vzduchotěsným zábranám bude umožněn obousměrný pohyb osob při mimořádných událostech.

Odtěžovací tunel je navržen jako hlavní výdušný objekt sloužící k odvětrávání mdlých větrů z podzemního areálu. Rozpojené hornina bude dopravována na povrch kolovými dopravními prostředky, alternativně pásovými dopravníky.

U metody TBM lze případně uvažovat s použitím segmentového ostění pro zajištění výrubu.

Příčné řezy odtěžovacím tunelem jsou shodné se zavážecím tunelem. Příčné výkresy jsou přílohami č. 10 až 13 této zprávy. Vybrané příčné řezy jsou na Obr. 21, Obr. 22 a Obr. 23. U varianty D1 má tunel kruhový průřez o raženém průměru 7,25 m. U varianty D2 a D4 má tunel oba boky svíslé a strop klenbový. Jeho vnější šířka je 6,0 m a výška 6,55 m. U varianty D3 má tunel kruhový průřez o vnějším průměru 7,0 m. Pro gravitační odvedení případných průsakových a technologických vod je v odtěžovacím tunelu navržen podélný odvodňovací žlab.

Výkresy příčných řezů odtěžovacího tunelu včetně výhyben navržených po 500 m jsou zahrnuty v přílohách 10 až 16 této zprávy. V závislosti na délce odtěžovacího tunelu bylo u všech dispozičních variant řešení (D1 až D4) navrženo 11 výhyben. Po trase odtěžovacího tunelu a s ohledem na reálné možnosti propojení obou tunelů (zavážecí a odtěžovací) je pro jednotlivé dispoziční varianty řešení navrženo shodně 11 propojek. Propojky mají ražený profil 27,40 m². Budované výhybny jsou převážně umísťovány naproti propojkám. Konceptně je uvažováno s realizací konvenčně ražených průjezdných propojek přibližně každých 500 m.

4.2.3.2 Zavážecí tunel (DuSO 02)

Zavážecí tunel je úklonné dílo v podélném sklonu max. 1:10 a je realizované z hloubené stavební jámy v povrchovém areálu. DuSO 02 spojuje ukládací horizont VJP s povrchovým areálem a Přípravou RAO a VJP (DuSO 04). Na trase budou realizovány výhybny (zálivy) pro odstav nebo míjení strojních mechanismů během ražby tunelu i za provozu HÚ. Mezi zavážecím tunelem a odtěžovacím tunelem je uvažováno s budováním průjezdných propojek pro zajištění úniku osob a vozidel v případě mimořádné události. Pro odvodnění případných průsakových a technologických vod je v odtěžovacím tunelu navržen podélný odvodňovací žlab.

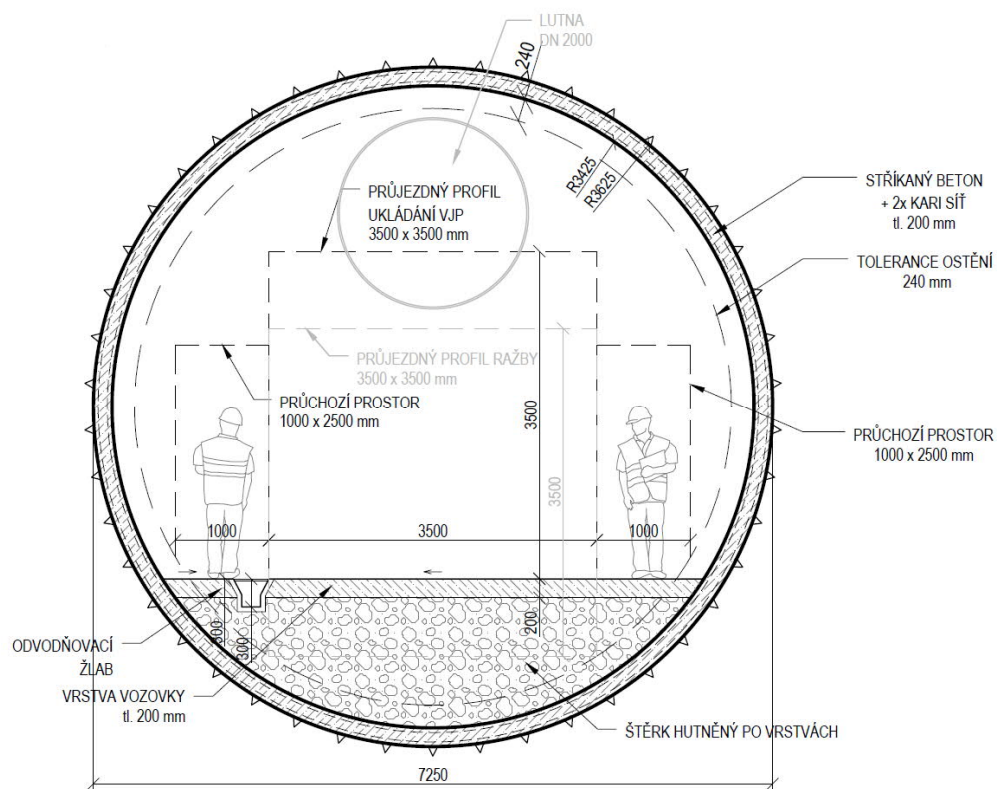
Pro jednotlivé dispoziční varianty je navrženo, s ohledem na délku zavážecího tunelu, 11 výhyben (D1 až D4).

Příčné řezy výhyben jsou výkresovými přílohami č. 14 až 16.

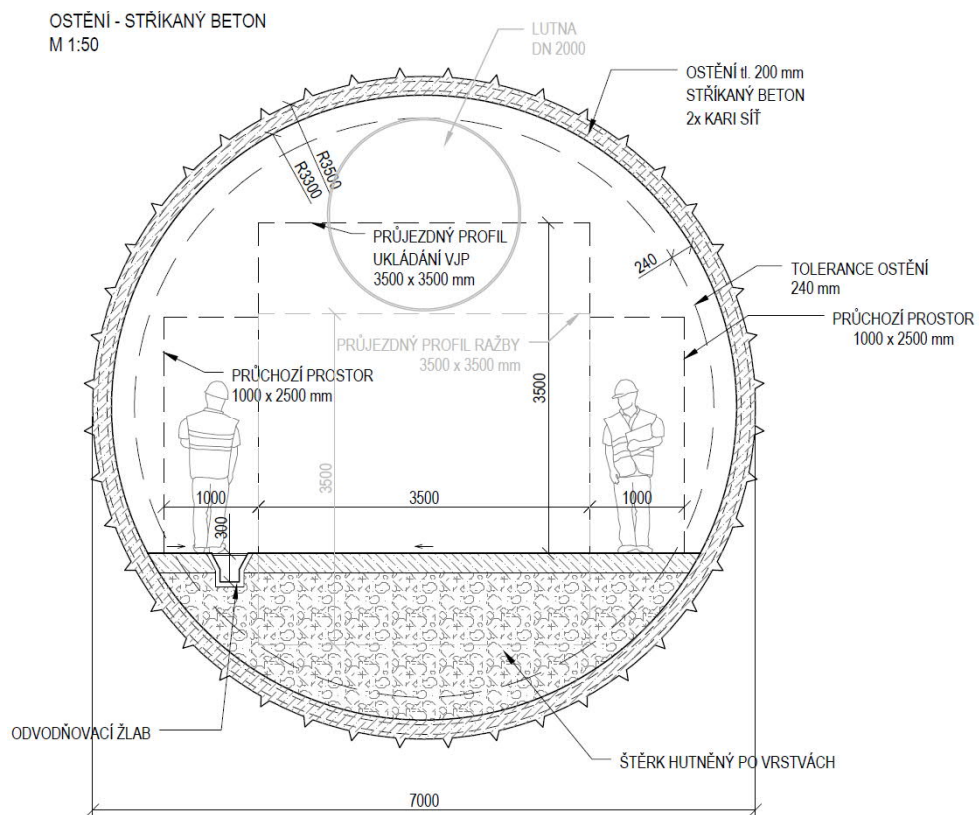
Metoda ražby TBM

Při použití metody ražby TBM se variantně uvažuje s ohledem na zastiženou geologii v úvodních částech tunelu s použitím segmentového ostění nebo primárního ostění tvořeného výztužnými sítěmi a stříkaným betonem. Se zvyšující se hloubkou se počítá s tunelem bez zajištění výrubu ostěním. V případě potřeby je uvažováno se zajištěním výrubu pouze radiálními svorníky.

Pro vertikální a horizontální ukládání jsou stanoveny průjezdné profily pro ražbu a rozdílné průjezdné profily pro manipulační prostředky s UOS. Po stranách těchto průjezdných profilů jsou navrženy průchozí prostory pro bezpečnější pohyb osob v tunelu. Na základě těchto prostor byly stanoveny optimální příčné řezy zavážecím tunelem. Obr. 21 představuje příčný řez zavážecím tunelem při použití ražby TBM u vertikálního způsobu ukládání – varianta D1. V obrázku je použito stříkaného betonu pro primární ostění tunelu. U horizontálního ukládání jsou požadavky na průjezdný prostor manipulačních prostředků s UOS na ukládacím horizontu VJP oproti požadavkům v zavážecí chodbě rozdílné. V případě využití plnoprofilových razicích strojů je ovšem optimální volit pro ražbu úpadních tunelů a páteřních chodeb jednotný průřez. Obr. 22 představuje příčný řez zavážecím tunelem při použití ražby TBM u horizontálního způsobu ukládání – varianta D3. U varianty D1 má tunel kruhový průřez o vnějším průměru 7,25 m. U varianty D3, má tunel kruhový průřez o vnějším průměru 7,0 m. Zavážecí tunel je tedy shodného průřezu jako tunel odtěžovací. Na výplňové vrstvy pod definitivní vozovku lze využít drcenou rubaninu.



Obr. 21 – Příčný řez zavážecím a odtěžovacím tunelem – D1

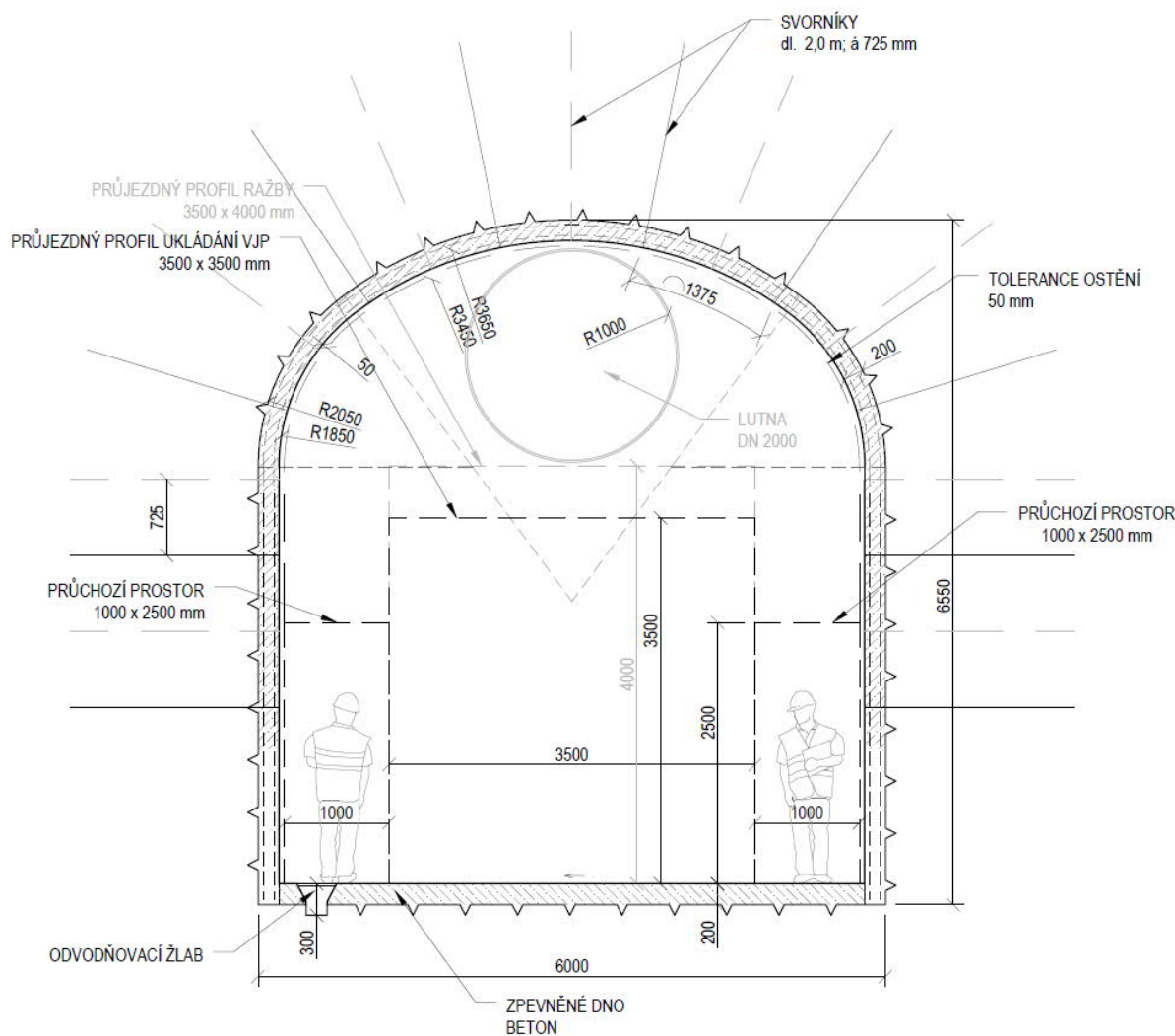


Obr. 22 – Příčný řez zavážecím a odtěžovacím tunelem – D3

Konvenční metoda ražby

Při použití konvenční metody ražby se primárně uvažuje s ohledem na zastiženou geologii v úvodních částech tunelu s použitím primárního ostění tvořeného výztužnými sítěmi a stříkaným betonem v kombinaci s radiálními svorníky pro podchycení klenby díla. Se zvyšující se hloubkou se uvažuje s tím, že bude možné od realizace primárního ostění upustit a výrub bude zajišťován, v případě nutnosti, pouze svorníkovou výztuží. Jsou optimálně stanoveny příčné řezy zavázečím tunelem na základě průjezdných profilů pro ražbu a ukládání VJP. Mezi vertikálním a horizontálním ukládání nejsou rozdíly v průjezdných profilech jednotlivých provozů, a proto jsou příčné řezy zavázečího tunelu pro oba způsoby ukládání stejné.

Zavázečí tunel je uvažován konvenčně ražený v celé své délce u dispoziční varianty D2 (při vertikálním ukládání) a D4 (při horizontálním ukládání VJP). U obou variant má tunel svislé stěny s klenbovým stropem. Šířka výrubu je 6,0 m a výška 6,55 m (Obr. 23). Pod DuSO 02 spadá rovněž tunelový rozplet pro DuSO 04. Tyto chodby jsou prováděny v konvenčně raženém profilu zavázečího tunelu u všech dispozičních variant podzemní části HÚ.



Obr. 23 – Příčný řez zavázečím tunelem, konvenční ražba, primární ostění – D2 a D4

Výkresy příčných řezů zavázečího tunelu včetně profilů výhyben jsou zahrnuty v přílohách 10 až 16 této zprávy.

4.2.3.3 Vtažná jáma (DuSO 03)

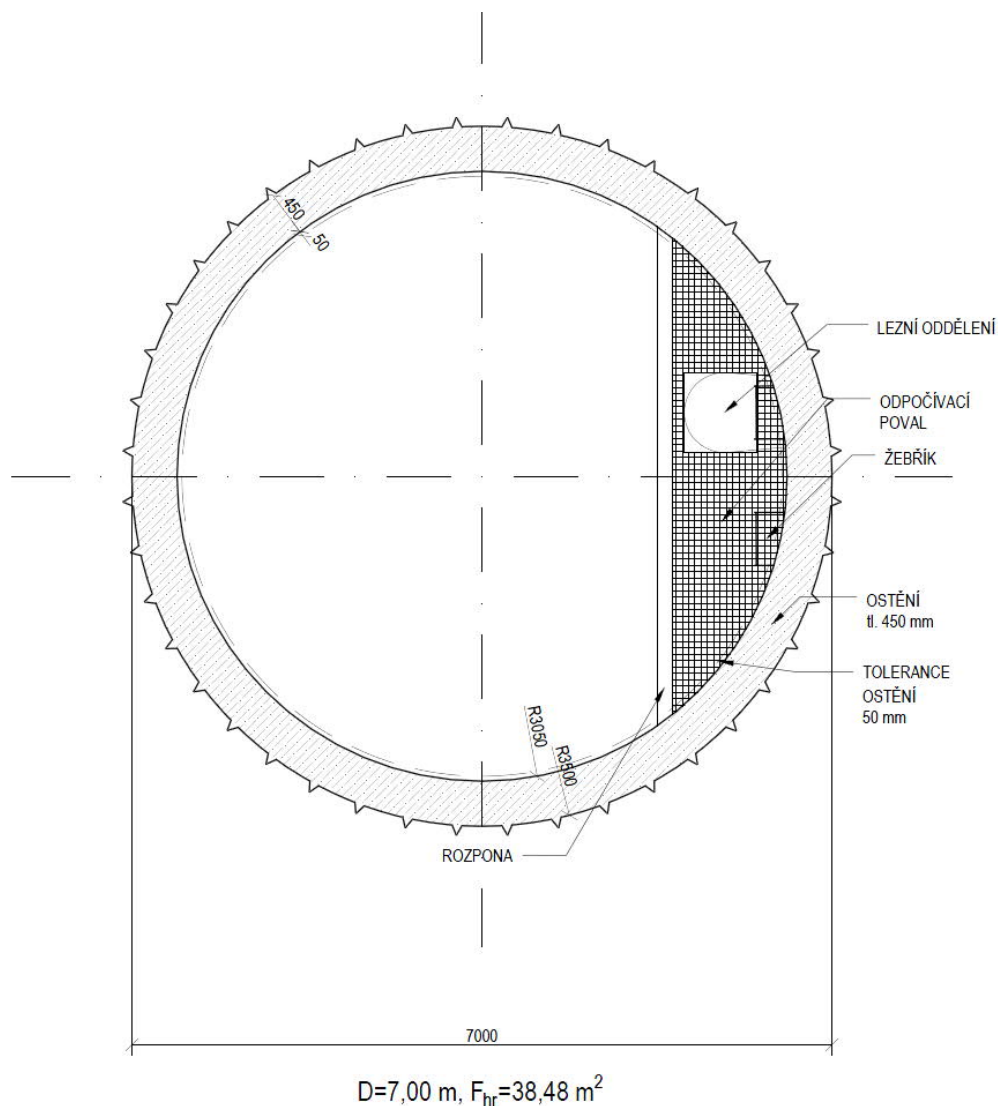
Umístění vtažné jámy účelně minimalizuje v lokalitě Janoch její možné střety zájmů na povrchu. Redukcí vlastního vystrojení vtažné jámy (instrumentace) a funkčního využití vtažné jámy se snižují nároky na velikost navazujícího povrchového areálu Vtažná jáma tak plní pouze účel hlavní přírodní cesty čerstvého větru do podzemí.

Vtažná jáma v lokalitě Janoch je pro varianty D1 a D2 umístěna v severní části západního HB, pro varianty D3 a D4 je vtažná jáma umístěna v prostoru mezi západním a východním HB. S horizontem ukládání VJP je propojena samostatnou chodbou dlouhou dle dispoziční varianty 25 m (D1), 73 m (D2), 416 m (D3) a 336 m (D4). Povrch stávajícího terénu v místě vtažné jámy má výškovou úroveň 506 m n. m. (D1), 507 m n.m. (D2), 480 m n. m. (D3, D4). Na zavážecí tunel (DuSO 02) se vtažná jáma napojuje štolou v horizontu:

- -91 m n.m. (-537 m) – dispoziční varianta D1
- -77 m n.m. (-523 m) – dispoziční varianta D2
- -75 m n.m. (-521 m) – dispoziční varianta D3
- -73 m n.m. (-519 m) – dispoziční varianta D4

Vtažná jáma má pod nejnižším náražím volnou hloubku a jámovou tůň v celkové hloubce 10 m.

Vtažná jáma je kruhového průřezu o raženém průměru 7,0 m (Obr. 24). Navržené betonové ostění je tloušťky 450 mm. Návrh jámových patek jako nosného prvku v místě zaústění jámy, nad tektonickými poruchami a umístění v místech pro jiné statické důvody není ve studii podrobně řešen.



Obr. 24 – Příčný řez vtažnou jámou průměru 7,0 m

Alternativní způsoby ražby použitelné pro budování vtažné jámy jsou popsány v optimalizaci (GRÜNWARD, L. et al., 2018).

Příčný řez vtažnou jámou je přílohou č. 09 této zprávy.

4.2.3.4 Příprava RAO a VJP (DuSO 04)

V lokalitě Janoch je DuSO 04 umístěn v bezprostřední blízkosti povrchového areálu HÚ. Součástí tohoto objektu je horká komora. V tomto důlním stavebním objektu se provádí příjem RAO a VJP, plnění UOS a jejich příprava k uložení a přeprava UOS do podzemí.

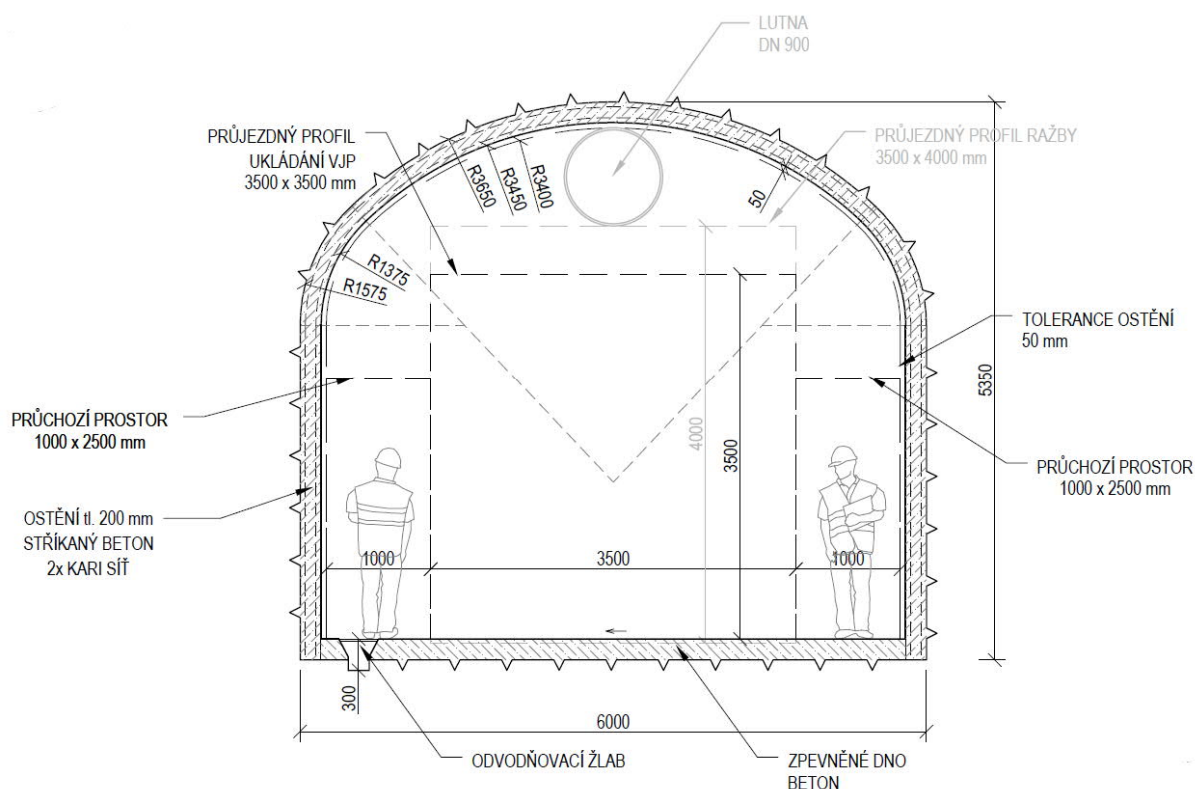
V této studii důlní stavební objekt přípravy RAO a VJP (DuSO 04) vychází z dispozičního řešení DuSO 41 v (POSPÍŠKOVÁ, I. et al., 2011). S ohledem na morfologii terénu v zájmovém území je ovšem uvažováno s jeho výstavbou z hloubené stavební jámy. Dopravní tunel byl nahrazen dopravní šachtou ústící do povrchového areálu a hlavní přístupová chodba musela být doplněna rovněž o svislou šachtu. Celý objekt je po vybudování přesypán vhodným zásypovým materiálem do výšky cca 5 m nad úroveň původního terénu. V závislosti na místních podmínkách tímto materiálem může být vytěžená hornina a zemina. Koncept

jednotlivých částí tohoto objektu se zabývají kapitoly 4.2.2.1 až 4.2.2.3. Umístění DuSO 04 je patrné v situačních výkresech podzemní části HÚ jednotlivých dispozičních variant obsažených v přílohách 04 až 07. Hlavní přístupová šachta ústí do SO 41. Výdušná šachta z horké komory, resp. její nadzemní část (výdušný komín), dosahuje výšky 15 m a je polohopisně znázorněna ve výkresové příloze č. 03 (SO 78).

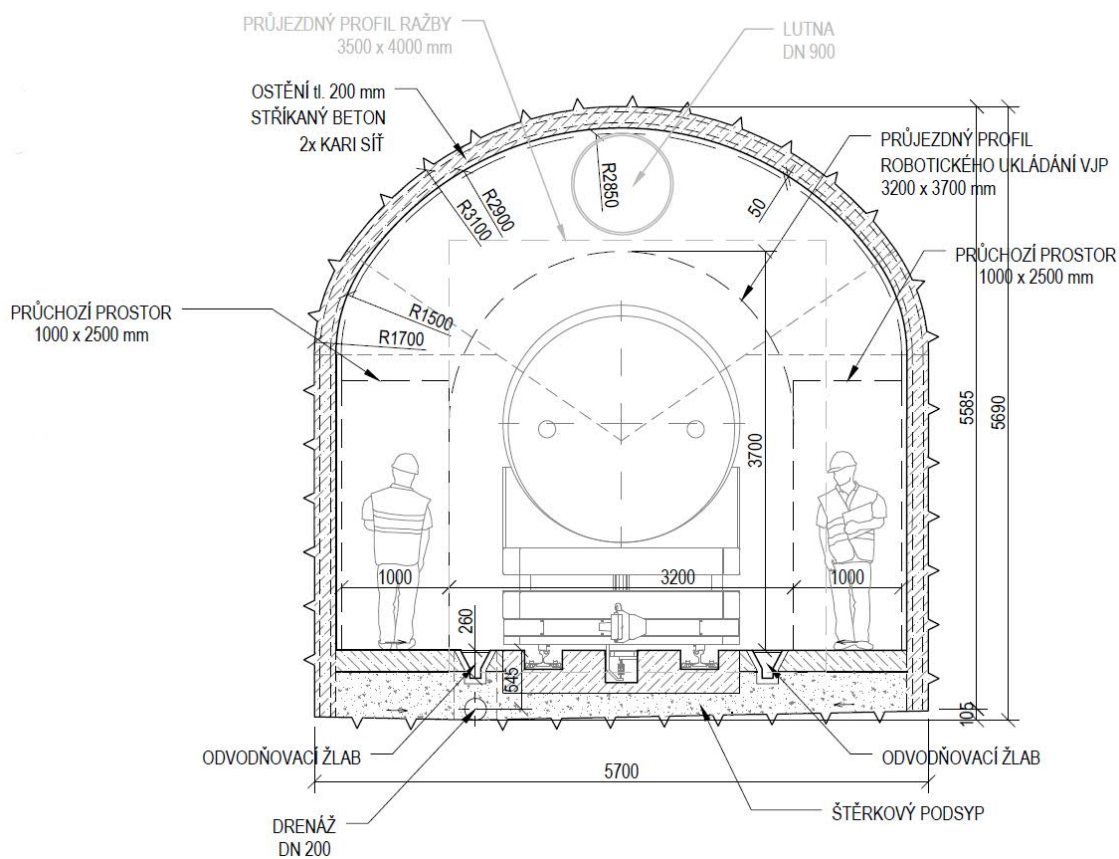
4.2.3.5 Páteřní chodby (DuSO 05)

Páteřní chodby jsou hlavními chodbami spojující technické zázemí úseku ražeb a výstavby, resp. úseku přípravy a ukládání, s ukládacími prostory umístěnými v potenciálně využitelných horninových blocích na horizontu ukládání VJP. Z páteřních chodeb jsou v případě variant D1 a D2 raženy zavážecí chodby (DuSO 08) ve kterých jsou umístěny svislé ukládací vrtly.

Pro varianty D3 a D4 jsou z páteřních chodeb realizovány rozrážky pro nasazení vrtné technologie subhorizontálních ukládacích vrtů ražené kolmo k páteřním chodbám. Velikost příčných profilů páteřních chodeb pro variantu D1 a D3 jsou stejné jako u zavážecího tunelu (viz Obr. 21, resp. Obr. 22). Příčné řezy dispozičních variant D2 a D4 jsou na Obr. 25 a Obr. 26.



Obr. 25 – Příčný řez páteřní chodbou – D2



Obr. 26 – Příčný řez páteřní chodbou – D4

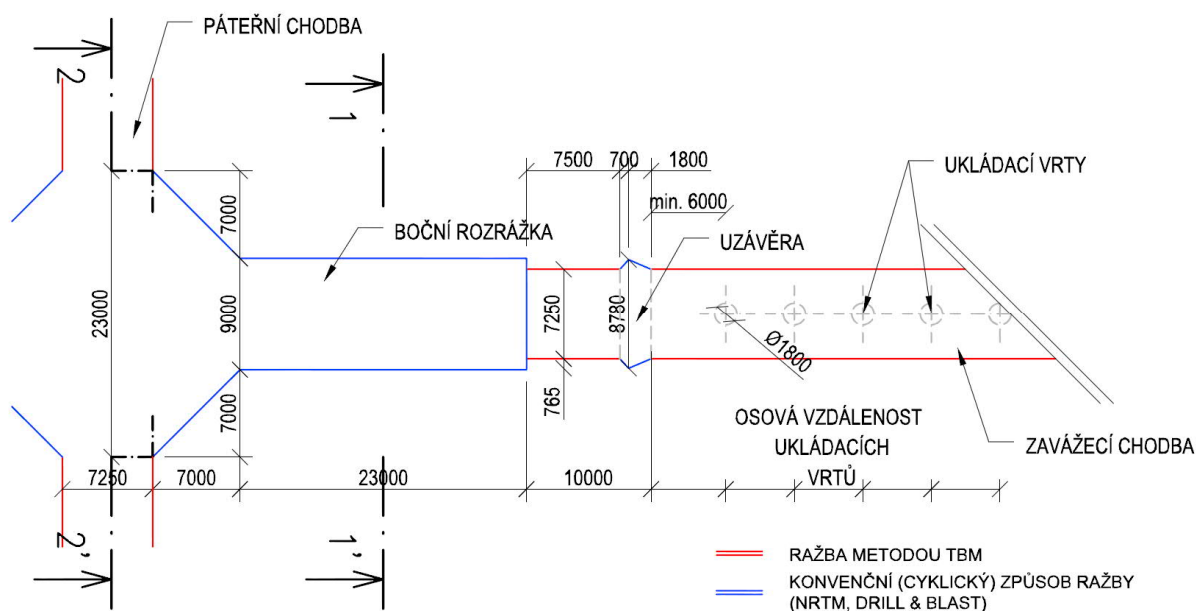
Výkresy s příčnými řezy páteřními chodbami jsou přílohami č. 10 až 13 této zprávy.

4.2.3.6 Zavážecí chodby (DuSO 08)

Zavážecí chodby jsou realizovány pouze v případě vertikálního ukládání za účelem ražby vertikálních ukládacích vrtů (varianty D1 a D2).

Mechanizovaná ražba stroji TBM

Ražba plnoprofilovými razičemi stroji TBM je realizována převážně v kolmém směru od páteřních chodeb z tzv. bočních rozrážek. Tyto prostory slouží k osazení razičeho stroje TBM, instalaci přidružené technologie a umožňují bezproblémovou manipulaci s ním. Boční rozrážka bude ražena konvenční metodou za pomoci trhacích prací. Půdorysné schéma a podélný řez páteřní chodbou jsou znázorněny na Obr. 27, resp. Obr. 28.

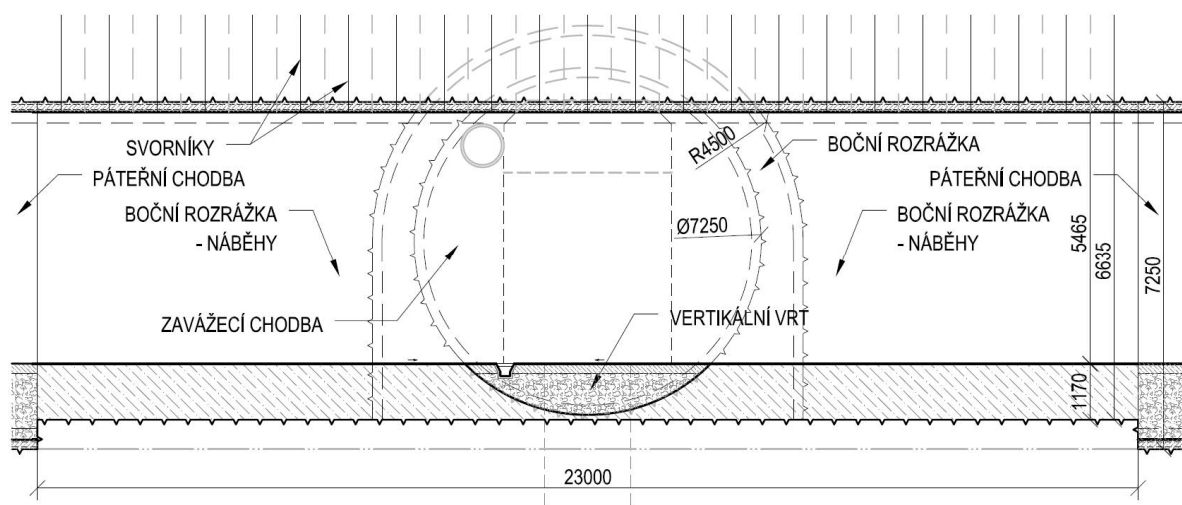


Obr. 27 – Půdorysné schéma ukládání – varianta D1

Legenda:

VU – vertikální ukládání

M – Mechanizovaná ražba stroji TBM



Obr. 28 – Podélný řez 2-2' s pohledem na boční rozrážku – varianta D1

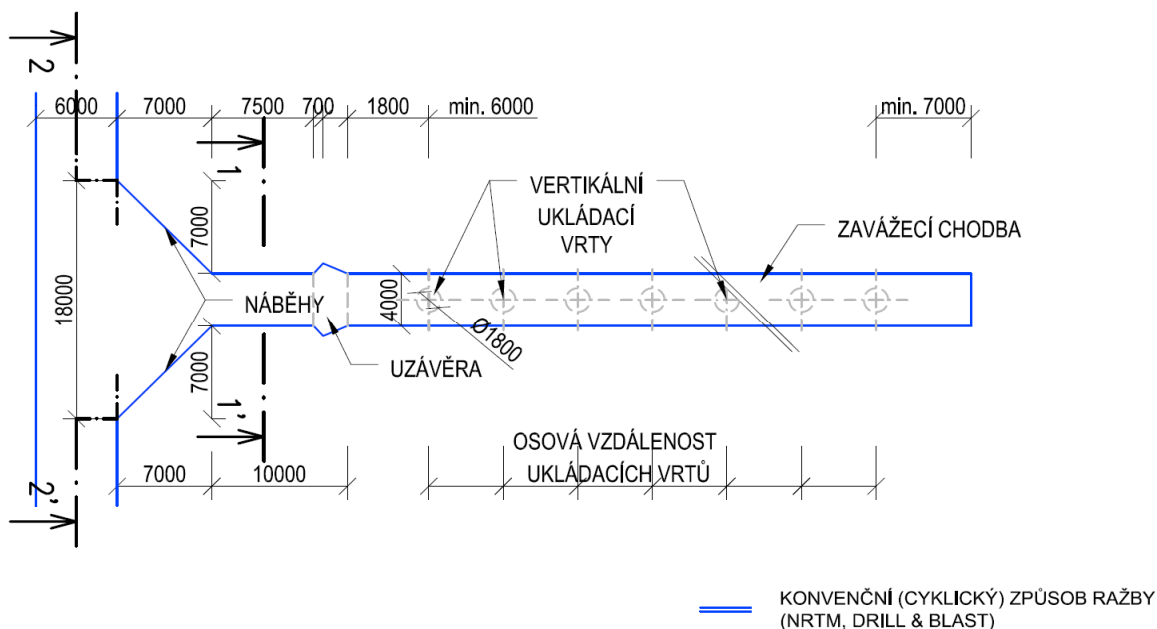
Legenda:

VU – vertikální ukládání

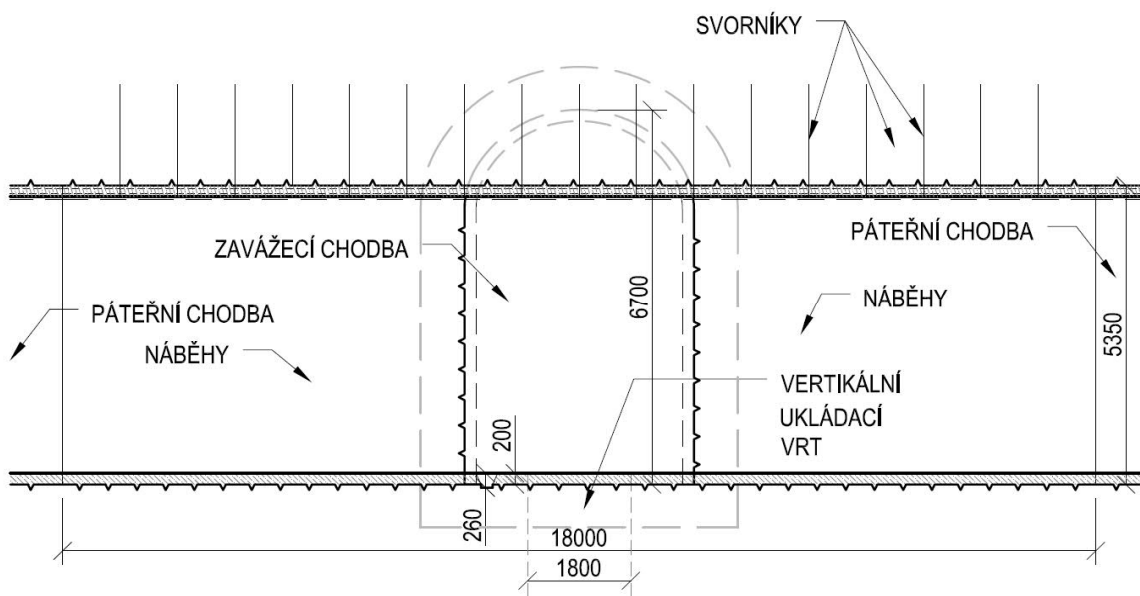
M – Mechanizovaná ražba stroji TBM

Konvenční způsob ražby

Při variantním řešení D2 bude i ukládací chodba ražena konvenčním způsobem. Boční rozrážku není za těchto podmínek nutné realizovat. Půdorysné schéma a podélný řez páteřní chodbou je jsou znázorněny na Obr. 29, resp. Obr. 30.



Obr. 29 – Půdorysné schéma ukládání – varianta D2



Obr. 30 – Příčný řez 2-2' ukládací chodbou – varianta D2

Legenda:

VU – vertikální ukládání

K – konvenční způsob ražby

4.2.3.7 Ukládací vrty (DuSO 09)

Ukládacími místy pro ukládací obalové soubory s VJP jsou ukládací vrty. Jejich velikost, technologie ražby a způsob zavážení UOS závisí na způsobu ukládání.

Ukládací vrty dělíme dle způsobu ukládání na:

- Vertikální ukládací vrty
- Subhorizontální ukládací vrty

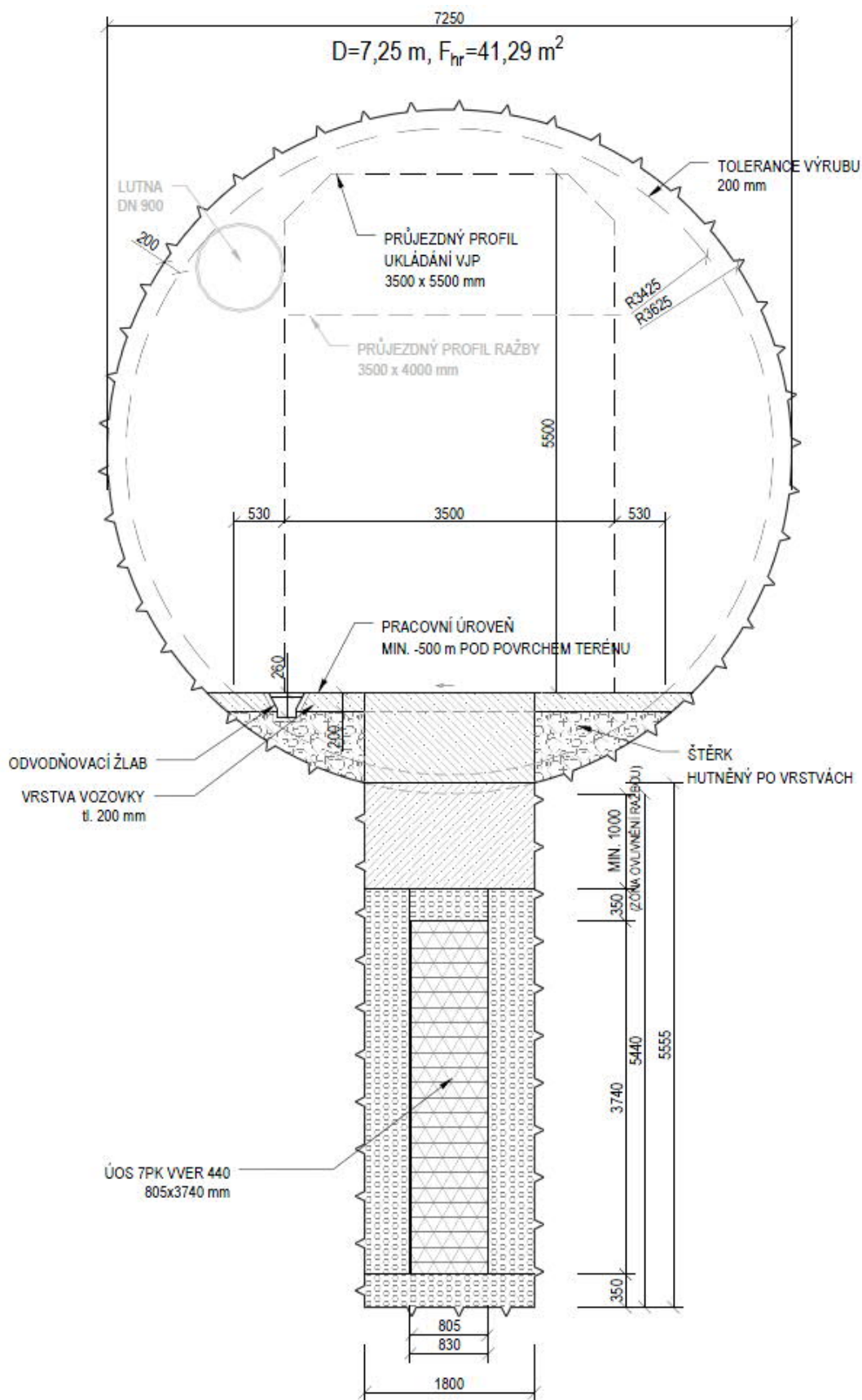
Vertikální ukládací vrty

V případě vertikálního ukládání jsou ukládací vrty realizované ze zavážecí chodby. Předpokládá se ražba vrtů výlučně za pomoci plnoprofilových vrtných strojních sestav. Ukládací vertikální vrty průměru 1,8 m budou raženy svisle z horizontální pracovní roviny v zavážecí chodbě.

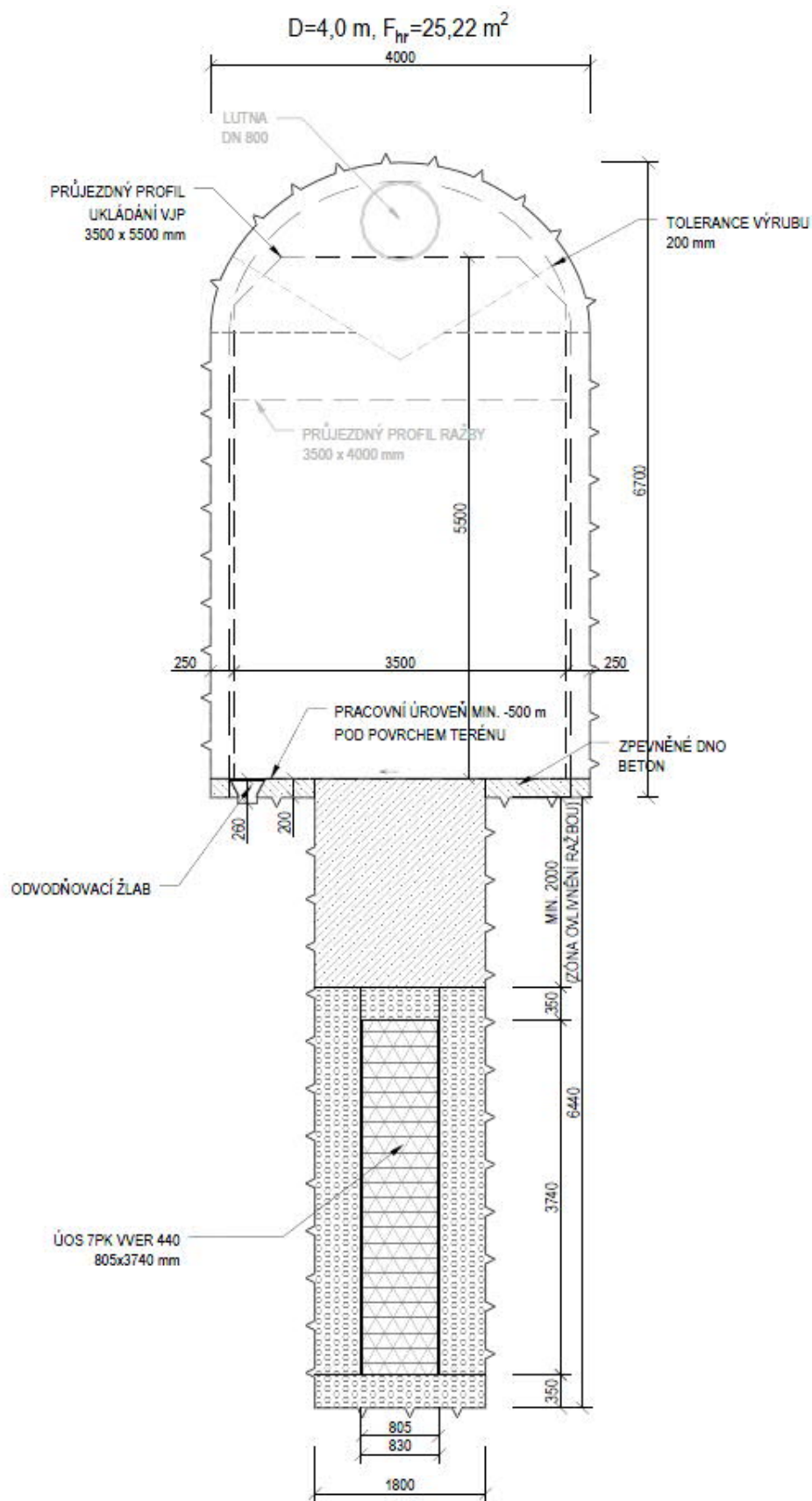
Délka ukládacích vrtů je dána rozměry jednotlivých UOS (viz Tab. 1), velikostmi jednotlivých prvků inženýrské bariéry a velikostí zóny ovlivnění ražbou zavážecí chodby. Graficky je navržený způsob vertikálního uložení VVER 440 (UOS pro EDU) v ukládacím vrtu znázorněn na Obr. 31 a Obr. 32. Obr. 33 představuje vertikální ukládání při variantě D1, zatímco na Obr. 32 je zobrazena geometrie při variantě D2. Délky vertikálních ukládacích vrtů dle jednotlivých typů UOS a ražeb chodeb je přehledně zpracován v Tab. 26.

Tab. 26 – Délky vertikálních ukládacích vrtů dle typu UOS a ražby zavážecích chodeb

UOS	Počet UOS [ks]	TBM ražba zavážecích chodeb		konvenční ražba zavážecích chodeb	
		Délka 1 vrtu [mm]	Celková délka vrtů [m]	Délka 1 vrtu [mm]	Celková délka vrtů [m]
VVER-440	3100	5555	17 221	6440	19 964
VVER-1000	1800	7190	12 942	8075	14 535
NJZ	2700	7190	19 413	8075	21 803



Obr. 31 – Vertikální uložení UOS (VVER 440) z ukládací chodby ražené TBM - D1



Obr. 32 - Vertikální uložení UOS (VVER 440) z ukládací chodby ražené konvenčně - D2

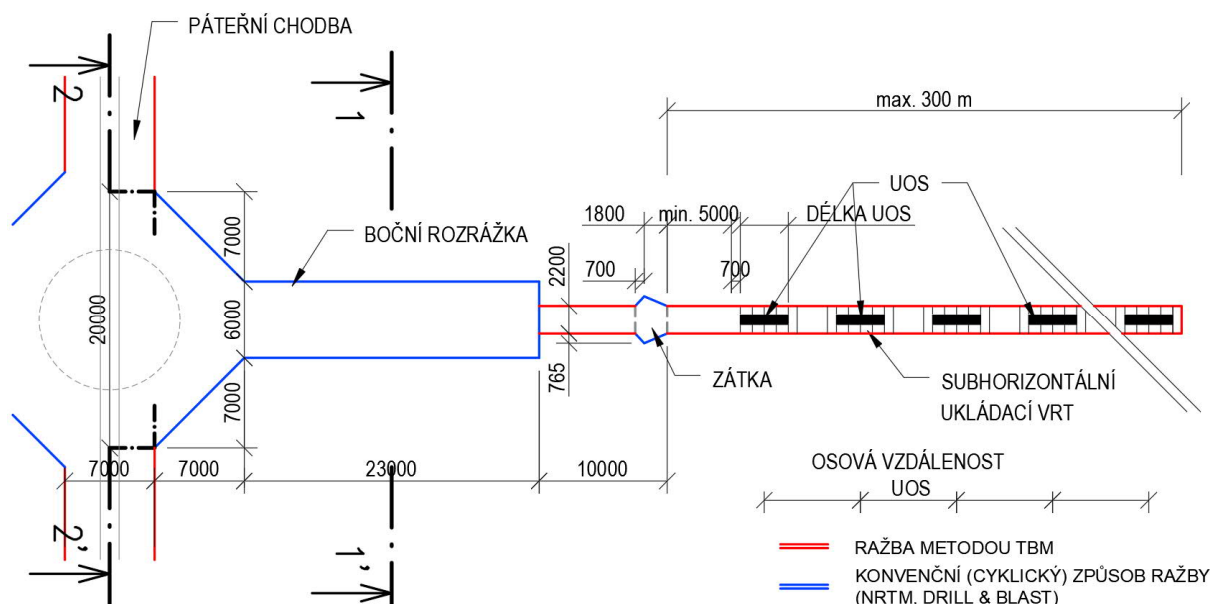
Horizontální způsob ukládání UOS

V případě horizontálního ukládání se předpokládá s ražbou ukládacích vrtů výlučně za pomoci mechanizované strojní ražby. Ukládací vrty budou raženy kolmo k páteřním dopravním chodbám z tzv. bočních rozrážek. Tyto prostory slouží k osazení vrtacích strojních souprav, instalaci přidružené technologie a umožňují bezproblémovou manipulaci s nimi. Boční rozrážka bude ražena konvenční metodou za pomoci trhacích prací. Při zpětném vytažení vrtacích souprav z vrtu bude využito samohybného systému těchto souprav. V případě využití celoprofilové řezné hlavy jako vrtného nástroje bude před samotným vysunutím stroje z vrtu nutné mechanizaci odstrojit a demontovat řezné nástroje (především obrysová valivá dláta). Je pravděpodobné, že bude nutné řeznou hlavu rozebrat nebo rozřezat na menší části. Pro její stabilizaci během těchto prací je možné její přikotvení k čelbě. Technicky proveditelné je také uvolnění řezné hlavy pomocí obvodových trhacích prací. V úvahu lze vzít rovněž zanechání řezného nástroje ve vrtu a pro jeho stabilizaci se může přikotvit k čelbě. Tuto variantu je v dalších stupních projektu třeba prověřit z hlediska bezpečnostního vlivu (preferenční cesty pro šíření radionuklidů).

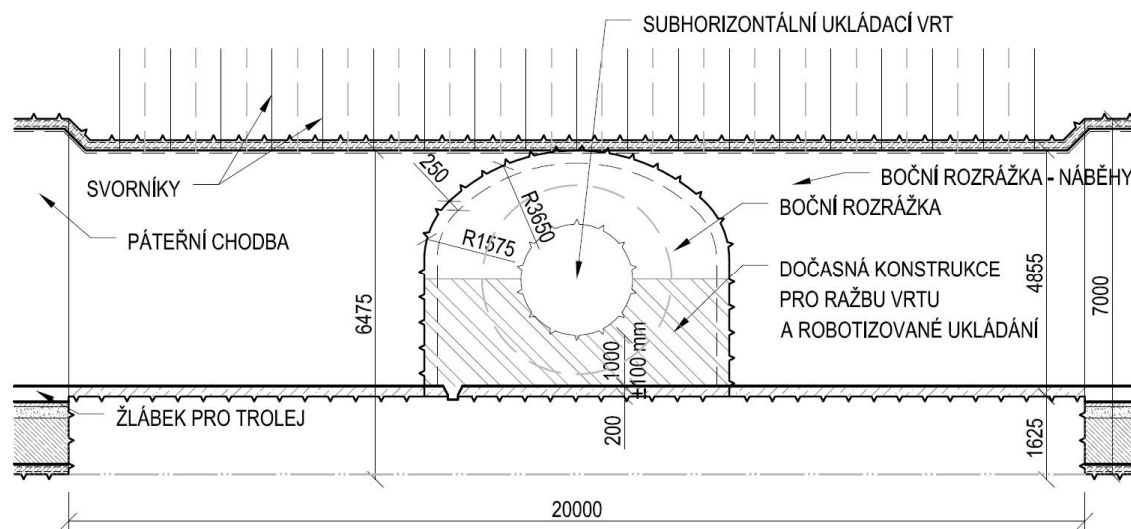
Průměr subhorizontálního ukládacího vrtu činí 2,2 m. Jeho maximální délka od zátky ke konci vrtu je 300 m. Tento požadavek plyne z výkonu a možností ukládacího robota zavážen do vrtu UOS s VJP (SKAŘUPA, J. et al., 2017).

Dle způsobu ražby páteřní chodby se mírně liší podoba stavební přípravy pro ražbu ukládacího vrtu v podobě boční rozrážky. Rozdíly jsou patrné na Obr. 33 až Obr. 36.

Preferovaná ražba páteřní chodby stroji TBM

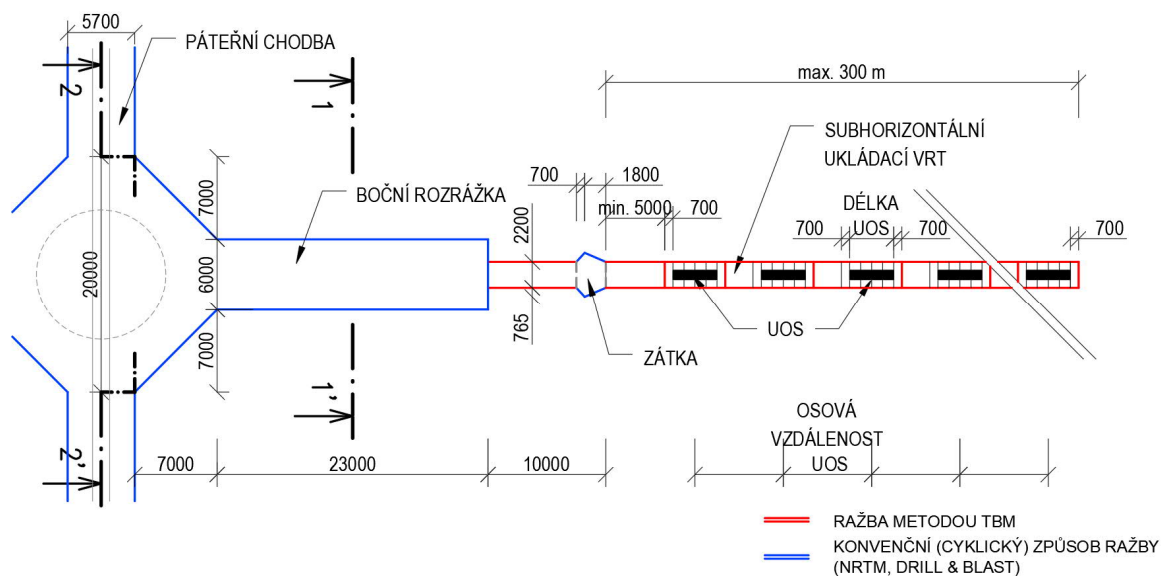


Obr. 33 – Půdorysné schéma ukládání – varianta D3

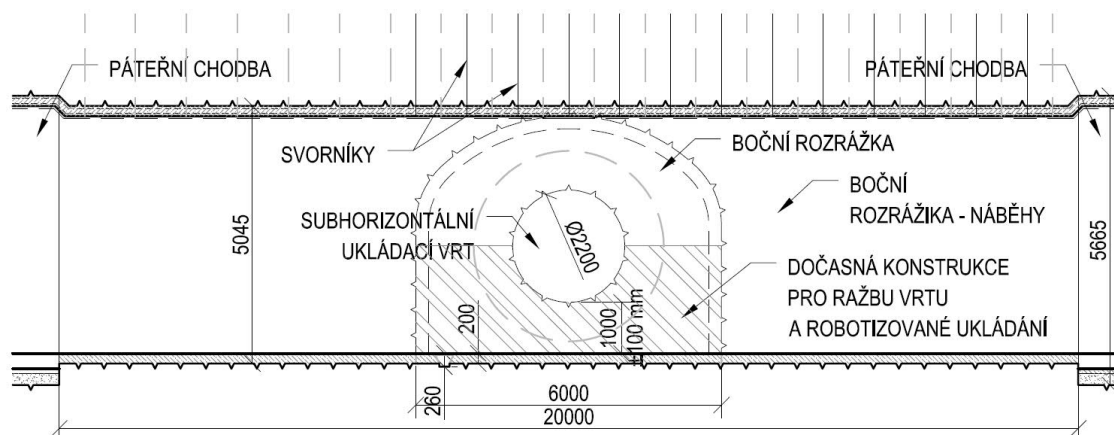


Obr. 34 – Příčný řez 2-2' boční rozrážkou – varianta D3

Preferovaný konvenční způsob ražby páteřní chodby



Obr. 35 – Půdorysné schéma ukládání – varianta D4



Obr. 36 – Příčný řez 2-2' boční rozrážkou – varianta D4

Podrobné výkresy rozrážek jsou zpracované ve výkresových přílohách č. 18 až 21 této zprávy.

4.2.3.8 Ukládací prostory pro RAO (DuSO 11)

Proces přípravy a ukládání RAO je blíže popsán v kapitolách 4.2.2.2 a 4.2.2.4. Ukládací komory RAO jsou raženy konvenčně a jsou propojeny spojovací chodbou se závazecím tunelem. Ostění komor a spojovacích chodeb je zajištěno stříkaným betonem vyztuženým kari sítí. Počva je zarovnána vrstvou prostého betonu.

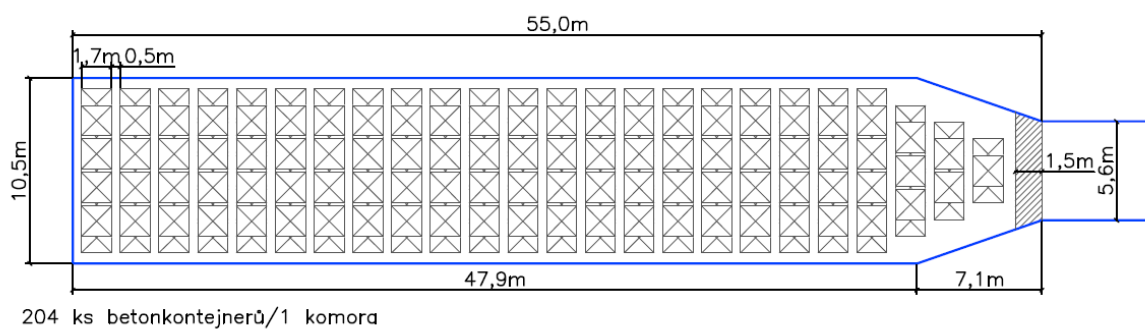
Radioaktivní odpadní materiál bude uložen v betonkontejnerech o vnějších rozměrech 1,7x1,7x1,5 m. Dispozičně z důvodu výskytu poruchových pásem se počítá s prostorem pro umístění 3600 BK (20% navýšení oproti inventáři RAO).

Ukládací horizont RAO se nachází v lokalitě Janoch v rozmezí hloubek 457 m až 487 m pod povrchem v závislosti na dispoziční variantě řešení podzemní části HÚ (D1 až D4).

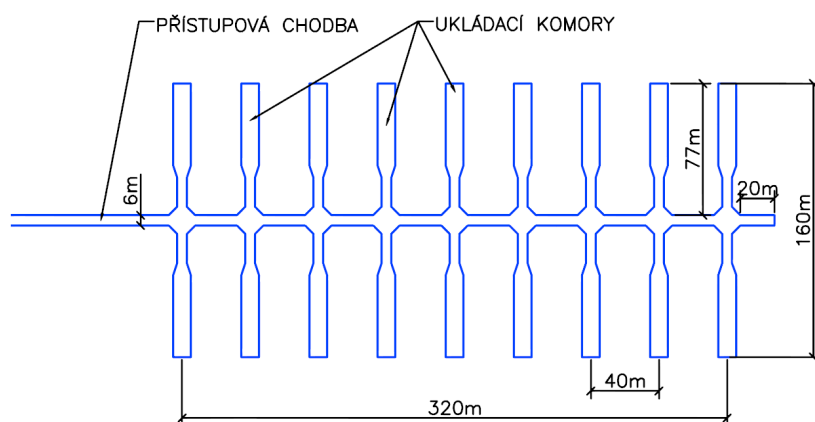
Za účelem umístění BK se počítá s vyražením 18 ukládacích komor konvenčním způsobem o délce 55 m, šířce 10,5 m a výšce 4,8 m. Příčný profil komory je 48,29 m². Příčný profil chodby ústící do ukládacích komor RAO činí 26,75 m². Jedna komora slouží k uložení 204 ks BK. V ukládací komoře RAO budou betonkontejnery o rozměrech 1,7 x 1,7 x 1,5 m uloženy v tzv. stozích.

Celkový počet ukládacích komor:	18
Předpokládaný počet ukládaných BK:	3000
Prostorová rezerva pro ukládání BK:	20%
Celková ukládací plocha pro RAO:	5,3 ha

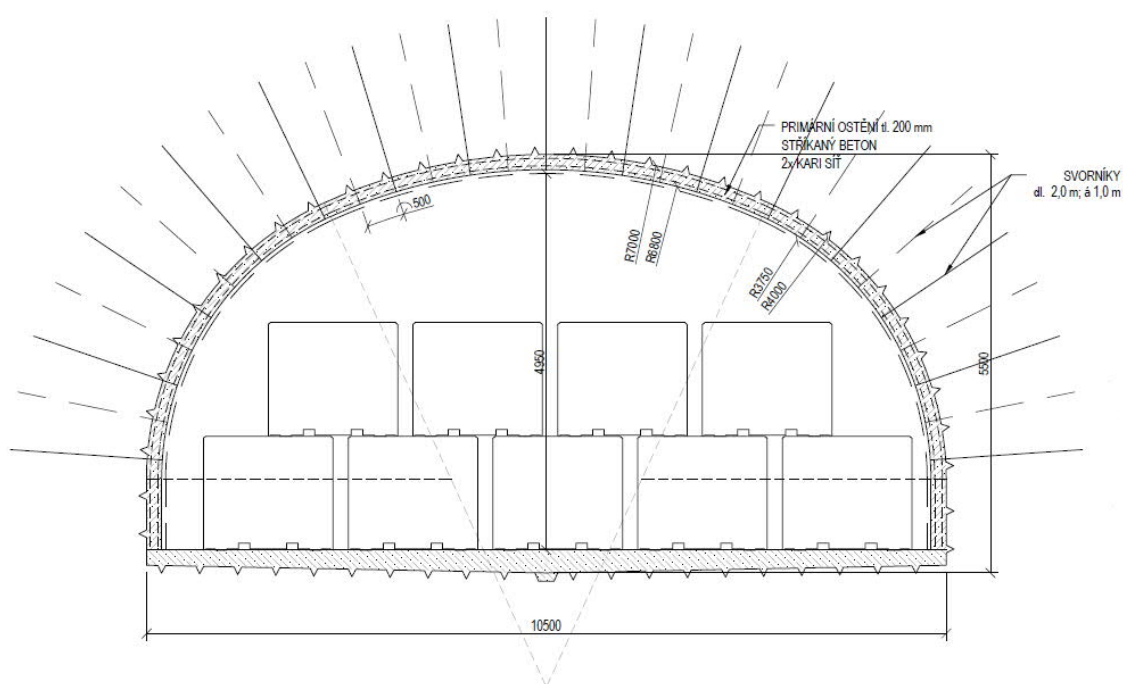
Na Obr. 37 až Obr. 40 jsou znázorněny ukládací komory RAO a souvisejících chodeb v půdorysných schématech, resp. příčných řezech.



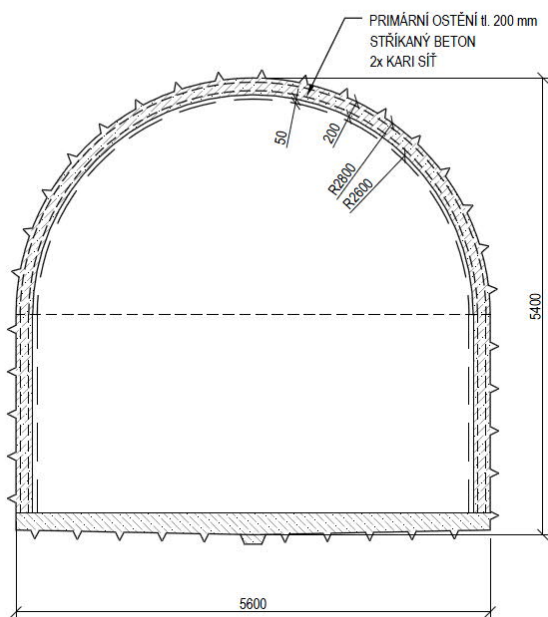
Obr. 37 - Ukládací komora RAO



Obr. 38 - Schéma ukládání RAO



Obr. 39 – Příčný řez komorou pro ukládání RAO



Obr. 40 – Příčný řez chodbou ústící do komory pro ukládání RAO

Z Obr. 39 je patrná dispoziční možnost ukládat BK ve stohu ve třech úrovních. Tuto možnost je nutné ovšem ověřit statickým výpočtem a současně prokázat dostatečný prostor pro manipulaci s BK.

Okrajovými podmínkami pro umístění ukládacích prostor RAO jsou:

- Ukládání RAO mimo horizont ukládání VJP z důvodu zvýšení kapacity tohoto horizontu pro umístění UOS s VJP
- Ukládání RAO v horizontu s nadložím min. 250 m
- Ukládání RAO v horizontu min. 50 m nad horizontem ukládání VJP
- Ukládání RAO v místech, kde je nejdříve dosaženo bezprostřední blízkosti potenciálně využitelných bloků a závazecího tunelu (za současné platnosti výše uvedených podmínek)

4.2.3.9 Konfirmační laboratoř (DuSO 12)

DuSO 12 představuje konfirmační laboratoř, která je u lokality Janoch rozdělena na 2 části. Konfirmační laboratoře jsou zřízeny v konvenčně ražených komorách v potenciálně využitelných blocích.

První část konfirmační laboratoř je zřízena na horizontu ukládání RAO a jsou zde potvrzovány základní předpoklady o chování a vlastnostech horninového masívu in-situ. Předpokládá se s využitím spojovací chodby pro první ukládací komoru RAO a vlastní komory pro potřeby zajištění zázemí a instrumentace konfirmační laboratoře.

Velikost konfirmační laboratoře na ukládacím horizontu RAO odpovídá velikosti komory a chodby ústící do komory betonkontejnerů:

- Délka x šířka x výška komory: 55 x 10,5 x 4,8 m
- Příčný profil komory: 48,29 m²

- Délka x šířka x výška chodby: 17 x 5,6 x 5,4 m
- Příčný profil chodby: 26,75 m²

Druhá konfirmační laboratoř bude umístěna v ukládacím horizontu VJP. Tato laboratoř se nachází poblíž technického zázemí a zde budou v podmínkách ukládacího horizontu VJP ověřovány inženýrské bariéry. V těchto konfirmačních laboratořích se prostorově uvažuje se třemi „ukládacími“ místy pro UOS. Se samotným ukládáním VJP se v těchto místech neuvažuje. Tomu odpovídá navržená délka zavážecích chodeb, resp. „ukládacích“ vrtů.

Velikost konfirmační laboratoře na ukládacím horizontu VJP:

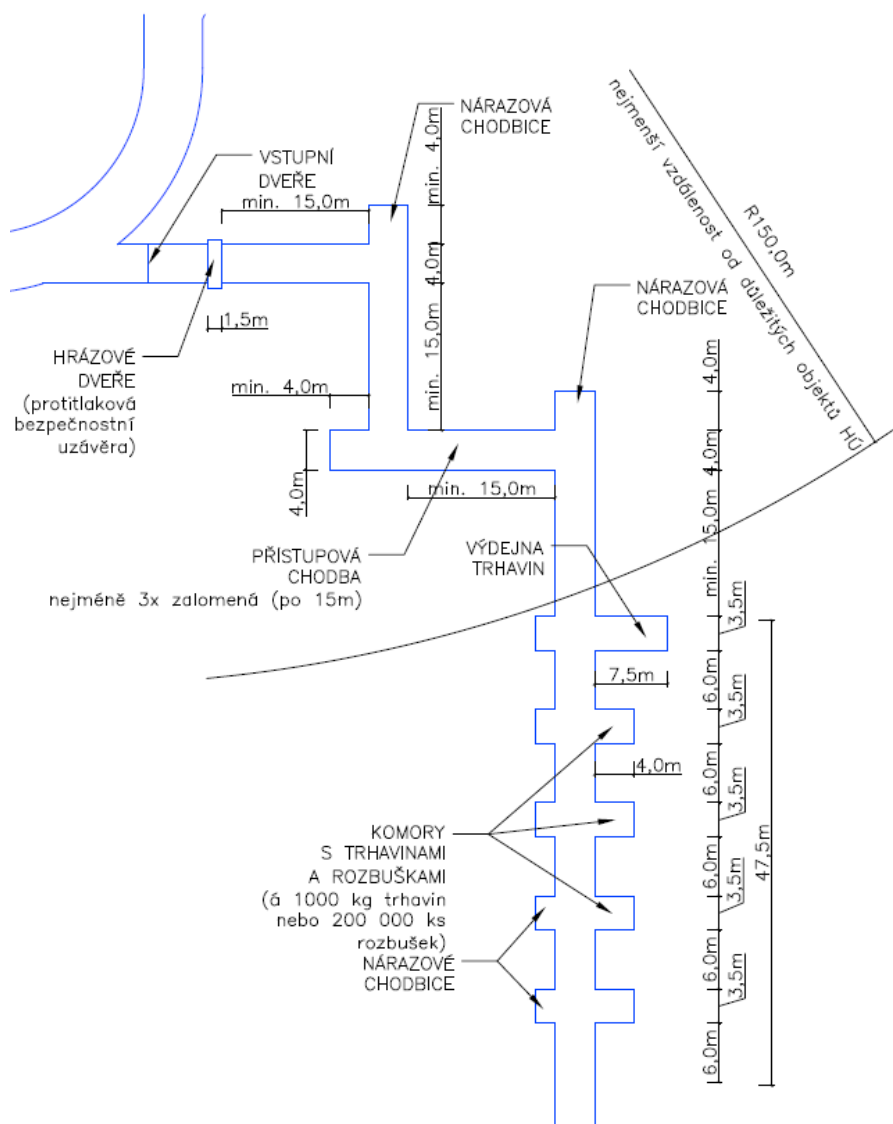
- Půdorys kaverny: 20,0 x 12,0 m (240,0 m²)
- Výška kaverny: 8,2 m (D1); 6,7 m (D2); 4,9 m (D3 a D4)
- Délka zavážecí chodby: 60,5 m (při vertikálním ukládání pro D1 a D2)
- Délka ukládacího vrtu: 47,5 m (při horizontálním ukládání pro D3 a D4)

Umístění konfirmačních laboratořích je patrné v situačních výkresech jednotlivých dispozičních variant, které jsou přílohami č. 04 až 07.

4.2.3.10 Sklad výbušnin (DuSO 21)

V rámci HÚ je pro potřeby konvenční ražby uvažováno se skladováním trhavin a rozněcovadel, případně jiných výbušnin. Ten je účelně umístěn z hlediska dostupnosti a bezpečnosti do úseku ražby a výstavby. Navržený sklad v dílčím prostoru pro skladování výbušnin (komoře, kobce) dovoluje skladovat nejvýše 2500 kg trhavin, 200 000 ks rozbušek nebo 200 kg ostatních výbušnin. Důlní sklad výbušnin je tvořen několika objekty, mezi něž řadíme skladištní komoru (kobku), skladištní předsíň, výdejnu výbušnin a přístupovou chodbu. Dle vyhlášky č. 99/1995 Sb. spadá navržený sklad výbušnin do kategorie velký sklad výbušnin.

Pro dispoziční varianty D1 až D4 se návrh skladu výbušnin neliší. S ohledem na rozdílný rozsah prováděných trhacích prací se bude lišit četnost naskladňování trhavin, rozbušek a příp. jiných výbušnin do podzemního skladu. Tato činnost bude prováděna primárně z povrchového skladu. Pro snížení potřeby pozemních skladů výbušnin, nižšího počtu pracovníků v pozemním skladu a jiných důvodů lze výbušniny dodávat přímo do podzemního skladu. Podrobnější návrh skladu výbušnin a hospodaření s výbušninami a rozbuškami bude provedeno v návaznosti na projekt trhacích prací, který není součástí této studie. Na Obr. 41 je znázorněné schéma skladu výbušnin.



Obr. 41 – Schéma skladu výbušnin

4.2.3.11 Technické zázemí podzemní části HÚ

Technickým zázemím podzemní části je souhrnně pojmenován Úsek ražby a výstavby a Úsek přípravy a ukládání, který se nachází na horizontu ukládání VJP.

Tato podkapitola souhrnně popisuje ražbu, výstavbu, účel a provoz důlních stavebních objektů, mezi něž patří:

- spojovací chodby úseku ražby (DuSO 06)
- spojovací chodby úseku ukládání (DuSO 07)
- úsek kontroly UOS s VJP/úsek překládky UOS s VJP (DuSO 10)
- rozvodna – úsek ražby (DuSO 14)
- rozvodna – úsek ukládání (DuSO 15)
- shromaždiště osob, stanice první pomoci a zkušebna (DuSO 16)
- dílny pro opravu a údržbu strojních mechanismů (DuSO 17)
- sklad náhradních dílů (DuSO 18)
- sklad mazadel, úsek mytí a údržby (DuSO 19)

- požární sklad (DuSO 22)

Všechny prostory spadající pod tyto úseky jsou raženy konvenčním způsobem. Kromě spojovacích chodeb jsou výše uvedené DuSO budovány v kavernách, které jsou zajišťovány primárním a sekundárním ostěním. V případě nutnosti je uvažováno s použitím krátkých kotevních prvků (svorníků) pro zajištění přístropí kaveren. Jednotlivé DuSO mají upravené betonové dno (počvu komory).

Spojovací chodby úseku ražby (DuSO 06) a ukládání (DuSO 07)

Spojovací chodby úseku ražby a úseku ukládání jsou veškerá liniová díla (chodby, výhybny), která tvoří dopravní cesty určenou výhradně pro ražbu, resp. proces ukládání v rámci technického zázemí.

Plocha výrubu konvenčně ražených spojovacích chodeb činí 29,23 m², u výhyben 42,90 m² (vertikální ukládání a horizontální ukládání – úsek ražby) a 46,33 m² (horizontální ukládání – úsek ukládání).

Výkresy s příčnými řezy spojovacími chodbami jsou přílohami č. 11 a 13 této zprávy. Příčné řezy výhyben jsou patrné na příloze č. 17.

Úsek kontroly UOS s VJP/úsek překládky UOS s VJP (DuSO 10)

DuSO 10 má rozdílnou funkci, která se odvíjí od zvoleného způsobu ukládání.

Při vertikálním ukládání DuSO 10 slouží ke kontrole UOS s VJP a přepravního, resp. ukládacího zařízení.

U horizontálního ukládání je koncepčně uvažováno s překládáním UOS s VJP na ukládacím horizontu VJP v důlním stavebním objektu *Úsek překládky UOS s VJP*. Překladiště mimo přepravních robotických systémů disponuje také prostředky pro zajištění manipulace s UOS. Jedná se o robotický systém pro manipulaci s UOS a bentonitovými prefabrikáty. V objektu je navržen portálový manipulátor doplněný o účelové manipulační efektory. UOS s VJP jsou do tohoto důlního objektu přepravovány pomocí kolového dopravního prostředku, zatímco samotné ukládání probíhá pomocí ukládacího robotu na kolejovém podvozku.

Úsek kontroly UOS s VJP

Půdorys kaverny: 77,5 x 20,0 m (1550,0 m²)

Výška kaverny: 5,0 m

Úsek překládky UOS s VJP

Půdorys kaverny: 30,0 x 12,0 m (360,0 m²)

Výška kaverny: 10,0 m

Rozvodna – úsek ražby (DuSO 14)

Rozvodna úseku ražby je kaverna o ražené délce 20,0 m, šířce 10,0 m a výšce 4,0 m. V tomto objektu je umístěna také trafostanice zajišťující zásobování podzemní části HÚ elektrickou energií v místech, kde probíhá jeho ražba a výstavba.

Rozvodna – úsek ukládání (DuSO 15)

Rozvodna úseku ukládání je kaverna o ražené délce 20,0 m, šířce 10,0 m a výšce 4,0 m. V tomto objektu je umístěna také trafostanice zajišťující zásobování provozu ukládání elektrickou energií.

Shromaždiště osob, stanice první pomoci a zkušebna (DuSO 16)

DuSO 16 je objekt, který zahrnuje shromaždiště osob, stanici první pomoci a zkušebnu umístěné v jedné kaverně.

Zkušebna je oddělený prostor tohoto objektu, kde jsou prováděny provozní zkoušky geologických a geotechnických charakteristik horninového masivu potřebné při výstavbě HÚ. Dále je zde uvažováno s vybavením pro monitorování geodynamických vlastností horninového prostředí. Probíhají tu též zkoušky kvality ovzduší, důlních vod a jsou zde ukládány archiválie záznamů měření a výsledků zkoušek.

Shromaždiště osob je místem poskytujícím sociální zázemí pracovníkům před a po ukončení směny. Je zde uvažováno s umístěním toalet, jídelny a odpočinkovou místností. V objektu jsou k dispozici základní zdravotnické pomůcky pro potřeby poskytnutí první pomoci. V případě mimořádné události může objekt sloužit jako úkryt před evakuací pracovníků z podzemí. Před DuSO 16 je umístěn turniket, který umožňuje obousměrný průchod osob mezi úseky výstavby a ukládání.

Půdorys kaverny: 40,0 x 15,5 m (620,0 m²)

Výška kaverny: 10,0 m

Dílny pro opravu a údržbu strojních mechanismů (DuSO 17)

V tomto objektu jsou zajišťovány běžné a střední opravy strojních mechanismů. Dílny jsou navrženy zvlášť pro úsek ražby a pro úsek ukládání. Při vertikálním ukládání je DuSO 17 pro úsek ukládání navržen v jedné kaverně s DuSO 18. Rozměry kaveren se liší také v závislosti na použitém způsobu ukládání, jelikož se liší požadavky na technické prostory.

Dispozice DuSO 17 – úsek ražby (D1, D2, D3, D4):

Půdorys kaverny: 44,0 x 10,0 m (280,0 m²)

Výška kaverny: 4,0 m

Dispozice DuSO 17 – úsek ukládání (D1 a D2):

Půdorys kaverny: 12,0 x 10,0 m (120,0 m²)

Výška kaverny: 4,0 m

Dispozice DuSO 17 – úsek ukládání (D3 a D4):

Půdorys kaverny: 45,0 x 14,0 m (630,0 m²)

Výška kaverny: 6,0 m

Sklad náhradních dílů (DuSO 18)

V tomto objektu jsou uloženy náhradní díly pro běžné a střední opravy strojních mechanismů. Sklady jsou navrženy zvláště pro úsek ražby a zvláště pro úsek ukládání. V úseku ražby je sklad náhradních dílů stavebně oddělen od DuSO 17, zatímco v úseku ukládání je DuSO 18 s DuSO 17 umístěny v jedné komoře. Při horizontálním ukládání není sklad náhradních dílů v úseku ukládání navržen.

Dispozice DuSO 18 – úsek ražby (D1, D2, D3, D4):

Půdorys kaverny: 28,0 x 10,0 m (280,0 m²)

Výška kaverny: 4,0 m

Dispozice DuSO 18 – úsek ukládání (D1 a D2):

Půdorys kaverny: 12,0 x 10,0 m (120,0 m²)

Výška kaverny: 4,0 m

Sklad mazadel, úsek mytí a údržby (DuSO 19)

V tomto objektu jsou uložena mazadla pro mechanismy užívané při ražbě a výstavbě a běžném provozu podzemní části HÚ.

Půdorys kaverny: 6,0 x 10,0 m (60,0 m²)

Výška kaverny: 4,0 m

Požární sklad (DuSO 22)

Požární sklady jsou navrženy zvláště pro úsek ražby a pro úsek ukládání. Slouží k úschově potřebné zásoby hasicích prostředků včetně požární výzbroje apod.

Půdorys kaverny: 8,0 x 10,0 m (80,0 m²)

Výška kaverny: 4,0 m

4.2.3.12 DuSO pro nakládání s důlními vodami

Tato kapitola souhrnně popisuje ražbu, výstavbu, účel a provoz důlních stavebních objektů, které nakládají s důlními vodami. Mezi tyto objekty patří:

- čerpací stanice s jímkou (DuSO 13)
- sedimentační nádrž (DuSO 20)

Následující dva odstavce se věnují nakládání s důlními vodami mimo hloubený objekt DuSO 04 (Příprava RAO a VJP).

Důlní vody jsou čištěny ve dvojici sedimentačních nádrží. Obecně se nepředpokládá kontaminace vod radioaktivními látkami. Z tohoto důvodu se neuvažuje v podzemní části HÚ s dekontaminační stanicí. Kumulace důlních vod probíhá v jímacím objektu (dále jímcce), které jsou posléze čerpány směrem k povrchu výtlačným potrubím. Čerpadla jsou umísťována do kaverny objektu čerpací stanice. Vedení výtlačného potrubí je uvažováno v odtěžovacím tunelu. Přibližně na horizontu -250 m pod povrchem se počítá s realizací přečerpávací stanice, která je svými dispozičními parametry a vybaveností shodná s čerpací stanicí.

Odvodnění průsakových a technologických vod je u lokality Janoch primárně uvažováno jako gravitační, přičemž svod důlních vod je prováděn odvodňovacími žlaby umístěnými do jednotlivých chodeb. Při horizontálním ukládání je dbáno na důsledné odvodnění zpevněného dna chodeb, jelikož je zde umístěno trolejové vedení napájející mechanismy robotického ukládání na kolejovém podvozku. Z tohoto důvodu se vně kolejí uvažuje s realizací dvojice odvodňovacích žlabů, z kterých jsou zachycené vody sváděny do drenážního potrubí umístěného pod úroveň troleje (Obr. 25 a Obr. 26).

Provoz a údržba čerpací stanice se řídí § 209 vyhlášky ČBÚ č. 22/1989 Sb.

Čerpací stanice s jímkou (DuSO 13)

Výpočet výkonu čerpadel a kapacita čerpacího zařízení a jímky bude vycházet z hydrogeologických poměrů. Ty v tuto dobu nejsou známy s dostatečnou přesností, a proto byly odborným odhadem stanoveny následující rozměry podobjektů DuSO 13:

Čerpací/přečerpávací stanice:

Půdorys kaverny: 20,0 x 8,0 m (160,0 m²)

Výška kaverny: 4,0 m

Jímka:

Průměr jímky: 8,0 m (50,27 m²)

Hloubka jímky: 25,0 m

Ražba DuSO 13 bude probíhat konvenční metodou, tedy pomocí trhacích prací.

Sedimentační nádrž (DuSO 20)

Půdorys kaverny: 15,0 x 40,0 m (600,0 m²)

Výška kaverny: 5,0 m

Nakládání s vodami v rámci hloubeného DuSO 04 (Příprava VJP a RAO) je v rámci vodního hospodářství řešeno odděleně od ostatních provozů. Odpadní voda z aktivních provozů bude svedena do dekontaminační stanice a odtud do nejbližšího recipientu. Kvalita vypouštěných vod na výstupu z dekontaminační stanice bude průběžně monitorována. Na výstupu z dekontaminační stanice bude osazen havarijní uzávěr. Ražba DuSO 20 bude probíhat konvenční metodou.

Sedimentační nádrž (DuSO 20)

Půdorys kaverny: 15,0 x 40,0 m (600,0 m²)

Výška kaverny: 5,0 m

Nakládání s vodami v rámci hloubeného DuSO 04 (Příprava VJP a RAO) je v rámci vodního hospodářství řešeno odděleně od ostatních provozů. Odpadní voda z aktivních provozů bude svedena do dekontaminační stanice a odtud do nejbližšího recipientu. Kvalita vypouštěných vod na výstupu z dekontaminační stanice bude průběžně monitorována. Na výstupu

z dekontaminační stanice bude osazen havarijní uzávěr. Ražba DuSO 20 bude probíhat konvenční metodou.

4.2.4 Celkový objem ražeb podzemní části HÚ

Tab. 27 porovnává horizontální a vertikální způsob ukládání a převládající způsoby ražby (mechanický způsob ražby, tj. např. TBM a konvenční způsob ražby). Toto rozdělení reprezentují jednotlivé dispoziční varianty řešení D1 až D4. Uváděné hodnoty představují objemy horniny v rostlém stavu, nikoliv nakypřené v podobě odtěžené rubaniny. V celkovém objemu ražeb je zahrnut rovněž rubanina z hloubících prací.

Tab. 27 – Celkový objem ražeb dle dispozičních variant řešení

Dispoziční varianta	Celkový objem ražeb [m ³]
D1	6 080 789
D2	3 820 840
D3	2 570 590
D4	2 617 585

Následující podkapitoly obsahují podrobné tabulky výměr a celkový objem ražeb pro jednotlivé DuSO dle čtyř dispozičních variant řešení (D1 až D4).

4.2.4.1 Dispoziční varianta D1

Tab. 28 – Tabulka výměr pro dispoziční variantu D1

P.č.	Popis	Ražba [typ]	Jedn. délka [m]	Počet pol. [-]	Délka celkem [m]	Příčný průřez [m ²]	Objem [m ³]	Délka cykl. ražby [m]	Délka kont. ražby [m]	Objem cykl. ražby [m ³]	Objem kont. ražby [m ³]	Objem hloubících/zásypových prací [m ³]	Obestavěný prostor/plocha hloubených objektů* [m ³]/[m ²]
1	DuSO 01 Odtěžovací tunel - bez výhyben	TBM (KONT.)	5,614	1	5,614	41.29	231,802		5,614		231,802		
2	DuSO 01 Odtěžovací tunel - výhybny	KONVENČNÍ (CYKL.)	40	11	440	17.80	7,832	440		7,832			
3	DuSO 01 Odtěžovací tunel - propojky	KONVENČNÍ (CYKL.)	40	10	400	27.40	10,960	400		10,960			
4	DuSO 02 Zavážecí tunel (bez výhyben)	TBM (KONT.)	5,784	1	5,784	41.29	238,821		5,784		238,821		
5	DuSO 02 Ražba zavážecího tunelu (výhybny)	KONVENČNÍ (CYKL.)	40	11	440	17.80	7,832	440		7,832			
6	DuSO 02 Rozplet pro DuSO 04 - ražená část tunelů	KONVENČNÍ (CYKL.)	676	1	676	27.40	18,522	676		18,522			
7	DuSO 02 Rozplet pro DuSO 04 - hloubená část tunelů	OBESTAVĚNÝ PROSTOR	351	1	351	27.40	9,617						9,617
8	DuSO 03 Ražba vtažné jámy	TBM (KONT.)	605	1	605	38.48	23,283		605		23,283		
9	DuSO 03 Přístupový tunel ke vtažné jámě	KONVENČNÍ (CYKL.)	18	1	18	29.23	526	18		526			
10	DuSO 03 Strojovna vzduchotechniky vč. 5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	1,155	-		1,155			
11	DuSO 04 Hloubení stavební jámy	HLOUBENÍ/ZÁSYP	-	1	-	-	571,816					571,816	
12	DuSO 04 Zajištění stavební jámy - horizont -30 až 0	OBESTAVĚNÝ PROSTOR	689	1	689	31.00	21,359						21,359
13	DuSO 04 Zajištění stavební jámy - horizont -35 až -30	OBESTAVĚNÝ PROSTOR	404	1	404	6.00	2,424						2,424

P.č.	Popis	Ražba [typ]	Jedn. délka [m]	Počet pol. [-]	Délka celkem [m]	Příčný průřez [m2]	Objem [m3]	Délka cykl. ražby [m]	Délka kont. ražby [m]	Objem cykl. ražby [m3]	Objem kont. ražby [m3]	Objem hloubících/zásypových prací [m3]	Obestavěný prostor/plocha hloubených objektů* [m3]/[m2]
14	DuSO 04 Výstavba DuSO 04 vč. horké komory	OBESTAVĚNÝ PROSTOR	-	1			124,300						124,300
15	DuSO 04 Zpětný zásyp hloubených objektů	HLOUBENÍ/ZÁSYP	-	1			414,116					414,116	
16	DuSO 05 Ražba páteřních chodeb (bez výhyben a remíz)	TBM (KONT.)	8,884	1	8,884	41.29	366,820		8,884		366,820		
17	DuSO 05 Ražba páteřních chodeb	KONVENČNÍ (CYKL.)	248	1	248	29.23	7,249	248		7,249			
18	DuSO 05 Ražba páteřních chodeb - rozrážka pro TBM	KONVENČNÍ (CYKL.)	30	2	60	65.33	3,920	35		2,287			
19	DuSO 06 Ražba spojovacích chodeb úseku ražeb (bez výhyben a remíz)	TBM (KONT.)	157	1	157	41.29	6,483		157		6,483		
20	DuSO 06 Ražba spojovacích chodeb úseku ražeb (bez výhyben a remíz)	KONVENČNÍ (CYKL.)	339	1	339	29.23	9,909	339		9,909			
21	DuSO 06 Ražba spojovacích chodeb úseku ražeb - pouze výhybny a remízy	TBM (KONT.)	107	1	107	54.96	5,881		107		5,881		
22	DuSO 06 Ražba spojovacích chodeb úseku ražeb - pouze výhybny a remízy	KONVENČNÍ (CYKL.)	162	1	162	42.90	6,950	162		6,950			
23	DuSO 07 Ražba spojovacích chodeb úseku ukládání (bez výhyben a remíz)	TBM (KONT.)	190	1	190	41.29	7,845		190		7,845		
24	DuSO 07 Ražba spojovacích chodeb úseku ukládání (bez výhyben a remíz)	KONVENČNÍ (CYKL.)	681	1	681	29.23	19,906	681		19,906			
25	DuSO 07 Ražba spojovacích chodeb úseku ukládání - pouze výhybny a remízy	KONVENČNÍ (CYKL.)	82	1	82	42.90	3,518	82		3,518			
26	DuSO 08 Ražba zavážecí chodby - rozšíření pro vjezd vozidel ukládající VJP	KONVENČNÍ (CYKL.)	7	244	1,708	108.96	186,095	1,708		186,095			
27	DuSO 08 Ražba zavážecí chodby - rozrážka pro TBM	KONVENČNÍ (CYKL.)	23	244	5,612	65.33	366,632	5,612		366,632			
28	DuSO 08 Ražba zavážecí chodby - ražba v místě uzávěry	TBM (KONT.)	10	244	2,440	41.29	100,748		2,440		100,748		
29	DuSO 08 Ražba zavážecí chodby - uzávěra samotná - ražba klínu	KONVENČNÍ (CYKL.)	2.5	244	610	19.26	11,750	610		11,750			
30	DuSO 08 Ražba zavážecí chodby - uzávěra samotná - betonáž uzávěry	OBESTAVĚNÝ PROSTOR	2.5	244	610	-	31,062						31,062
31	DuSO 08 Ražba zavážecích chodeb I. sekce	TBM (KONT.)	46,080	1	46,080	41.29	1,902,643		46,080		1,902,643		
32	DuSO 08 Ražba zavážecích chodeb II. sekce	TBM (KONT.)	41,760	1	41,760	41.29	1,724,270		41,760		1,724,270		
33	DuSO 09 Ražba vertikálních ukládacích vrtů	TBM (KONT.)	49,576	1	49,576	2.54	126,154		49,576		126,154		
34	DuSO 10 Úsek kontroly UOS s VJP vč. 5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	8,138	-		8,138			
35	DuSO 11 Ražba sekce pro ukládání bet. kontejnerů - komora	KONVENČNÍ (CYKL.)	47.9	18	862	48.29	41,636	862		41,636			
36	DuSO 11 Ražba sekce pro ukládání bet. kontejnerů - rozšíření komory	KONVENČNÍ (CYKL.)	7.1	18	128	37.52	4,795	128		4,795			
37	DuSO 11 Ražba sekce pro ukládání bet. kontejnerů - ústí komory	KONVENČNÍ (CYKL.)	17.0	18	306	26.75	8,186	306		8,186			
38	DuSO 11 Ražba sekce pro ukládání bet. kontejnerů - rozšíření z přístupové chodby	KONVENČNÍ (CYKL.)	5.0	18	90	52.48	4,723	90		4,723			

P.č.	Popis	Ražba [typ]	Jedn. délka [m]	Počet pol. [-]	Délka celkem [m]	Příčný průřez [m2]	Objem [m3]	Délka cykl. ražby [m]	Délka kont. ražby [m]	Objem cykl. ražby [m3]	Objem kont. ražby [m3]	Objem hloubících/zásypových prací [m3]	Obestavěný prostor/plocha hloubených objektů* [m3]/[m2]
39	DuSO 11 Ražba sekce pro ukládání bet. kontejnerů - přístupová chodba ke komorám	KONVENČNÍ (CYKL.)	567	1	567	29.23	16,573	567		16,573			
40	DuSO 12 Konfirmační laboratoř - technické zázemí laboratoře vč. 5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	2,073	-		2,073			
41	DuSO 12 Konfirmační laboratoř - část rozrážky pro TBM	KONVENČNÍ (CYKL.)	10	1	10	65.33	653	10		653			
42	DuSO 12 Konfirmační laboratoř - zavážecí chodba ze zátkou	TBM (KONT.)	61	1	61	41.29	2,498		61		2,498		
43	DuSO 12 Konfirmační laboratoř - ukládací vrty	TBM (KONT.)	7.190	3	22	2.54	55		22		55		
44	DuSO 13 Čerpací stanice vč. 5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	3	-	-	672	-		672			
45	DuSO 13 Jímka	KONVENČNÍ (CYKL.)	25	3	75	50.27	3,770	75		3,770			
46	DuSO 14 Rozvodna - úsek ražby vč. 5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	840	-		840			
47	DuSO 15 Rozvodna - úsek ukládání vč. 5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	840	-		840			
48	DuSO 16 Shromaždiště osob, stanice první pomoci a zkušebna vč. 5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	6,510	-		6,510			
49	DuSO 17 Dílny pro opravu a údržbu strojních mechanismů vč. 5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	1,680	-		1,680			
50	DuSO 18 Sklad náhradních dílů vč. 5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	1,176	-		1,176			
51	DuSO 19 Sklad mazadel, úsek mytí a údržby vč. 5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	2	-	-	504	-		504			
52	DuSO 20 Sedimentační nádrž vč. 5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	3,150	-		3,150			
53	DuSO 21 Sklad výbušnin - chodby vč. 5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	216	1	216	15.90	3,439	216		3,439			
54	DuSO 21 Sklad výbušnin - komory vč. 5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	36	1	36	14.50	518	36		518			
55	DuSO 22 Požární sklad vč. 5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	2	-	-	672	-		672			

* Obestavěná plocha je v daném sloupci buněk uváděná pro zajištění stavební jámy DuSO 04

V následujících tabulkách uváděné hodnoty představují objemy horniny v rostlém stavu, nikoliv nakypřené v podobě odtěžené rubaniny.

Tab. 29 – Tabulka celkových konvenčních ražeb pro dispoziční variantu D1

Konvenční ražba (cyklická):	
Délka:	13 741 m
Objem:	771 669 m ³

Do celkové délky ražeb jsou započteny pouze liniové DuSO (tunely, chodby, aj.)

Tab. 30 – Tabulka celkových strojních ražeb pro dispoziční variantu D1

Mechanizovaná strojní ražba (kontinuální):	
Délka:	161 279 m
Objem:	4 737 304 m ³

Do celkové délky ražeb jsou započteny pouze liniové DuSO (tunely, chodby, vtažná jáma, aj.)

Tab. 31 – Objem ostatních prací pro dispoziční variantu D1

Objem hloubících prací:	571 816 m³
Objem zásypových prací:	414 116 m³
Obestavěný prostor DuSO 04:	148 083 m³
Hloubené tunely:	9 617 m³

Tab. 32 – Celkový objem ražeb pro dispoziční variantu D1

RAŽBA CELKEM:	
Objem:	6 080 789 m³

V celkovém objemu ražeb je zahrnuta i rubanina z hloubících prací.

4.2.4.2 Dispoziční varianta D2

Tab. 33 – Tabulka výměr pro dispoziční variantu D2

P.č	Popis	Ražba/výstavba [typ]	Jedn. délka [m]	Počet pol. [-]	Délka celkem [m]	Příčný průřez [m ²]	Objem [m ³]	Délka cykl. ražby [m]	Délka kont. ražby [m]	Objem cykl. ražby [m ³]	Objem kont. ražby [m ³]	Objem hloubících /zásypových prací [m ³]	Obestavěný prostor/plocha a hloubených objektů [m ³] [m ²]
1	DuSO 01 Odtěžovací tunel (bez výhyben)	KONVENČNÍ (CYKL.)	5,846	1	5,846	36.32	212,327	5,846		212,327			
2	DuSO 01 Výhybny	KONVENČNÍ (CYKL.)	40	11	440	17.18	7,559	440		7,559			
3	DuSO 01 Propojky	KONVENČNÍ (CYKL.)	40	11	440	27.40	12,056	440		12,056			
4	DuSO 02 Ražba zavážecího tunelu (bez výhyben)	KONVENČNÍ (CYKL.)	6,317	1	6,317	36.32	229,433	6,317		229,433			
5	DuSO 02 Ražba zavážecího tunelu (výhybny)	KONVENČNÍ (CYKL.)	40	12	480	17.18	8,246	480		8,246			
6	DuSO 02 Rozplet pro DuSO 04 - ražená část tunelů	KONVENČNÍ (CYKL.)	676	1	676	27.40	18,522	676		18,522			
7	DuSO 02 Rozplet pro DuSO 04 - hloubená část tunelů	OBESTAVĚNÝ PROSTOR	351	1	351	27.40	9,617						9,617
8	DuSO 03 Hloubení vtažné jámy	KONVENČNÍ (CYKL.)	595	1	595	38.48	22,898	595		22,898			
9	DuSO 03 Přístupový tunel ke vtažné jámě	KONVENČNÍ (CYKL.)	79	1	79	29.23	2,309	79		2,309			
10	DuSO 03 Strojovna vzduchotechniky, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	1,155	-		1,155			
11	DuSO 04 Hloubení stavební jámy	HLOUBENÍ/ZÁSYP	-	1	-	-	571,816					571,816	
12	DuSO 04 Zajištění stavební jámy - horizont -30 až 0	OBESTAVĚNÝ PROSTOR	689	1	689	31.00	21,359						21,359
13	DuSO 04 Zajištění stavební jámy - horizont -35 až -30	OBESTAVĚNÝ PROSTOR	404	1	404	6.00	2,424						2,424
14	DuSO 04 Výstavba DuSO 04 vč. horké komory	OBESTAVĚNÝ PROSTOR	-	1	-	-	124,324						124,324
15	DuSO 04 Zpětný zásyp hloubených objektů	HLOUBENÍ/ZÁSYP	-	1	-	-	414,092					414,092	
16	DuSO 05 Ražba páteřních chodeb (bez výhyben a remíz)	KONVENČNÍ (CYKL.)	4,477	1	4,477	29.23	130,863	4,477		130,863			
17	DuSO 06 Ražba spojovacích chodeb úseku ražeb (bez výhyben a remíz)	KONVENČNÍ (CYKL.)	475	1	475	29.23	13,884	475		13,884			
18	DuSO 06 Ražba spojovacích chodeb úseku ražeb -pouze výhybny a remízy	KONVENČNÍ (CYKL.)	269	1	269	42.90	11,540	269		11,540			
19	DuSO 07 Ražba spojovacích chodeb úseku ukládání (bez výhyben a remíz)	KONVENČNÍ (CYKL.)	864	1	864	29.23	25,255	864		25,255			
20	DuSO 07 Ražba spojovacích chodeb úseku ukládání -pouze výhybny a remízy	KONVENČNÍ (CYKL.)	82	1	82	42.90	3,518	82		3,518			
21	DuSO 08 Ražba zavážecí chodby - rozšíření pro vjezd vozidel ukládající VJP	KONVENČNÍ (CYKL.)	7	122	854	60.77	51,893	854		51,893			
22	DuSO 08 Ražba zavážecí chodby - ražba v místě uzávěry	KONVENČNÍ (CYKL.)	10	122	1,220	25.22	30,768	1,220		30,768			
23	DuSO 08 Ražba zavážecí chodby - uzávěra samotná - ražba klínu	KONVENČNÍ (CYKL.)	2.5	122	-	-	2,621	-		2,621			
24	DuSO 08 Ražba zavážecí chodby - uzávěra samotná - betonáž	OBESTAVĚNÝ PROSTOR	2.5	122	305	-	10,314						10,314
25	DuSO 08 Ražba zavážecích chodeb I. sekce	KONVENČNÍ (CYKL.)	719	64	46,016	25.22	1,160,524	46,016		1,160,524			

P.č	Popis	Ražba/výstavba [typ]	Jedn. délka [m]	Počet pol. [-]	Délka celkem [m]	Příčný průřez [m2]	Objem [m3]	Délka cykl. ražby [m]	Délka kont. ražby [m]	Objem cykl. ražby [m3]	Objem kont. ražby [m3]	Objem hloubících /zásypových prací [m3]	Obestavěný prostor/plocha a hloubených objektů [m3] [m2]
26	DuSO 08 Ražba zavážecích chodeb II. sekce	KONVENČNÍ (CYKL.)	719	58	41,702	25.22	1,051,724	41,702		1,051,724			
27	DuSO 09 Ražba vertikálních ukládacích vrtů	TBM (KONT.)	56,302	1	56,302	2.54	143,270		56,302		143,270		
28	DuSO 10 Úsek kontroly UOS s VJP, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	8,138	-		8,138			
29	DuSO 11 Ražba sekce pro ukládání bet. kontejnerů - komora	KONVENČNÍ (CYKL.)	47.9	18	862	48.29	41,636	862		41,636			
30	DuSO 11 Ražba sekce pro ukládání bet. kontejnerů - rozšíření komory	KONVENČNÍ (CYKL.)	7.1	18	128	37.52	4,795	128		4,795			
31	DuSO 11 Ražba sekce pro ukládání bet. kontejnerů - ústí komory	KONVENČNÍ (CYKL.)	17.0	18	306	26.75	8,186	306		8,186			
32	DuSO 11 Ražba sekce pro ukládání bet. kontejnerů - rozšíření z přístupové chodby	KONVENČNÍ (CYKL.)	5.0	18	90	52.48	4,723	90		4,723			
33	DuSO 11 Ražba sekce pro ukládání bet. kontejnerů - přístupová chodba ke komorám	KONVENČNÍ (CYKL.)	545	1	545	29.23	15,930	545		15,930			
34	DuSO 12 Konfirmační laboratoř - technické zázemí laboratoře, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	1,688			1,688			
35	DuSO 12 Konfirmační laboratoř - zavážecí chodba se zátkou	KONVENČNÍ (CYKL.)	61	1	61	25.22	1,538	61		1,538			
36	DuSO 12 Konfirmační laboratoř - ukládací vrt	TBM (KONT.)	8.075	3	24	2.54	62		24		62		
37	DuSO 13 Čerpací stanice, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	2	-	-	672	-		672			
38	DuSO 13 Jímka	KONVENČNÍ (CYKL.)	20	2	40	50.27	2,011	40		2,011			
39	DuSO 14 Rozvodna - úsek ražby, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	840	-		840			
40	DuSO 15 Rozvodna - úsek ukládání, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	840	-		840			
41	DuSO 16 Shromaždiště osob, stanice první pomoci a zkušebna, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	6,510	-		6,510			
42	DuSO 17 Dílny pro opravu a údržbu strojních mechanismů, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	1,680	-		1,680			
43	DuSO 18 Sklad náhradních dílů, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	1,176	-		1,176			
44	DuSO 19 Sklad mazadel, úsek mytí a údržby, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	2	-	-	504	-		504			
45	DuSO 20 Sedimentační nádrž, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	3,150	-		3,150			
46	DuSO 21 Sklad výbušnin - chodby, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	213	1	213	15.90	3,389	213		3,389			
47	DuSO 21 Sklad výbušnin - komory, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	36	1	36	14.50	518	36		518			
48	DuSO 22 Požární sklad, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	2	-	-	672	-		672			

* Obestavěná plocha je v daném sloupci buněk uváděná pro zajištění stavební jámy DuSO 04

V následujících tabulkách uváděné hodnoty představují objemy horniny v rostlém stavu, nikoliv nakypřené v podobě odtěžené rubaniny.

Tab. 34 – Tabulka celkových konvenčních ražeb pro dispoziční variantu D2

Konvenční ražba (cyklická):		
Délka:	113 113	m
Objem:	3 105 692	m3

Do celkové délky ražeb jsou započteny výhradně liniové DuSO (tunely, chodby, aj.)

Tab. 35 – Tabulka celkových strojních ražeb pro dispoziční variantu D2

Mechanizovaná strojní ražba (kontinuální):		
Délka:	56 326	m
Objem:	143 332	m3

Do celkové délky ražeb jsou započteny pouze liniové DuSO (tunely, chodby, vtažná jáma, aj.)

Tab. 36 – Objem ostatních prací pro dispoziční variantu D2

Objem hloubících prací:	571 816	m3
Objem zásypových prací:	414 092	m3
Obestavěný prostor DuSO 04:	148 107	m3
Obestavěný prostor hloubené části závěšovacího tunelu:	9 617	m3

Tab. 37 – Celkový objem ražeb pro dispoziční variantu D2

RAŽBA CELKEM:		
Objem:	3 820 840	m3

V celkovém objemu ražeb je zahrnuta i rubanina z hloubících prací.

4.2.4.3 Dispoziční varianta D3

Tab. 38 – Tabulka výměr pro dispoziční variantu D3

P.č.	Popis	Ražba/výstavba [typ]	Jedn. délka [m]	Počet pol. [-]	Délka celkem [m]	Příčný průřez [m2]	Objem [m3]	Délka cykl. ražby [m]	Délka kont. ražby [m]	Objem cykl. ražby [m3]	Objem kont. ražby [m3]	Objem hloubících/zásypových prací [m3]	Obestavěný prostor/plocha hloubených objektů [m3] [m2]
1	DuSO 01 Ražba odtěžovacího tunelu (bez výhyben)	TBM (KONT.)	5,999	1	5,999	38.48	230,842		5,999		230,842		
2	DuSO 01 Výhybny	KONVENČNÍ (CYKL.)	40	11	440	17.64	7,762	440		7,762			
3	DuSO 01 Propojky	KONVENČNÍ (CYKL.)	40	10	400	27.40	10,960	400		10,960			
4	DuSO 02 Ražba zavážecího tunelu (bez výhyben)	TBM (KONT.)	6,249	1	6,249	38.48	240,462		6,249		240,462		
5	DuSO 02 Ražba zavážecího tunelu(výhybny)	KONVENČNÍ (CYKL.)	40	12	480	17.64	8,467	480		8,467			
6	DuSO 02 Rozplet pro DuSO 04 - ražená část tunelů	KONVENČNÍ (CYKL.)	676	1	676	27.40	18,522	676		18,522			
7	DuSO 02 Rozplet pro DuSO 04 - hloubená část tunelů	OBESTAVĚNÝ PROSTOR	351	1	351	27.40	9,617						9,617
8	DuSO 03 Ražba vtažné jámy	TBM (KONT.)	565	1	565	38.48	21,744		565		21,744		
9	DuSO 03 Přístupový tunel ke vtažné jámě	KONVENČNÍ (CYKL.)	410	1	410	29.23	11,984	410		11,984			
10	DuSO 03 Strojovna vzduchotechniky, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	1,155	-		1,155			
11	DuSO 04 Hloubení stavební jámy	HLOUBENÍ/ZÁSYP	-	1	-	-	571,816					571,816	
12	DuSO 04 Zajištění stavební jámy - horizont -30 až 0	OBESTAVĚNÝ PROSTOR	689	1	689	31.00	21,359						21,359
13	DuSO 04 Zajištění stavební jámy - horizont -35 až -30	OBESTAVĚNÝ PROSTOR	404	1	404	6.00	2,424						2,424
14	DuSO 04 Výstavba DuSO 04 vč. horké komory	OBESTAVĚNÝ PROSTOR	-	1	-	-	124,324						124,324
15	DuSO 04 Zpětný zásyp hloubených objektů	HLOUBENÍ/ZÁSYP	-	1	-	-	414,092					414,092	
16	DuSO 05 Ražba páteřních chodeb (bez výhyben a remíz)	TBM (KONT.)	9,139	1	9,139	38.48	351,669		9,139		351,669		
17	DuSO 05 Ražba páteřních chodeb -pouze výhybny	KONVENČNÍ (CYKL.)		1		52.92							
18	DuSO 05 Ražba páteřních chodeb (bez výhyben a remíz)	KONVENČNÍ (CYKL.)	682	1	682	29.23	19,935	682		19,935			
19	DuSO 05 Ražba páteřních chodeb -točny	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	12	-	-	876	-		876			
20	DuSO 06 Ražba spojovacích chodeb úseku ražeb (bez výhyben a remíz)	KONVENČNÍ (CYKL.)	446	1	446	29.23	13,037	446		13,037			
21	DuSO 06 Ražba spojovacích chodeb úseku ražeb -pouze výhybny a remízy	TBM (KONT.)	107	1	107	60.54	6,478		107		6,478		
22	DuSO 06 Ražba spojovacích chodeb úseku ražeb -pouze výhybny a remízy	KONVENČNÍ (CYKL.)	162	1	162	42.90	6,950	162		6,950			
23	DuSO 07 Ražba spojovacích chodeb úseku ukládání (bez výhyben a remíz)	KONVENČNÍ (CYKL.)	619	1	619	29.23	18,093	619		18,093			

P.č.	Popis	Ražba/výstavba [typ]	Jedn. délka [m]	Počet pol. [-]	Délka celkem [m]	Příčný průřez [m2]	Objem [m3]	Délka cykl. ražby [m]	Délka kont. ražby [m]	Objem cykl. ražby [m3]	Objem kont. ražby [m3]	Objem hloubících/zásypových prací [m3]	Obestavěný prostor/plocha hloubených objektů [m3] [m2]
24	DuSO 07 Ražba spojovacích chodeb úseku ukládání (pouze výhybny a remízy)	KONVENČNÍ (CYKL.)	73	1	73	42.90	3,132	73		3,132			
25	DuSO 09 Ražba ukládacích vrtů - rozšíření pro vjezd vozidel ukládající VJP	KONVENČNÍ (CYKL.)	7	409	2,863	63.70	182,373	2,863		182,373			
26	DuSO 09 Ražba ukládacích vrtů - rozrážka pro TBM	KONVENČNÍ (CYKL.)	23	409	9,407	26.22	246,652	9,407		246,652			
27	DuSO 09 Ražba ukládacích vrtů - ražba v místě zátky	TBM (KONT.)	10	409	4,090	3.80	15,547		4,090		15,547		
28	DuSO 08 Ražba zavážecí chodby - zátka samotná - ražba klínu	KONVENČNÍ (CYKL.)	2.5	409	1,023	7.13	3,643	1,023		3,643			
29	DuSO 08 Ražba zavážecí chodby - zátka samotná - betonáž zátky	OBESTAVĚNÝ PROSTOR	2.5	409	1,023	-	7,530						7,530
30	DuSO 09 Ražba ukládacích vrtů - vrt samotný (vrty I. až IV. sekce)	TBM (KONT.)	300	409	122,700	3.80	466,423		122,700		466,423		
31	DuSO 10 Úsek překládky UOS s VJP	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	3,600	-		3,600			
32	DuSO 11 Ražba sekce pro ukládání bet. kontejnerů - komora	KONVENČNÍ (CYKL.)	47.9	18	862	48.29	41,636	862		41,636			
33	DuSO 11 Ražba sekce pro ukládání bet. kontejnerů - rozšíření komory	KONVENČNÍ (CYKL.)	7.1	18	128	37.52	4,795	128		4,795			
34	DuSO 11 Ražba sekce pro ukládání bet. kontejnerů - ústí komory	KONVENČNÍ (CYKL.)	17.0	18	306	26.75	8,186	306		8,186			
35	DuSO 11 Ražba sekce pro ukládání bet. kontejnerů - rozšíření z přístupové chodby	KONVENČNÍ (CYKL.)	5.0	18	90	52.48	4,723	90		4,723			
36	DuSO 11 Ražba sekce pro ukládání bet. kontejnerů - přístupová chodba ke komorám	KONVENČNÍ (CYKL.)	647	1	647	29.23	18,912	647		18,912			
37	DuSO 12 Konfirmační laboratoř - technické zázemí laboratoře, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	1,222			1,222			
38	DuSO 12 Konfirmační laboratoř - část rozrážky pro TBM	KONVENČNÍ (CYKL.)	10	1	10	26.22	262	10		262			
39	DuSO 12 Konfirmační laboratoř - ukládací vrt vč. zátky	TBM (KONT.)	48	1	48	3.80	181		48		181		
40	DuSO 13 Čerpací stanice, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	2	-	-	672	-		672			
41	DuSO 13 Jímka	KONVENČNÍ (CYKL.)	20	2	40	50.27	2,011	40		2,011			
42	DuSO 14 Rozvodna - úsek ražby, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	840	-		840			
43	DuSO 15 Rozvodna - úsek ukládání, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	840	-		840			
44	DuSO 16 Shromaždiště osob, stanice první pomoci a zkušebna, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	6,510	-		6,510			
45	DuSO 17 Dílny pro opravu a údržbu strojních mechanismů - úsek ražeb, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	1,176	-		1,176			
46	DuSO 17 Dílny pro opravu a údržbu strojních mechanismů - úsek ukládání	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	3,780	-		3,780			
47	DuSO 18 Sklad náhradních dílů, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	1,176	-		1,176			

P.č.	Popis	Ražba/výstavba [typ]	Jedn. délka [m]	Počet pol. [-]	Délka celkem [m]	Příčný průřez [m2]	Objem [m3]	Délka cykl. ražby [m]	Délka kont. ražby [m]	Objem cykl. ražby [m3]	Objem kont. ražby [m3]	Objem hloubících/zásypových prací [m3]	Obestavěný prostor/plocha hloubených objektů [m3] [m2]
48	DuSO 19 Sklad mazadel, úsek mytí a údržby, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	2	-	-	504	-	-	504	-	-	-
49	DuSO 20 Sedimentační nádrž, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	2	-	-	6,300	-	-	6,300	-	-	-
50	DuSO 21 Sklad výbušnin - chodby, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	224	1	224	15.90	3,556	224	-	3,556	-	-	-
51	DuSO 21 Sklad výbušnin - komory, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	36	1	36	14.50	518	36	-	518	-	-	-
52	DuSO 22 Požární sklad, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	2	-	-	672	-	-	672	-	-	-

* Obestavěná plocha je v daném sloupci buněk uváděná pro zajištění stavební jámy DuSO 04

V následujících tabulkách uváděné hodnoty představují objemy horniny v rostlém stavu, nikoliv nakypřené v podobě odtěžené rubaniny.

Tab. 39 – Tabulka celkových konvenčních ražeb pro dispoziční variantu D3

Konvenční ražba (cyklická):	
Délka:	20 023 m
Objem:	665 430 m ³

Do celkové délky ražeb jsou započteny pouze liniové DuSO (tunely, chodby, aj.)

Tab. 40 – Tabulka celkových strojních ražeb pro dispoziční variantu D3

Mechanizovaná strojní ražba (kontinuální):	
Délka:	148 897 m
Objem:	1 333 344 m ³

Do celkové délky ražeb jsou započteny pouze liniové DuSO (tunely, chodby, vtažná jáma, aj.)

Tab. 41 – Objem ostatních prací pro dispoziční variantu D3

Objem hloubících prací:	571 816 m³
Objem zásypových prací:	414 092 m³
Obestavěný prostor DuSO 04:	148 107 m³
Obestavěný prostor hloubené části závěžecího tunelu:	9 617 m³

Tab. 42 – Celkový objem ražeb pro dispoziční variantu D3

RAŽBA CELKEM:	
Objem:	2 570 590 m³

V celkovém objemu ražeb je zahrnuta i rubanina z hloubících prací.

4.2.4.4 Dispoziční varianta D4

Tab. 43 – Tabulka výměr pro dispoziční variantu D4

P.č.	Popis	Ražba/výstavba [typ]	Jedn. délka [m]	Počet pol. [-]	Délka celkem [m]	Příčný průřez [m ²]	Objem [m ³]	Délka cykl. ražby [m]	Délka kont. ražby [m]	Objem cykl. ražby [m ³]	Objem kont. ražby [m ³]	Objem hloubících /zásypových prací [m ³]	Obestavěný prostor/plocha hloubených objektů [m ³] [m ²]
1	DuSO 01 Odtěžovací tunel (bez výhyben)	KONVENČNÍ (CYKL.)	5711	1	5,711	36.32	207,424	5,711		207,424			
2	DuSO 01 Výhybny	KONVENČNÍ (CYKL.)	40	11	440	17.18	7,559	440		7,559			
3	DuSO 01 Propojky	KONVENČNÍ (CYKL.)	40	11	440	27.40	12,056	440		12,056			
4	DuSO 02 Ražba zavážecího tunelu (bez výhyben)	KONVENČNÍ (CYKL.)	5834	1	5,834	36.32	211,891	5,834		211,891			
5	DuSO 02 Ražba zavážecího tunelu(výhybny)	KONVENČNÍ (CYKL.)	40	11	440	17.18	7,559	440		7,559			
6	DuSO 02 Rozplet pro DuSO 04 - ražená část tunelů	KONVENČNÍ (CYKL.)	676	1	676	27.40	18,522	676		18,522			
7	DuSO 02 Rozplet pro DuSO 04 - hloubená část tunelů	OBESTAVĚNÝ PROSTOR	351	1	351	27.40	9,617						9,617
8	DuSO 03 Ražba vtažné jámy	KONVENČNÍ (CYKL.)	563	1	563	38.48	21,667	563		21,667			
9	DuSO 03 Přístupový tunel ke vtažné jámě	KONVENČNÍ (CYKL.)	332	1	332	29.23	9,704	332		9,704			
10	DuSO 03 Strojovna vzduchotechniky, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	1,155	-		1,155			
11	DuSO 04 Hloubení stavební jámy	HLOUBENÍ/ZÁSYP	-	1	-	-	571,816					571,816	
12	DuSO 04 Zajištění stavební jámy - horizont -30 až 0	OBESTAVĚNÝ PROSTOR	689	1	689	31.00	21,359						21,359
13	DuSO 04 Zajištění stavební jámy - horizont -35 až -30	OBESTAVĚNÝ PROSTOR	404	1	404	6.00	2,424						2,424
14	DuSO 04 Výstavba DuSO 04 vč. horké komory	OBESTAVĚNÝ PROSTOR	-	1	-	-	124,324						124,324
15	DuSO 04 Zpětný zásyp hloubených objektů	HLOUBENÍ/ZÁSYP	-	1	-	-	414,092					414,092	
16	DuSO 05 Ražba páteřních chodeb (bez výhyben a remíz)	KONVENČNÍ (CYKL.)	14,449	1	14,449	29.23	422,344	14,449		422,344			
17	DuSO 05 Ražba páteřních chodeb -pouze výhybny	KONVENČNÍ (CYKL.)		1		42.90							
18	DuSO 05 Ražba páteřních chodeb -točny	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	424	-	-	30,952	-		30,952			
19	DuSO 06 Ražba spojovacích chodeb úseku ražeb (bez výhyben a remíz)	KONVENČNÍ (CYKL.)	598	1	598	29.23	17,480	598		17,480			
20	DuSO 06 Ražba spojovacích chodeb úseku ražeb -pouze výhybny a remízy	KONVENČNÍ (CYKL.)	269	1	269	42.90	11,540	269		11,540			
21	DuSO 07 Ražba spojovacích chodeb úseku ukládání (bez výhyben a remíz)	KONVENČNÍ (CYKL.)	1,239	1	1,239	29.23	36,216	1,239		36,216			

P.č.	Popis	Ražba/výstavba [typ]	Jedn. délka [m]	Počet pol. [-]	Délka celkem [m]	Příčný průřez [m ²]	Objem [m ³]	Délka cykl. ražby [m]	Délka kont. ražby [m]	Objem cykl. ražby [m ³]	Objem kont. ražby [m ³]	Objem hloubících /zásypových prací [m ³]	Obestavěný prostor/plocha hloubených objektů [m ³] [m ²]
22	DuSO 07 Ražba spojovacích chodeb úseku ukládání -pouze výhybny a remízy	KONVENČNÍ (CYKL.)	73	1	73	42.90	3,132	73		3,132			
23	DuSO 07 Ražba spojovacích chodeb úseku ukládání -točna	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	73	-		73			
24	DuSO 09 Ražba ukládacích vrtů - rozšíření pro vjezd vozidel ukládající VJP	KONVENČNÍ (CYKL.)	7	409	2,863	63.60	182,087	2,863		182,087			
25	DuSO 09 Ražba ukládacích vrtů - rozrážka pro TBM	KONVENČNÍ (CYKL.)	23	409	9,407	26.22	246,652	9,407		246,652			
26	DuSO 09 Ražba ukládacích vrtů - ražba v místě zátky	TBM (KONT.)	10	409	4,090	3.80	15,547		4,090		15,547		
27	DuSO 08 Ražba zavážecí chodby - zátka samotná - ražba klínu	KONVENČNÍ (CYKL.)	2.5	409	1,023	7.13	3,643	1,023		3,643			
28	DuSO 08 Ražba zavážecí chodby - zátka samotná - betonáž zátky	OBESTAVĚNÝ PROSTOR	2.5	409	1,023	-	7,530						7,530
29	DuSO 09 Ražba ukládacích vrtů - vrt samotný (vrty I. až IV. sekce)	TBM (KONT.)	300	409	122,700	3.80	466,423		122,700		466,423		
30	DuSO 10 Úsek překládky UOS s VJP	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	3,600	-		3,600			
31	DuSO 11 Ražba sekce pro ukládání bet. kontejnerů - komora	KONVENČNÍ (CYKL.)	47.9	18	862	48.29	41,636	862		41,636			
32	DuSO 11 Ražba sekce pro ukládání bet. kontejnerů - rozšíření komory	KONVENČNÍ (CYKL.)	7.1	18	128	37.52	4,795	128		4,795			
33	DuSO 11 Ražba sekce pro ukládání bet. kontejnerů - ústí komory	KONVENČNÍ (CYKL.)	17.0	18	306	26.75	8,186	306		8,186			
34	DuSO 11 Ražba sekce pro ukládání bet. kontejnerů - rozšíření z přístupové chodby	KONVENČNÍ (CYKL.)	5.0	18	90	52.48	4,723	90		4,723			
35	DuSO 11 Ražba sekce pro ukládání bet. kontejnerů - přístupová chodba ke komorám	KONVENČNÍ (CYKL.)	647	1	647	29.23	18,912	647		18,912			
36	DuSO 12 Konfirmační laboratoř - technické zázemí laboratoře, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	1,222			1,222			
37	DuSO 12 Konfirmační laboratoř - část rozrážky pro TBM	KONVENČNÍ (CYKL.)	10	1	10	26.22	262	10		262			
38	DuSO 12 Konfirmační laboratoř - ukládací vrt vč. zátky	TBM (KONT.)	47.5	1	48	3.80	181		48		181		
39	DuSO 12 Konfirmační laboratoř - točna	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	73	-		73			
40	DuSO 13 Čerpací stanice, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	2	-	-	672	-		672			
41	DuSO 13 Jímka	KONVENČNÍ (CYKL.)	20	2	40	50.27	2,011	40		2,011			
42	DuSO 14 Rozvodna - úsek ražby, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	840	-		840			

P.č.	Popis	Ražba/výstavba [typ]	Jedn. délka [m]	Počet pol. [-]	Délka celkem [m]	Příčný průřez [m2]	Objem [m3]	Délka cykl. ražby [m]	Délka kont. ražby [m]	Objem cykl. ražby [m3]	Objem kont. ražby [m3]	Objem hloubících /zásypových prací [m3]	Obestavěný prostor/plocha hloubených objektů [m3] [m2]
43	DuSO 15 Rozvodna - úsek ukládání, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	840	-		840			
44	DuSO 16 Shromaždiště osob, stanice první pomoci a zkušebna, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	6,510	-		6,510			
45	DuSO 17 Dílny pro opravu a údržbu strojních mechanismů - úsek ražeb, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	1,176	-		1,176			
46	DuSO 17 Dílny pro opravu a údržbu strojních mechanismů - úsek ukládání	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	3,780	-		3,780			
47	DuSO 18 Sklad náhradních dílů, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	1	-	-	1,176	-		1,176			
48	DuSO 19 Sklad mazadel, úsek mytí a údržby, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	2	-	-	504	-		504			
49	DuSO 20 Sedimentační nádrž, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	2	-	-	6,300	-		6,300			
50	DuSO 21 Sklad výbušnin - chodby, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	224	1	224	15.90	3,556	224		3,556			
51	DuSO 21 Sklad výbušnin - komory, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	36	1	36	14.50	518	36		518			
52	DuSO 22 Požární sklad, +5% rezerva	KONVENČNÍ (CYKL.)	-	2	-	-	672	-		672			

* Obestavěná plocha je v daném sloupci buněk uváděná pro zajištění stavební jámy DuSO 04

V následujících tabulkách uváděné hodnoty představují objemy horniny v rostlém stavu, nikoliv nakypřené v podobě odtěžené rubaniny.

Tab. 44 – Tabulka celkových konvenčních ražeb pro dispoziční variantu D4

Konvenční ražba (cyklická):	
Délka:	46 699 m
Objem:	1 563 618 m ³

Do celkové délky ražeb jsou započteny pouze liniové DuSO (tunely, chodby, aj.)

Tab. 45 – Tabulka celkových strojních ražeb pro dispoziční variantu D4

Mechanizovaná strojní ražba (kontinuální):	
Délka:	126 838 m
Objem:	482 151 m ³

Do celkové délky ražeb jsou započteny pouze ukládací vrty (DuSO 09)

Tab. 46 – Objem ostatních prací pro dispoziční variantu D4

Objem hloubících prací:	571 816 m³
Objem zásypových prací:	414 092 m³
Obestavěný prostor DuSO 04:	148 107 m³
Obestavěný prostor hloubené části závěžecího tunelu:	9 617 m³

Tab. 47 – Celkový objem ražeb pro dispoziční variantu D4

RAŽBA CELKEM:	
Objem:	2 617 585 m³

V celkovém objemu ražeb je zahrnuta i rubanina z hloubících prací.

4.2.5 Zhodnocení dispozičních variant řešení

Z hlediska realizace děl v podzemí u lokality Janoch s ohledem na dispoziční uspořádání, technologii ražby, ovlivnění horninového prostředí a ostatní vlivy lze konstatovat následující:

- Celkové objemy výrubu a související objemy vhodných zpětných výplňových materiálů jsou maximální v případě varianty D1, jako nejušpornější se v tomto ohledu jeví varianta D3.
- Plošně nejušpornější co do rozsahu ukládacích prostor je varianta D2, varianta D4 je z hlediska plošného rozsahu nejméně úšporná. Z plošného rozsahu díla lze odvozovat i objemy přítoků podzemní vody do vyrubaných prostor, pro které tedy platí obdobné závěry.
- Rozsah, resp. velikost zóny poškození a narušení horninového masivu vlivem ražby vyplývá primárně z její technologie a užití trhacích prací. Obecně je z hlediska vzniku těchto zón šetrnější technologie kontinuální mechanizované ražby. Ve vztahu EDZ a EdZ k příčnému profilu důlních děl projektant považuje variantu D3 za variantu s nejnižšími dopady na EDZ a EdZ. Nejméně šetrnou variantou je v tomto ohledu varianta D2.
- Varianta D2 rovněž platí i za variantu s největším objemem využití trhacích prací. Varianta D3 pak platí za variantu z hlediska trhacích prací nejušpornější.
- S technologií ražby primárně souvisejí i předpoklady nutného vývoje razicích mechanismů. Ve variantě D3 horizontálního ukládání panuje v tomto ohledu nejvíce nejistot především v souvislosti s maloprofilovým vrtáním ukládacích vrtů.
- Volba technologie ražby má dopady i do nutného rozsahu inženýrsko-geologického průzkumu. Lze konstatovat, že pro varianty D1 a D3 uvažující mechanizované tunelování jako hlavní razicí technologii musí být této skutečnosti rozsah a zaměření průzkumu přizpůsobeno, uvedené varianty budou tedy z hlediska průzkumné činnosti platit za náročnější. Naproti tomu jako nejméně náročnou lze označit variantu D2 s největším zastoupením konvenčně ražených děl.
- Z dispozičního uspořádání podzemních prostor vyplývají i délky dopravních cest pro ukládání VJP. Tyto vzdálenosti mají dopad do doby zavážení UOS potažmo do celého procesu ukládání. Dopravní cestou je v případě vertikálního ukládání myšlena vzdálenost od hloubeného DuSO 04 (Příprava RAO a VJP) k nejvzdálenějšímu místu uložení UOS. U horizontálního ukládání je ve zhodnocení zohledněna delší, resp. časově náročnější z dvojice cest mezi jednotlivými překládacími uzly. První cestou je dopravní vzdálenost od DuSO 04 k DuSO 10 (Úsek překládky UOS s VJP), druhá je od DuSO 10 k nejvzdálenějšímu místu uložení UOS. Nejušpornější se z tohoto hlediska jeví varianta D1, nejméně úšporná naopak varianta D4.

Výše uvedená zobecnění podrobněji rozvádí

Tab. 48 pomocí stupnice od 1 (nejvýhodnější) do 4 (nejméně výhodné) pro jednotlivé dispoziční varianty řešení. Nelze však konstatovat, že se jedná o obecně platná tvrzení. S ohledem na rozdílné dispozice a místní podmínky v jednotlivých konkrétních lokalitách mohou vhodnosti jednotlivých hledisek ve variantách doznat i podstatných změn. Tuto úvahu je proto

třeba provést v rámci každé hodnocené lokality a zvolený variantní přístup řešení dále sledovat.

Tab. 48 – Porovnání dispozičních variant z různých hledisek

	DISPOZIČNÍ VARIANTA			
	D1	D2	D3	D4
Objem výrubu a zpětných výplní	4	3	1	2
Plošný rozsah ukládacích prostor	2	1	3	4
EDZ a EdZ	2	4	1	3
Nutný vývoj razicích technologií	2	1	4	3
Přítoky podzemní vody	2	1	3	4
Délka dráhy ukládání	1	2	3	4
Rozsah trhacích prací	2	4	1	3
Rozsah inženýsko-geologického průzkumu	4	1	4	2

4.3 Povrchová část HÚ – povrchový areál

Povrchový areál HÚ na lokalitě Janoch je podrobně zpracován v (NAVRÁTILOVÁ, V. et al., 2018). Předmětem tohoto dokumentu je aktualizace dispozičního řešení a ověření proveditelnosti podzemní části HÚ. Umístění PA a jeho vazba na zpracované střety zájmů (rovněž v (NAVRÁTILOVÁ, V. et al., 2018)) je tedy jedním z výchozích podkladů tohoto dokumentu.

Zpracovatel přitom uvádí, že zde navržené řešení podzemní část HÚ předpokládá určité změny (rozšíření) objektové skladby PA. To se týká zejména vyústění dvojice tunelů v PA a technologického zázemí strojně prováděných ražeb, jejichž realizace vyžaduje přísun technologické vody o objemu cca 1000 m³/den. V této souvislosti je tedy nutné nad rámec objektové skladby PA uvažované v (POSPÍŠKOVÁ, I. et al., 2011) předpokládat rovněž objekty napojení na zdroj technologické vody (vodoteč s dostatečným průtokem), nádrž na technologickou vodu a objekty pro recyklaci technologické vody (odkalovací jímky) pro její opětovné použití při ražbách.

Dle stávajícího návrhu PA (v (NAVRÁTILOVÁ, V. et al., 2018)) lze konstatovat, že jeho plocha je dostatečná k umístění uvedených objektů.

K doplnění informací, které mají vazbu na povrch území uvádíme následující kapitoly převzaté z (ZAHRADNÍK, O. et al., 2020).

4.3.1 Dopravní trasy od jaderných elektráren

Tato kapitola doplňuje informaci k železničnímu napojení o celkové přepravní vzdálenosti VJP z místa produkce (JE) do areálu HÚ. Kritériem pro návrh přepravní trasy je dosažení nejkratší přepravní vzdálenosti po stávajících tratích, které splňují požadavky nákladní přepravy, tedy především hmotnosti na nápravu alespoň 20 t.

Délky přepravních tras jsou stanoveny od výjezdu z areálu JE po vjezd do areálu HÚ. V poznámkách jsou uvedeny informace o plánovaných rekonstrukcích na uvedených tratích (modernizace, zkapacitnění) s informacemi o jejich případném vlivu na přepravní vzdálenosti.

JE Dukovany – HÚ Janoch

Přepravní trasa je vedena následovně: JE Dukovany – Rakšice – Střelice – Okříšky – Jihlava – Veselí nad Lužnicí – výh. Nemanice – Čičenice – Temelín – HÚ Janoch

Tab. 49 – Využití stávajících úseků veřejné železniční sítě – lokalita Janoch

Označení tratí dle knižního/nákresného jízdního řádu	Pojížděný úsek	Délka úseku [km]
244/323	Rakšice – Střelice	24
240/322	Střelice – Jihlava	91
225/701	Jihlava – Veselí nad Lužnicí ¹⁾	93
220/704	Veselí nad Lužnicí – výh. Nemanice ²⁾	33
190/709	vých. Nemanice – Čičenice ³⁾	25
-/708	Čičenice – napojení na vlečku HÚ Janoch	15

Tab. 50 – Přepravní trasa JE Dukovany – HÚ Janoch

Přepravní vzdálenost po vlečce JE Dukovany	16,3 km
Přepravní vzdálenost po veřejné železniční síti	281 km
Přepravní vzdálenost po vlečce HÚ	7,5 km
Přepravní vzdálenost celkem	304,8 km

JE Temelín – HÚ Janoch

Přepravní trasa je vedena následovně: JE Temelín – Temelín – HÚ Janoch

Tab. 51 – Využití stávajících úseků veřejné železniční sítě – lokalita Janoch

Označení tratí dle knižního/nákresného jízdního řádu	Pojížděný úsek	Délka úseku [km]
-/708	Temelín – napojení na vlečku HÚ Janoch	2

Tab. 52 – Přepravní trasa JE Temelín – HÚ Janoch

Přepravní vzdálenost po vlečce JE Temelín	2,3 km
Přepravní vzdálenost po veřejné železniční síti	2 km
Přepravní vzdálenost po vlečce HÚ	7,5 km
Přepravní vzdálenost celkem	11,8 km

Poznámky a vysvětlivky k tabulkám:

V rámci ČR je plánována výstavba vysokorychlostních tratí. Tyto tratě nelze pro přepravu VJP uvažovat, jelikož jsou navrhovány výhradně pro osobní přepravu.

¹⁾ Na železniční trati Jihlava – Veselí nad Lužnicí jsou v budoucnu plánovány dílčí úpravy tratě pro navýšení kapacity a rychlosti. Aktuálně je zpracovávána technicko - ekonomická studie, řešení není stabilizované. Vliv na přepravní vzdálenost by byl zanedbatelný.

²⁾ Úsek Veselí nad Lužnicí – výh. Nemanice je součástí IV. tranzitního koridoru s plánovanou zásadní modernizací, zdvojkolejněním a novou trasou v úseku Ševětín – výh. Nemanice, kde budou zřízeny dva dlouhé železniční tunely dl. cca 3 a 5 km. Trasa se zkrátí v řádu nižších jednotek kilometrů.

³⁾ Trať České Budějovice – Plzeň, do níž patří poslední úsek přepravní trasy na trati 190+191/709, by v budoucnu měla projít úpravami. Cílem úprav je zvýšení kapacity trati, v současnosti není řešení stabilizované. Vliv na přepravní vzdálenost by byl zanedbatelný.

4.3.2 Zacházení s rubaninou

V současné době není rozhodnuto o možnosti využití rubaniny při uzavírání HÚ jako složky výplňového materiálu a rovněž není možné předvídat její využití pro jiné účely (např. jako stavebního materiálu) v době její produkce. V dané fázi projektových příprav je proto nutné konzervativně uvažovat veškerou rubaninu jako materiál, se kterým bude se vypořádat buď jeho odvozem (se souvisejícím dopravním zatížením) nebo jeho ponecháním v místě produkce v podobě trvalé deponie (s významným zásahem do krajinného rázu).

Za rozumný způsob trvalého uložení rubaniny lze považovat její uložení v prostorech stávajících lomů v blízkosti místa produkce. Za účelem posouzení potenciálních úložných míst na lokalitách byly proto identifikovány stávající lomy ve vzdálenosti do 25 km od místa produkce rubaniny (navržené povrchové areály HÚ). Vzdáleností je přitom myšlena dojezdová vzdálenost po stávajících komunikacích bez ohledu na třídu komunikací a průjezd obcemi.

Tab. 53 – Identifikované stávající lomy na lokalitě Janoch

Název lomu	Využitelný objem [m ³]	Dojezdová vzdálenost [km]	Provozovatel
Slavětice	1 050 000	16,0	Reno šumava, a.s.

Pro identifikované lomy v daném dojezdovém perimetru byly spočítány objemy nyní vytěžených prostor. Úložná kapacita lomů byla uvažována jejich vyplněním bez přesypání, tedy po úroveň okolního terénu. Celková bilance rubaniny jednotlivých dispozičních variant HÚ (D1 – D4) ve vztahu ke kapacitě potenciálních úložných míst je uvedena v Tab. 54 .

Tab. 54 – Bilance rubaniny na lokalitě Janoch

Dispoziční varianta	Kapacita úložných míst [m ³]	Celkový objem rubaniny [m ³]	Přebytek rubaniny [m ³]
D1	1 050 000	7 491 000	6 441 000
D2		4 553 000	3 503 000
D3		2 928 000	1 878 000
D4		2 989 000	1 939 000

Objemy rubaniny jsou upraveny koeficientem nakypření 1,3. Objem rubaniny, a tedy i objem prostor nutných k jejímu uložení, je tedy uvažován jako 1,3 násobek objemu výrubu. Do celkového objemu rubaniny je započteno také hloubení a zpětný zásyp objektu DuSO 04.

V dané fázi projektové přípravy je nutno uvažovat identifikovaná úložná místa čistě jako potenciál lokality. Se stávajícími majiteli lomů nebylo zahájeno jakékoliv jednání o jejich budoucím využití, rovněž není zahrnuta budoucí těžba, a tedy navýšení kapacity lomů.

Zdrojem informací o stávajících lomech je surovinový informační systém České geologické služby a veřejně dostupné informace poskytované současnými provozovateli lomů.

Uvedené přebytky rubaniny a jejich vypořádání, tzn. odvoz či vytvoření trvalé deponie v místě produkce, není předmětem řešení tohoto dokumentu. Této problematice a rovněž případné komunikaci s provozovateli výše uvedených lomů bude nutné věnovat pozornost na vybraných lokalitách v dalších fázích projektových příprav.

5 Časová osa budování, provozu a uzavírání HÚ

5.1 Rozdělení životního cyklu na etapy

Vlastní životní cyklus HÚ dělíme pro účely cenového porovnání v čase do etap, které vycházejí z harmonogramu výstavby, provozu a uzavírání HÚ. Pro tyto účely jsme v této studii stanovili šest základních etap, které mohou být v dalších fázích projektu dále detailněji členěny, tak jak se bude zpřesňovat technické řešení HÚ.

Členění na etapy je provedeno následovně:

- **Etapa I.** Vybudování povrchového areálu včetně napojení na dopravní a technickou infrastrukturu, přístupu do podzemí na ukládací horizont, konfirmační laboratoře, prostor pro ukládání RAO, podzemní části objektu pro přípravu VJP a RAO k uložení, dále pak v případě horizontálního ukládání vybudování první ukládací sekce pro ukládání VJP, v případě vertikálního ukládání vybudování příslušné části první ukládací sekce pro ukládání VJP.
- **Etapa II. až V.** Současné budování následující sekce, respektive části sekce nebo následujících částí sekcí (podle způsobu ukládání) a současné zavážení sekce, respektive sekcí nebo částí sekcí vybudovaných v předcházející etapě. Přesné rozdělení zaplňování sekcí nebo jejich částí pro jednotlivé varianty je patrné z Tab. 55. Dále zde bude probíhat ukládání RAO, které bude podrobněji řešeno v dalších fázích projektové přípravy.

Tab. 55 - Harmonogram zaplňování sekcí v jednotlivých etapách výstavby

VARIANTA	ETAPA VÝSTAVBY	POPIS	POMĚR K CELKU
D1	II	29,8 % SEKCE I + 22,3 % SEKCE II	26.2%
	III	23,4 % SEKCE I + 25,9 % SEKCE II	24.6%
	IV	23,4 % SEKCE I + 25,9 % SEKCE II	24.6%
	V	23,4 % SEKCE I + 25,9 % SEKCE II	24.6%
D2	II	46,9 % SEKCE I	24.6%
	III	48,4 % SEKCE I	25.4%
	IV	4,7 % SEKCE I + 48,3 % SEKCE II	25.4%
	V	51,7 % SEKCE II	24.6%
D3	II	91 % SEKCE I	24.9%
	III	9 % SEKCE I + 90 % SEKCE II	24.9%
	IV	10 % SEKCE II + 100% SEKCE III	24.7%
	V	100 % SEKCE IV	25.4%
D4	II	95 % SEKCE I	24.9%
	III	5 % SEKCE I + 93 % SEKCE II	25.0%
	IV	7 % SEKCE II + 100% SEKCE III	24.5%
	V	100 % SEKCE IV	25.7%

Pozn.: pro účely této studie bylo určeno, že ukládání VJP do sekcí bude probíhat ve čtyřech etapách (etapa II. až V.). Tyto etapy dále respektují stanovené harmonogramy pro vertikální i horizontální ukládání. Toto rozdělení je nutné brát jako prozatímní (referenční), skutečný počet etap se bude v průběhu přípravy HÚ dále upřesňovat tak, jak se bude detailněji rozpracovávat projekt HÚ (např. tvar a velikost homogenního masivu, porušení diskontinuitami atp.).

- **Etapa VI.** Uzavírání poslední zavezené sekce VJP nebo poslední části sekce VJP, uzavření sekcí s RAO a plynulý přechod k uzavírání celého hlubinného úložiště

5.2 Přístup k stanovení harmonogramu HÚ

Jako východisko při vytváření harmonogramu byla použita metodika, vztahy, údaje, hodnoty a závěry z (GRÜNWALD, L. et al., 2018). Podrobný popis přístupu k stanovení harmonogramu HÚ je uveden v (GRÜNWALD, L. et al., 2018), v této kapitole jsou shrnuty pouze nejdůležitější informace.

Harmonogram HÚ respektuje navržená technická řešení a je zpracován pro variantu vertikálního a horizontálního ukládání a podle zvoleného převládajícího způsobu ražby.

V návaznosti na (GRÜNWALD, L. et al., 2018) počítá zpracovaný harmonogram s třisměnným provozem aktivních provozů HÚ v lokalitě Janoch.

Harmonogram vychází z časů uvažovaných pro jednotlivé operace během příjmu, manipulace a vyložení přepravního OS, přípravy UOS, manipulace s UOS a ukládání UOS.

Časy na manipulaci a vyložení přepravního OS a přípravu UOS k uložení nejsou závislé na variantě ukládání (horizontální nebo vertikální) a jsou uvedeny v (GRÜNWALD, L. et al., 2018).

Časy na manipulaci a vyložení přepravního OS a přípravu UOS k uložení jsou různé pro PS z VVER 440 a VVER 1000. Pro palivové soubory z NJZ se uvažují stejné operace a časy jaké se uvažují pro manipulaci, přípravu a uložení OS s VJP z VVER 1000 a jsou uvedeny v (GRÜNWALD, L. et al., 2018).

Časy potřebné na dopravu UOS na ukládací horizont a uložení UOS se liší podle varianty ukládání (horizontální nebo vertikální) a jsou uvedeny v (GRÜNWALD, L. et al., 2018).

5.2.1 Časová osa výstavby HÚ

Postup výstavby podzemní části primárně souvisí se souběhem několika hlavních procesů v průběhu životnosti úložiště:

- proces ověření podmínek – spočívá v ověření vhodnosti hostitelského prostředí pro uložení UOS prostřednictvím konfirmační laboratoře
- proces výstavby – spočívá v ražbě a výstavbě podzemních prostor, resp. jejich postupném rozšiřování v průběhu života hlubinného úložiště

- proces ukládání – spočívá v postupném zavážení a ukládání jednotlivých typů UOS do ukládacích vrtů v jednotlivých sekcích a výplň okolí UOS v ukládacím vrtu vhodným výplňovým materiálem
- proces uzavírání – spočívá v postupném plenění a zpětném vyplňování prostor s již uloženými UOS vhodným výplňovým materiálem, konkrétně se jedná o prostory zavážecích chodeb, páteřních chodeb, prostor technického zázemí, zavážecího tunelu a těžní a vtažné jámy.

Obecně lze konstatovat, že proces výstavby HÚ neprobíhá kontinuálně, ale je ovlivněn dalšími procesy (především ukládání UOS, dále výstavba inženýrských bariér, přestavba technologie atd.) tvořící kritická místa časové osy životnosti HÚ.

V rámci I. etapy životního cyklu úložiště tvoří proces výstavby kritickou cestu pro zahájení provozu. V tomto období probíhá ražba a výstavba podzemních prostor na horizont konfirmační laboratoře. Po vybudování konfirmační laboratoře je proces výstavby přerušen procesem ověření podmínek až do dokončení ověření vhodnosti hostitelského prostředí. Následně výstavba podzemních prostor pokračuje rozšířením prostor o technické zázemí, páteřních chodeb I. sekce a ukládacích prostor pro I. etapu. V tomto období tvoří proces výstavby kritickou cestu časové osy životního cyklu HÚ.

V dalších etapách již není proces výstavby dominantní z hlediska kritické cesty na časové ose.

Z hlediska postupu výstavby byl stanoven časový postup výstavby na 12 m/den kontinuální ražby na 1 čelbu. Tato hodnota vychází z kvalifikovaného odhadu projektanta a z jeho zkušeností s mechanizovanou ražbou TBM v podmínkách hardrock modu. V případě ražby konvenční je pak uvažováno s obdobnou rychlostí výstavby jako v případě kontinuální, a to z důvodu možnosti realizace ražeb na více čelbách zároveň.

5.2.2 Časová osa přípravy a ukládání UOS

Stanovení časové osy přípravy a ukládání UOS vychází z postupů uvedených v (GRÜNWARD, L. et al., 2018), kde veškeré činnosti počínaje přijetím přepravního OS až po finální uložení UOS jsou rozděleny na 3 fáze a to následovně:

Fáze 1	Vyložení VJP z OS a manipulace s přepravním OS
Fáze 2	Ukládání VJP do UOS a příprava UOS k uložení
Fáze 3	Manipulace a finální uložení UOS

Časy fází 1 a 2, tj. časy potřebné k přeložení VJP z přepravního OS a přípravy UOS k uložení, které jsou prováděny v objektu DuSO 04, jsou shodné jak pro vertikální, tak pro horizontální ukládání. Tyto operace jsou podrobně uvedeny v (GRÜNWARD, L. et al., 2018).

V (GRÜNWARD, L. et al., 2018) jsou dále uvedeny činnosti a časy ve fázi 3, tj. časy potřebné k manipulaci s UOS od jeho naložení v objektu DuSO 04 do jeho finálního uložení v ukládacím vrtu. Manipulace i časy ve fázi 3 uvažujeme shodné pro UOS s VJP z EDU, ETE i NJZ.

5.2.3 Časová osa provozu HÚ

Časová osa provozu HÚ je odvozena pomocí ročního počtu uložených UOS, který je získán z časové osy přípravy a ukládání pro 1 UOS, tak jak uvádí (GRÜNWARD, L. et al., 2018). Počet uložených UOS/rok je počet UOS, který je možné uložit za rok za předpokladu, že VJP je po nezbytném čase uložení od vyvezení z AZ k dispozici v potřebný čas a v potřebném množství. Počet uložených UOS za rok je ovlivněn jak možnostmi technologie HÚ, tak i produkcí VJP v čase. V Tab. 57 uvedený maximální počet uložených UOS za rok je dán pouze možnostmi technologie HÚ. Dále se předpokládá skutečnost, že v jednom okamžiku je do přípravy zapojeno více UOS nacházejících se v různých fázích přípravy a také logická návaznost jednotlivých činností.

Počet uložených UOS za rok v konkrétní etapě provozu HÚ je závislý na produkci VJP v příslušné elektrárně v čase a potřebné době skladování po vyvezení z AZ a je uveden pro jednotlivé varianty v Tab. 59 až Tab. 62. Produkce VJP v čase v jednotlivých elektrárnách je zatížena velkou měrou nejistot (zejména co se týká dosud nevyprodukovaného VJP), a proto byl pro účely sestavení harmonogramu HÚ přijat zjednodušující předpoklad lineární produkce VJP, a to od první výměny paliva v AZ prvního bloku dané elektrárny po dobu 60 let viz Tab. 56. Zanedbáno je tak postupné spouštění jednotlivých bloků v elektrárně, neplánované odstávky i případné postupné vyřazování z provozu jednotlivých bloků dané elektrárny. Předpokládané množství vyprodukovaného VJP k uložení je dáno zadaným počtem UOS pro daný typ paliva, který je uveden v Tab. 1.

Tab. 56 – Uvažované časy produkce VJP v jednotlivých elektrárnách

Elektrárna	1. výměna paliva	Ukončení provozu
	[rok]	[rok]
EDU	1986	2046
ETE	2001	2061
NJZ	2035	2095

Za výše uvedených předpokladů roční produkce VJP vyjádřená počtem UOS, které toto VJP zaplní, je pro EDU cca 52 UOS/rok, pro ETE cca 30 UOS/rok a pro NJZ cca 45 UOS/rok.

Ve skutečnosti nebude produkce VJP lineární, ale bude kolísat v čase v závislosti na mnoha očekávaných i neočekávaných faktorech. Proto byl v (GRÜNWARD, L. et al., 2018) stanoven i maximální počet UOS, který je možný uložit za 1 rok. Maximální počet UOS uložených za jeden rok provozu uvažovaný pro třisměnný provoz je uveden v Tab. 57 a nebude během provozu HÚ překročen.

Tab. 57 – Maximální počet UOS uložených za jeden rok provozu pro vertikální i horizontální ukládání

Druh UOS	Počet UOS za 1 rok
VJP z EDU	121-122 ks
VJP z ETE	111-112 ks
VJP z NJZ	111-112 ks

Doba skladování VJP v meziskladech uvažovaná pro tvorbu harmonogramu je stanovena na základě teplotních výpočtů a je uvedena v následující tabulce Tab. 58.

Tab. 58 – Doba skladování z jednotlivých zdrojů a celkový počet UOS

Druh UOS	Doba skladování	Celkem UOS
	[roků]	[ks]
VJP z EDU	65,0 – vertikální ukládání	3100
	65,0 – horizontální ukládání	
VJP z ETE	65,0 – vertikální ukládání	1800
	65,0 – horizontální ukládání	
VJP z NJZ	65,0 – vertikální ukládání	2700
	71,5 – horizontální ukládání	

Z uvažovaných časů produkce VJP v jednotlivých elektrárnách uvedených v Tab. 56 a z doby skladování VJP po vyvezení z AZ (viz. Tab. 58) dojdeme k předpokladu, že první palivo z EDU bude připravené k uložení v HÚ v roce 2051 (s produkcí 52 ks UOS/rok), první palivo z ETE bude připravené k uložení v roce 2066 (s produkcí 30 ks UOS/rok). V uvažovaném roce zahájení provozu HÚ (2065) tak bude možné zahájit ukládání UOS s rozumným využitím kapacity aktivních provozů HÚ v třisměnném provozu v následujících obdobích.

Dále se předpokládá i ukládání aktivovaného materiálu z vyřazování JE a jiného odpadu, který nelze uložit v přípovrchových úložištích.

Z požadavku ochrany masivu před zvětráním a nepříznivými dopady již zhotovených, ale prázdných ukládacích chodeb, bude ražení jednotlivých sekcí nebo části sekcí probíhat vždy až těsně před začátkem ukládání UOS v dané sekci nebo části sekce.

Ukládání začíná v II. etapě, následně pokračuje etapách III, IV a V. V následujících harmonogramech ukládání UOS předpokládáme, že nejprve se budou ukládat UOS s VJP z EDU a ETE, následně pak i z NJZ s rozdělením do etap v závislosti na variantách D1 – D4. Výše popsaný scénář ukládání se může ve skutečnosti lišit v závislosti na optimalizaci ukládání palivových souborů do UOS dle jejich stupně vyhoření a doby skladování a optimalizace ukládání UOS s jednotlivými typy VJP v sekci.

Po zvážení všech výše uvedených poznatků byly vypracovány pro jednotlivé varianty D1 až D4 harmonogramy provozu HÚ po jednotlivých etapách, a to pro třísměnný provoz (Tab. 59 - Tab. 62).

5.2.3.1 Harmonogram ukládání UOS podle etap – varianta D1

Tab. 59 - Harmonogram ukládání UOS – třísměnný provoz, varianta D1

Třísměnný provoz	Označení etapy	Začátek	Konec	Uložené UOS		Roční počet uložených UOS	Počet UOS v etapě
				Druh	Počet		
	[rok]	[rok]		[ks]	[ks]	[ks]	
II.	2065	2094	EDU	2280	76	3150	
			ETE	870	30		
			NJZ	0	-		
III.	2095	2125	EDU	820	50	2142	
			ETE	930	30		
			NJZ	392	28		
IV.	2126	2142	EDU	0	-	1156	
			ETE	0	-		
			NJZ	1156	68		
V.	2143	2159	EDU	0	-	1152	
			ETE	0	-		
			NJZ	1152	68		

5.2.3.2 Harmonogram ukládání UOS podle etap – varianta D2

Tab. 60 - Harmonogram ukládání UOS – třísměnný provoz, varianta D2

Třísměnný provoz	Označení etapy	Začátek	Konec	Uložené UOS		Roční počet uložených UOS	Počet UOS v etapě
				Druh	Počet		
	[rok]	[rok]		[ks]	[ks]	[ks]	
II.	2065	2091	EDU	2106	78	2886	
			ETE	780	30		
			NJZ	0	-		
III.	2092	2125	EDU	994	50	2364	
			ETE	1020	30		
			NJZ	350	25		
IV.	2126	2142	EDU	0	-	1190	
			ETE	0	-		
			NJZ	1190	70		
V.	2143	2159	EDU	0	-	1160	
			ETE	0	-		
			NJZ	1160	70		

5.2.3.3 Harmonogram ukládání UOS podle etap – varianty D3

Tab. 61 - Harmonogram ukládání UOS – třísměnný provoz, varianty D3

Třísměnný provoz	Označení etapy	Začátek	Konec	Uložené UOS		Roční počet uložených UOS	Počet UOS v etapě
				Druh	Počet		
	[rok]	[rok]		[ks]	[ks]	[ks]	
II.	2065	2091	EDU	1620	60	2400	
			ETE	780	30		
			NJZ	0	-		
III.	2092	2120	EDU	1480	51	2350	
			ETE	870	30		
			NJZ	0	-		
IV.	2121	2141	EDU	0	-	1395	
			ETE	150	30		
			NJZ	1245	59		
V.	2142	2166	EDU	0	-	1455	
			ETE	0	-		
			NJZ	1455	59		

5.2.3.4 Harmonogram ukládání UOS podle etap – varianty D4

Tab. 62 - Harmonogram ukládání UOS – třísměnný provoz, varianty D4

Třísměnný provoz	Označení etapy	Začátek	Konec	Uložené UOS		Roční počet uložených UOS	Počet UOS v etapě
				Druh	Počet		
	[rok]	[rok]		[ks]	[ks]	[ks]	
II.	2065	2091	EDU	1620	60	2400	
			ETE	780	30		
			NJZ	0	-		
III.	2092	2120	EDU	1480	51	2350	
			ETE	870	30		
			NJZ	0	-		
IV.	2121	2141	EDU	0	-	1395	
			ETE	150	30		
			NJZ	1245	59		
V.	2142	2166	EDU	0	-	1455	
			ETE	0	-		
			NJZ	1455	59		

6 Vyhodnocení kritérií dle MP.22

Vyhodnocení dle MP.22 v (NAVRÁTILOVÁ, V. et al., 2018) dokumentuje vlastnosti jednotlivých kritérií, které slouží k následnému procesu hodnocení. Tyto informace nejsou geofyzikálním výzkumem (MIXA, P. et al., 2019) dotčeny a stav prezentovaný v (NAVRÁTILOVÁ, V. et al., 2018) proto zůstává v platnosti.

Výjimkou je vyhodnocení kritéria *Velikost využitelného hominového masivu*, jehož procentuální vyjádření (ukládací plocha / celková plocha využitelná pro ukládání) pro jednotlivé aktualizované dispoziční varianty podzemní části HÚ je následující:

D1	24 %
D2	24 %
D3	37 %
D4	39 %

7 Nejistoty získaných informací

Tato kapitola souhrnně identifikuje možné nejistoty navržených řešení. U vybraných nejistot rovněž podává návrh na jejich minimalizaci, na dodatečný výzkum, vývoj, průzkum aj. Úvodem lze konstatovat, že z pohledu optimalizace podzemní části HÚ referenčního projektu na hypotetické lokalitě se nejistoty popsané v (POSPÍŠKOVÁ, I. et al., 2011) výrazně nezměnily.

7.1 Vstupní údaje

Přijaté vstupní údaje byly idealizovány s určitou přesností a jako takové jsou rovněž zdrojem nejistot. Jejich míru a podstatu popisují následující podkapitoly.

7.1.1 VJP

Množství UOS jednotlivých typů (VVER 440, VVER 1000, NJZ) je součástí zadání. Při stanovení uvažovaného středního tepelného výkonu UOS jednotlivých typů bylo vzhledem k akutní potřebě tepelných výpočtů využito znalostí o VJP cca k roku 2009 na elektrárnách a jeho stavu (konkrétní typ a vyhoření). Tyto podrobné podklady jsou součástí zadavatelem předané zprávy (POSPÍŠKOVÁ, I. et al., 2009) a novější údaje nebyly známy. V rámci projektu proběhla snaha o aktualizaci těchto dat k současnému stavu (viz zápisy z kontrolních dnů), avšak ani v dohledné době, vzhledem k datu ukončení projektu, nebudou data z jaderných elektráren v oficiální podobě technické zprávy k dispozici. Prognózy produkce paliva v současných elektrárnách do konce jejich životnosti jsou extrapolací a mohou být za předpokladu dobrého odhadu životnosti elektráren relativně přesné. Nejistoty u nich souvisí především se zavážením nových typů paliv a jeho dosahovaného vyhoření. Velkou neznámou je palivo z nového jaderného zdroje, kdy není znám typ reaktoru, a tedy ani typ a množství budoucího VJP a prognózy v tomto směru jsou pouhými odhady. Prognózy stavu paliva, tj. vyhoření, a tedy i zbytkového výkonu paliva, jsou dělány konzervativně, takže lze očekávat naddimenzování úložiště. Nejpřesněji je z uvedeného pohledu popsáno VJP z VVER-440, větší nejistoty (spojené s delším budoucím odhadovaným provozem ETE) jsou u VJP VVER-1000 a odhady VJP z NJZ jsou velmi konzervativní.

Uvažovaná podoba UOS vychází ze současného návrhu, který je podrobněji zpracováván v rámci výzkumu a vývoje ukládacího obalového souboru pro hlubinné ukládání vyhořelého jaderného paliva do stádia realizace vzorku (KOTNOUR, P. & MATOUŠEK, J., 2018). Lze ještě očekávat drobné změny v konstrukci, materiálech i rozměrech UOS. Tyto změny by však neměly být nikdy doprovázeny zhoršením odvodu tepla, protože tato vlastnost výrazně limituje rozteče UOS a tunelů v úložišti.

Nejistot okolo vlastností bentonitové vrstvy je značné množství. Pro tepelné výpočty jde např. o odhadovaný součinitel tepelné vodivosti tohoto materiálu a jeho případné časové změny, řešení rozhraní UOS/bentonit a rozhraní bentonit/HB. Přijaté předpoklady jsou proto značně konzervativní. Je zapotřebí upřesnit a minimalizovat tloušťku této vrstvy přijatelnou z hlediska pevnosti a technologie ukládání (vrty, souosost vrtu s UOS, plnění bentonitem apod.) a upřesnit součinitel tepelné vodivosti bentonitu, který je oproti jiným dostupným zdrojům nižší. Většina studií uvažuje součinitel tepelné vodivosti bentonitu vyšší, např. 1W/mK (IKONEN, K. a RAIKO, H., 2015) nebo podrobněji rozepsaná variabilita této veličiny v (HÖKMARK, H., LÖNNQVIST, M. et al., 2009). Důležité je též popsat a zajistit vhodnou podobu rozhraní UOS-

bentonit a bentonit-HB. Výzkum a nová řešení v této oblasti mohou významným způsobem ovlivnit rozteče mezi UOS, a tedy ve výsledku zmenšit rozměry úložiště.

Mnohé z vlastností potenciálně využitelných horninových bloků, které jsou důležité pro tepelné výpočty, jsou dosud velmi zjednodušovány. Bude zapotřebí upřesnit počáteční teplotu v HB a zejména součinitel tepelné vodivosti. Obě charakteristiky značně ovlivňují výsledky optimalizace a konzervativnost zde vede k příliš velkým roztečím UOS. Odhadnout míru neurčitosti v tomto směru však nelze bez podrobnějších informací z průzkumu. Dosud neřešenou otázkou je míra homogenity termofyzikálních charakteristik v HB a jejich vliv na lokální teplotní pole. Homogenitu lze přitom chápat jak z pohledu kompaktního HB, tak vlivu poruch v HB. Rovněž dosud nejsou řešeny termofyzikální vlastnosti horniny v okolí HB, které hrají roli při výpočtech dlouhodobých teplotních charakteristik úložiště. Jejich vliv na optimalizaci roztečí je však malý a možná nekonzervativnost v tomto směru není rozhodujícím faktorem snižujícím bezpečnost.

Další snížení konzervativnosti lze provést podrobnějším studiem a upřesněním stavu VJP z elektráren, dobou jeho skladování, optimalizací konstrukce UOS pro optimální odvod tepla apod.

Nejistotami týkající ukládání VJP se zabývá kap. 7.2.1.2.

7.1.2 RAO

Množství odpadů, které bude nutno uložit a v jaké formě je stanoveno pouze odborným odhadem, je nutno postupně zpřesňovat množství a způsob uložení a tím i stanovit velikost ukládacích prostor. Nejistotami týkající se samotného ukládání RAO se zabývá kap. 7.2.1.3.

7.1.3 Legislativní požadavky

Legislativní požadavky jsou podrobněji zpracovány v (GRÜNWARD, L. et al., 2018). Případné nejistoty a rizika se současnou legislativou ČR spojené jsou součástí závěrečné zprávy.

7.1.4 Inženýrsko-geologické a hydrogeologické poměry

Umístění podzemní části HÚ se předpokládá ve zdravých skalních horninách. V době zpracování studie umístitelnosti v lokalitě Janoch byl zpracován detailní hydraulický model (JANKOVEC, 2020b) popisující hydrogeologické poměry. V rámci návrhu pro studii umístitelnosti se očekává zvýšený přítok vody pouze v místech průchodu liniových důlních děl zlomovými systémy, kde je pohyb podzemní vody omezen na pukliny a tektonické zóny horninového masívu.

Znalost geologických poměrů se nicméně omezuje na data z 3D regionálních a strukturně-geologických modelů. Jejich validita závisí na přesnosti vstupních údajů a míře aproximace při jejich zpracování. Nepřesnosti 3D modelů přináší nejistoty v navrženém technickém řešení. Nejcitlivější na změny jsou v tomto ohledu navržené ukládací prostory spjaté s podklady v podobě strukturních zlomů jednotlivých kategorií, resp. potenciálně využitelných horninových bloků. Bližší informace jsou k dispozici v příslušných zprávách k regionálním a detailním strukturně-geologickým 3D modelům lokality Janoch (MIXA, P. et al., 2019) a (MIXA, P. et al., in print).

Geologické a hydrogeologické poměry jsou rovněž zcela zásadním faktorem pro volbu technologie ražby. Přičemž pro návrh tunelovacího stroje TBM jsou informace o geotechnických podmínkách trasy tunelu zásadní a přímo ovlivňují vlastní konstrukci stroje, potažmo vstupní investiční náklady na jeho pořízení.

Technické řešení podzemní části HÚ vyžadovalo stanovení okrajových podmínek jeho návrhu. Jelikož nebylo možné při současné míře poznání vždy získat exaktní informace, bylo nutné v radě případů dojít k jejich určení na základě idealizace, zjednodušení a empirie s přihlédnutím na odborné zkušenosti, znalosti a studium odborné literatury zabývající se danou problematikou. Tyto předpoklady jsou přesto zdrojem nejistot a na podobu a umístění podzemní části HÚ mají podstatný vliv.

Výčet vybraných předpokladů:

- Nejsou známy přesné údaje o průběhu hlavních diskontinuit (zlomů)
 - ⇒ Průběh zlomů 1. a 2., které vymezují potenciálně využitelné bloky v ukládacím horizontu VJP je generalizován. V případě, že není známa orientace zlomových ploch na povrchu nebo nejsou k dispozici strukturní měření průběhu foliací, aj., bylo přistoupeno ke svislému promítnutí těchto zlomů napříč výškovými horizonty.
 - ⇒ Uvažuje se s 20% rezervou na ukládací prostory s ohledem na výskyt zlomů 3. kategorie
- Zpracovatelům studie nejsou známy údaje o zvodnění (vydatnosti) těchto zlomů a chemickém složení
 - ⇒ Předpokládáno nepropustné a suché prostředí bez stanovení jakýchkoliv hydrogeologických parametrů
- Nedostatečné údaje o geotechnických vlastnostech horninového prostředí (pevnostní a přetvárné parametry hornin)
 - ⇒ Stanoveny jsou pouze parametry hornin z výchozů na této lokalitě: objemová hmotnost horniny, pevnost v prostém tlaku, pevnost v prostém tahu
- Chybějící údaje o napjatosti horninového masívu – primární x sekundární napjatost
- Chybějící údaje o technických vlastnostech horninového masívu – trhatelnost a rozpojitelnost hornin, vrtatelnost, abrazivita

Více informací regionálního a detailního modelu na lokalitě Janoch a dalších nejistotách jsou k dispozici v příslušných zprávách věnující se tvorbě těchto modelů (MIXA, P. et al., 2019) a (MIXA, P. et al., in print).

Obecně je důležité nadále prohlubovat znalosti o zájmovém území. Bude nutné provést podrobný a případně doplňkový inženýsko-geologický a hydrogeologický průzkum. Při jeho návrhu je s ohledem na složitost problematiky HÚ nutné dbát na komplexnost průzkumných prací.

7.2 Technické řešení podzemní části HÚ

Řešení podzemní části HÚ, její napojení na povrchový areál, umístění svislých důlních děl ústících na povrch, umístění ukládacích prostor a technického zázemí, bylo během návrhu podstupováno multikriteriálnímu hodnocení z hlediska jeho vhodnosti za dodržování okrajových podmínek tohoto návrhu. V konečném návrhu bylo nutné zhodnotit dostupné

znalosti o morfologii terénu, geologických a hydrogeologických poměrech, dostupných technických a technologických možnostech, následně ekonomická a časová náročnost řešení a jiné vstupní údaje studie. Všechny tyto podmínky jsou ovšem zatíženy větší či menší mírou nejistoty, které jsou blíže popisovány v jednotlivých podkapitolách.

7.2.1 Koncepce HÚ

Studie umístitelnosti převzala výstupy z (GRÜNWARD, L. et al., 2018) a některé další základní principy z (POSPÍŠKOVÁ, I. et al., 2011) a (HOLUB, J. et al., 1999). Přijaté koncepční řešení jako takové ovšem může rovněž doznat na základě dalších aktualizací, výzkumných a vývojových prací, případně s ohledem na nové zahraniční zkušenosti, značných změn.

7.2.1.1 Umístění DuSO 04

Navržené řešení umístění DuSO 04 jako hloubeného objektu v maximální míře zachovává principy řešení dle (POSPÍŠKOVÁ, I. et al., 2011) v oblasti bezpečnosti manipulací s VJP, RAO a všemi typy OS a respektuje možnosti lokality při snaze minimalizovat ekonomické nároky řešení.

Nejistotou však vždy zůstane budoucí technické řešení tohoto uzlu ve vazbě na způsob jeho provedení (hloubený z povrchu vs. ražený), které má zásadní vliv na ekosystém lokality. Snahou budoucích řešení by tedy měla být optimalizace činností v HK, minimalizace skladových ploch ve vazbě na manipulační techniku a obestavěný prostor.

7.2.1.2 Ukládání VJP

Odhlédneme-li od skutečnosti, že je nutno přesně definovat a zkonstruovat inženýrské bariéry, což je především námětem pro další vývoj, celý proces ukládání VJP v sobě skrývá několik typů nejistot:

- **Manipulační techniku na ukládacím horizontu**

Byly zpracovány studie robotizace zakládání UOS, ale zatím pouze pro horizontální způsob ukládání, vertikální je nutno ještě dořešit. Robotizované prostředky budou klást nároky a omezení pro konstrukci a návrh ukládacího horizontu, které nyní jsou zohledněny jen částečně, resp. v hloubce současného poznání. Tedy nejistotou je možný dopad těchto systémů do konstrukce a návrhu řešení po dopracování konečného technického řešení tohoto způsobu ukládání (zvláště pro vertikální ukládání, kde je znalostí pro manipulace minimum) a též mohou ovlivnit zřejmě i způsob provádění. Nejistotou v souvislosti s manipulační technikou na ukládacím horizontu je také rychlost ukládání. Studie robotizace zakládání UOS (SKAŘUPA, J. et al., 2017) zatím nejsou do takové podrobnosti zpracovány, respektive pro vertikální ukládání nejsou zpracovány vůbec, proto jsou v této studii přijaty předpoklady uvedené v kapitole 9.2.2. ve zprávě (GRÜNWARD, L. et al., 2018). Na základě bližšího prozkoumání dané problematiky bude možné dále upřesnit harmonogram přípravy a ukládání UOS s možným dopadem do celkového harmonogramu HÚ.

- **Způsob ukládání ve vazbě na potenciálně homogenní horninový masiv**

Není dostatečně přesně známa velikost potenciálně homogenního horninového masivu. Tato skutečnost tedy může ovlivnit uspořádání podzemní části HÚ (ukládacích sekcí) a návazně způsob ukládání. Pro vertikální způsob je zapotřebí menší plochy homogenního masivu. Tato nejistota bude částečně odstraněna detailním geologickým průzkumem. Je tedy nutno vyvíjet

oba způsoby ukládání a snažit se o maximální možnou unifikaci páteřních chodeb a podzemních děl, aby byla v procesu přípravy HÚ možnost volby způsobu ukládání dle aktuální situace.

7.2.1.3 Ukládání RAO

Není dořešen způsob a metodika zaplňování již naplněných komor vhodným výplňovým materiálem a jejich utěsnění ve vrchlíku komory z důvodu smršťování výplňové směsi při tuhnutí.

Ukládání BK s RAO je v rámci tohoto projektového řešení sice uvažováno ve dvou řadách nad sebou, ale s ohledem na velikost ukládací komory RAO se nabízí otázka ukládat BK s RAO ve třech řadách nad sebou. Odpověď na tuto otázku bude dána statickým posouzením integrity první řady uložené na počvě a průkazem manipulovatelnosti BK s RAO při ukládání do třetí řady. Jak bylo uvedeno, tak tato úvaha ve své podstatě vede teoreticky k úspoře počtu ukládacích komor.

7.2.1.4 Geometrie ukládacích prostor

Kolem geometrie ukládacích prostor panuje řada nejistot, které se vážou na znalosti potenciálně využitelných bloků (geometrie, fyzikální a technologické vlastnosti, zlomové systémy), manipulační techniky HÚ a jejích požadavků, technologii ražeb a výstavby, nejistotám okolo UOS, samotného VJP a harmonogramu jeho ukládání. Vybrané nejistoty (teplotní a pevnostně přetvárné parametry HB) ovlivňují geometrii ukládacích prostor jejich vstupem do provedených tepelných a statických výpočtů. Nejistoty týkající se prováděných výpočtů jsou popsány níže.

Tepelné výpočty

Tepelné výpočty úložiště jsou řešeny pomocí zjednodušeného analytického modelu, který uvažuje homogenní prostředí HB a ukládání v jednom časovém okamžiku. Vliv nehomogenit HB lze řešit až na úrovni numerických výpočtů s přesnějšími geologickými informacemi o HB a jeho termofyzikálních vlastnostech. Analýzy postupného zavážení UOS do úložiště byly řešeny prozatím pouze na úrovni zjednodušené analýzy, popsané podrobněji v závěrečné zprávě (KOBYLKA, D.; FEJT, F., 2017), a době ukládání jednoho UOS do cca 7,5 dnů neprokazují významný vliv tohoto faktoru.

Statické výpočty

Stanovení minimálních osových vzdáleností ukládacích prostor pomocí statických výpočtů vychází tak jako u tepelných výpočtů ze zjednodušeného modelu, který uvažuje rovněž homogenní prostředí HB. Vliv mechanických vlastností hornin ve vztahu ke geologickým a hydrogeologickým poměrům HB je možno řešit až na základě výsledků podrobného geologického průzkumu. Dosavadní statické výpočty vycházely z průměrných hodnot výsledků zkoušek základních pevnostních a fyzikálních vlastností vzorků hornin, které byly odebrány z výchozů na povrchu.

7.2.1.5 Ražba a výstavba

Bezpečný a ekonomický návrh zajištění výrubu závisí na míře poznání horninového prostředí, ve kterém bude důlní stavební objekt realizován. Informace o podzemí jsou v tomto ohledu pro optimální ekonomický návrh nedostatečné. Proto bylo nutné přijmout řadu výchozích

konzervativních předpokladů bez možnosti jejich verifikace. Při vytváření podkladových studií jednotlivých lokalit pro potřeby zúžení jejich počtu, avšak bylo u stanovování těchto předpokladů postupováno systematicky vždy stejně. Díky této skutečnosti lze konstatovat, že daný postup umožňuje jednotlivé varianty mezi sebou objektivně porovnat a dá se zároveň předpokládat, že detailnější prozkoumanost zájmového území může přinést úsporu nákladů.

Vznik a vývoj EDZ (zóny poškození v důsledku ražby), u které je riziko výskytu otevřených diskontinuit pro případnou migraci radionuklidů a šíření tepla v částečně rozpukaném masívu kolem výrubu, je otázkou, u které existuje řada neznámých. Odpovědět na tyto otázky si klade za úkol výzkumná podpora pro bezpečnostní hodnocení hlubinného úložiště. Při stanovování velikosti ovlivnění (EDZ) bylo přihlédnuto k zprávě (VAVRO, M. et al., 2016). Jak už bylo uvedeno, tak charakter a vývoj EDZ má vliv na bezpečnost úložiště, robustnost inženýrských řešení, a tedy i na použitou technologii rozpojování. V současné době nelze bezvýhradně převzít závěry zmiňované práce především z důvodů více či méně rozdílných průřezů ražených děl, odlišných napjatostních podmínek, použitých technologií a jiných vlivů. Z těchto důvodů bylo při stanovování velikosti EDZ pro návrh geometrie ukládacího uzlu přistupováno konzervativně. Pro jeho optimalizaci se doporučuje provedení vlastního výzkumu s využitím fyzikálního a matematického modelování, monitoringu vzniku a vývoje EDZ v adekvátních geologických podmínkách při použití stejné technologie ražby, která bude použita při výstavbě HÚ.

Kapitola 4.2.5 se dotkla nutnosti vývoje technologií pro ražby. Především plnoprofilová ražba metodou TBM u slepých subhorizontálních vrtů daného průměru a délky v kvalitativně srovnatelných horninách nebyla dosud dle dostupných informací ve světě provedena. Problematické může být především vyvinutí potřebného torzního momentu pro mechanické rozpojení mateční horniny dlátem. U maloprofilových vrtů je rameno sil menší, a proto musí být naopak výsledná působící síla mnohem vyšší než u vrtů větších průměrů. V takto kvalitních horninových podmínkách může být tato otázka obtížně technicky a ekonomicky řešitelná.

Obecně pro technologie ražeb platí, že je důležité nadále sledovat vývoj dostupných technologií a navázat úzkou spoluprací s výrobcem a dodavatelem těchto technologií. Pouze tímto způsobem bude možné provést optimální návrh, který bude nejlépe respektovat konkrétní podmínky a potřeby HÚ.

7.2.1.6 Nakládání s rubaninou

Transport rubaniny na povrch je činnost, kterou lze po technické stránce provádět mnoha způsoby. Ve studii umístitelnosti v lokalitě Janoch se uvažuje se dvěma alternativními možnostmi odtěžení rubaniny z podzemní části HÚ na povrch odtěžovacím tunelem, a to kolovou dopravou a pásovými dopravníky. Optimální a definitivní návrh harmonogramu stavebních prací a zásad organizace výstavby zpracovaných variant transportu rubaniny bude možné provést až po zpracování detailnějších studií nebo projektů.

Ve volbě výsledného řešení hraje podstatnou roli otázka podoby výplňového materiálu pro zpětné zavezení podzemních prostor během likvidace HÚ. Primárně uvažovaný vhodný výplňový materiál v této studii je uvažován ve formě bentonitové výplně. Je třeba ovšem zvážit možnosti použití směsi bentonitové výplně s rubaninou či jiných materiálů. V dalších fázích procesu přípravy HÚ je proto nutné prověřit optimální složení vhodného výplňového materiálu a využitelnost části rubaniny jako jeho potenciální součást (více v kap. 7.2.1.11). Volbu způsobu hospodaření s rubaninou bude třeba také zvážit s ohledem na povolovací proces

(EIA) a rovněž s ohledem na zvolený materiál pro zavážení podzemních prostor HÚ během fáze jeho uzavírání.

Z hlediska nakládání s rubaninou v podzemí bude zásadní logistika provozu celého úložiště během procesu manipulace s rubaninou dle zásad organizace jeho výstavby. Nejistoty v tomto ohledu vyplývají jak z technických limitů použité mechanizace, tak prostorových podmínek výsledného dispozičního řešení. Tyto nejistoty mají ve svém důsledku dopady do časových vazeb dopravy rubaniny na povrch, resp. především v 1. etapu výstavby budování HÚ (tedy do zavezení prvního UOS), může kritickou cestu výstavby tvořit právě doprava rubaniny.

Zacházení s rubaninou bude mít v každém případě vliv na okolí povrchového areálu. V této studii je uvažováno s uskladněním veškeré rubaniny v blízkém okolí její produkce, a to formou vyplnění stávajících lomů po úroveň původního terénu. V tomto ohledu panuje celá řada nejistot v souvislosti s budoucím využitím potenciálních úložných míst (lomů), jednání s jejich provozovateli apod. Rovněž lze uvažovat využití produkované rubaniny jako kvalitního stavebního materiálu. Tyto možnosti jsou však v dané fázi projektových příprav pouze v rovině úvah a v dalších fázích (po zúžení počtu lokalit) je třeba jim věnovat náležitou pozornost.

7.2.1.7 Technické zázemí HÚ

Prostory pro technické zázemí podzemní části HÚ jsou navrženy s ohledem na technologie v současné úrovni poznání a dostupné parametry. Při jejich projektování se vycházelo z (GRÜNWARD, L. et al., 2018) a bylo přihlíženo k předchozím referenčním projektům (HOLUB, J. et al., 1999) a (POSPÍŠKOVÁ, I. et al., 2011). Zpracovatel studie umístitelnosti vnímá poměrně značné nejistoty v požadavcích na technické zázemí provozu přípravy a ukládání na horizontu ukládání VJP. S jistotou nelze v tuto chvíli stanovit ani detailní požadavky na technické zázemí úseku ražeb.

7.2.1.8 Odvodnění

Jelikož nebyl podkladem studie umístitelnosti žádný hydrogeologický model, může být navržené odvodnění podzemní části HÚ a čerpání důlních vod z podzemí zatíženo poměrně velkou nejistotou.

7.2.1.9 Větrání

Pro budoucí potřeby zpřesnění návrhu systému větrání je nutná podrobná znalost termodynamických a aerodynamických jevů v důlním díle v konkrétní lokalitě, tak i podrobné dlouhodobé mikroklimatické vlivy v dané oblasti.

Větrání podzemních chodeb a prostor je nutné provádět vždy nuceně. Snížení příp. zvýšení potřebného výkonu lze dosáhnout za využití přirozeného proudění vztlakem mezi vtažnou jámou a portály zavážecího a odtěžovacího tunelu. Po dokončení ražeb přístupových chodeb a podzemního technologického zázemí není zcela jednoznačné, zda a v jaké míře je účelné využívat vtažnou jámu pro větrání HÚ během ukládání.

Z hlediska způsobu ukládání VJP nejsou dosud kladeny žádné zvláštní podmínky na intenzitu větrání vyražených prostor. V tomto návrhu se tedy v základu vychází z předpokladu, že dostačujícím parametrem zajišťujícím potřebnou kvalitu ovzduší v podzemních prostorech bude zajištěno při intenzitě větrání 0,3-0,5 h⁻¹. Vzhledem k tomu, že se jedná pouze o předpoklad, tak i takto stanovená míra větrání je zatížena nejistotou. Minimální požadavky

na zajištění kvality vnitřního mikroklimatu dle báňské legislativy jsou ale po celou dobu výstavby HÚ a ukládání VJP splněny.

Průtok vzduchu je vždy svázán s potřebným dopravním tlakem. Vzhledem k proměnným přístupovým a zavážecím trasám v jednotlivých variantách je nutné zpřesnit přirozený tlakový spád a směr proudění v proraženém důlním díle během všech etap výstavby a při 40%; 60% a 80% využití plochy zavážecích chodeb s případným dopadem do změny teploty vlivem ohřevu masivu tepelným výkonem VJP.

Uvedené způsoby větrání podzemních chodeb a prostor jsou navrženy s tím předpokladem, že bude nutné blíže stanovit výhodnost větrání s nebo bez využití vtažné jámy ve vztahu k technologicko-ekonomickému řešení vyplývajícího z navrženého systému větrání. Technologické hledisko spočívá především v určení úseků přístupových chodeb nebo úpadních tunelů, ve kterých budou umístěny proudové ventilátory vč. dopadů do možností silnoproudé vybavenosti a napájení. Ekonomické hledisko spočívá především posouzení technického postupu ražeb a nutného způsobu větrání patřičným objemovým průtokem. Je nutné vypracování podrobné analýzy mikroklimatických změn důlního ovzduší během roku a možností větrání vzhledem k optimálnímu využívání přirozeného proudění vtažnou jámou a nuceného proudění pomocí proudových ventilátorů.

Intenzita větrání dlouhých úseků vyražených nebo ražených tunelů, ve kterých má být zajištěna požadovaná kvalita prostředí vlivem přívodu čerstvého vzduchu ovlivňuje čas, za který může být daný úsek spolehlivě vyvětrán, což má dopad také do harmonogramu postupu ražeb.

7.2.1.10 Monitoring

Monitoring je nedílnou součástí přípravných prací, ražeb, výstavby, ukládání, uzavírání a kontroly v okolí uzavřeného úložiště.

Monitoring podzemní části je v současné době podrobněji zpracováván v návrhu monitorovacího plánu (SVOBODA, J. et al., 2019). V době zpracování studie umístitelnosti ovšem nebyl podrobnější návrh monitoringu pro sledování HÚ komplexně zpracován.

7.2.1.11 Uzavírání HÚ

Nejistoty uzavírání HÚ vyplývají jednak z nejistot řešení inženýrských bariér, tak z požadavků na plenění podzemních prostor a konkrétních místních podmínek, které se mohou lišit od přijatých zjednodušujících předpokladů. V případě zpětného vyplnění prostorů jde konkrétně o specifikace vlastností použitých materiálů, možnosti jejich výroby, technologie jejich uložení, hutnění. Na toto téma je v rámci projektu „Výzkumná podpora pro projektové řešení hlubinného úložiště“ zpracováván dílčí projekt „Konstrukční řešení inženýrských bariér, technologie jejich výroby a výstavby“, který tyto okolnosti částečně postihuje. Zásady organizace uzavírání HÚ pak musí vyjít z konkrétních podmínek HÚ a zohlednit místní dispoziční, fyzikální, geologické, hydrogeologické, ekonomické, provozní a enviromentální vlivy.

Zásadními otázkami v tomto ohledu jsou možnosti ponechání stavebních a jiných konstrukčních materiálů v rušeném HÚ (s ohledem na preferenční cesty šíření radionuklidů), podoba zátek, vlastnosti a typ výplní rušených prostor – výplňový materiál, tlumící materiál

(bentonit, bentonitové pelety, směs bentonitu a rubaniny, aj.), technologie a logistika jejich ukládání.

V dalších fázích procesu přípravy je ale nutné prověřit optimální složení výplňového a tlumícího materiálu jak z hlediska jeho požadovaných technických vlastností, vhodnosti v daném prostředí, tak ekonomické výhodnosti. Je nutné posuzovat vhodnost užitých materiálů s přihlédnutím na možnou vzájemnou interakci. Jako vhodné varianty úspor v řešení výplňových materiálů, které by měly být dále sledovány, se nabízí využití směsných materiálů bentonitu a rubaniny (mísených v optimálním poměru na základě další výzkumné činnosti) či využití jiných dostupných materiálů (např. samozhutnitelné popílkové směsi, betonové směsi a jiné). Použití těchto alternativních materiálů může být vhodné zejména pro zaplnění ukládacích sekcí RAO, hlavních přístupových děl a jiných přidružených prostor. K použitým výplňovým a tlumícím materiálům se váže nejistota kolem použité mechanizace pro manipulaci s těmito materiály a stanovení adekvátního technologického postupu provádění zpětného zaplňování důlních stavebních objektů.

7.2.2 Délka provozu HÚ

Jedním z rozhodujících faktorů, který zásadním způsobem ovlivňuje cenu HÚ, je délka provozu HÚ. Tedy optimalizace délky provozu (časové osy ukládání VJP) je důležitým faktorem, který je nutno při všech optimalizacích mít na zřeteli.

Pro tvorbu časové osy je rozhodující doba ukládání inventáře VJP a RAO. Vlastní doba výstavby HÚ, tj. ražby podzemních stavebních objektů, zejména ukládacích vrtů a chodeb, není pro tuto časovou osu rozhodující, neboť je kratší než doba ukládání VJP do jednotlivých sekcí.

Časová osa provozu HÚ je tedy závislá především na rychlosti ukládání UOS, množství VJP a jeho dostupnosti v čase. Při stanovení rychlosti ukládání UOS vycházíme z předpokladů popsanych v kapitolách 5.2.1, 5.2.2 a 5.2.3. Množství ukládaných UOS je aktualizované na základě prodloužení doby provozu stávajících JE.

Dostupnost VJP dochlazeného na úroveň požadovanou pro jeho uložení je v čase závislá na jeho produkci v JE a době uložení ve skladu, resp. meziskladu. U stávajících zdrojů je produkce VJP od zahájení jejich provozu do současnosti známá, produkce v dalších obdobích predikovatelná s určitou mírou nepřesností.

Velkou mírou nejistoty je zatížena produkce VJP z NJZ. Na odhad množství VJP v čase má podstatný vliv jak počátek uvedení NJZ do provozu, tak i doba následného skladování VJP. Dále je pro NJZ v tuto dobu nejasná produkce VJP v čase.

Aby studie mohla být dokončena, musely být učiněny základní předpoklady řešení, mezi něž patří, že pro ukládání UOS z NJZ je učiněn předpoklad zahájení provozu NJZ v roce 2035 a následné skladování VJP v meziskladu po dobu 75,0 let v případě vertikálního ukládání a po dobu 80,0 let v případě horizontálního ukládání. Dále byl v této studii přijat předpoklad, že rychlost produkce VJP z NJZ je lineární po dobu její plánované životnosti 60 let. Ve skutečnosti bude pravděpodobně produkce VJP kolísat v čase v závislosti na náběhu provozu a plánovaných i neplánovaných odstávkách.

Na základě nových informací bude nutné v budoucnu tento předpoklad dále revidovat a zpřesňovat na základě výběru dodavatele (typu) NJZ, typu paliva, uvedení NJZ do provozu,

plánované a skutečné době provozu NJZ a předpokládaných parametrů paliva resp. VJP. Dobu uložení VJP z NJZ v meziskladu bude nutné dále zpřesňovat i na základě probíhajících teplotních výpočtů a optimalizací na nich založených.

7.2.3 Vývoj technických prostředků a technologií

Přijaté technické řešení je poplatné současnému stavu poznání. Vzhledem k dlouhodobému časovému horizontu přípravy a realizace HÚ lze předpokládat značný vývoj ve všech zájmových oblastech tohoto projektu. Na základě provedených aktualizací, výzkumných a vývojových prací se může současné řešení, některé vstupy nebo postupy stát neplatnými, zastaralými, technicky nebo ekonomicky náročnějšími či nedostatečně bezpečnými. Vývoj technologií obecně akceleruje, není ale možné v tuto chvíli kvantifikovat nejistoty, které tento proces přinese. Lze předpokládat, že případné pravidelné aktualizace a optimalizace projektu zohledňující mimo jiné i vývoj technických prostředků, mohou přinést úsporu investičních a provozních prostředků za současného zvyšování bezpečnosti HÚ. Z těchto důvodů je důležité zajistit sledování vývoje ve všech oblastech, oborech a specializacích respektující komplexnost projektu HÚ a aktivně se podílet na inovativních řešeních.

7.3 Technické řešení povrchové části HÚ

Povrchový areál HÚ a jeho návaznost na střety zájmů nejsou v tomto dokumentu řešeny. V tomto smyslu lze odkázat na nejistoty identifikované v (NAVRÁTILOVÁ, V. et al., 2018). Určitou nejistotu rovněž představuje nutnost rozšíření objektové skladby PA a s tím související větší prostorové nároky na PA.

7.4 Hodnocení nejistot a predikce rizika HÚ

Pro návrh HÚ by bylo vhodné v budoucnu zpracovat hodnocení nejistot a predikci rizik. V současnosti ovšem není přijata žádná metodika pro toto hodnocení. Vybrané metody hodnocení nejistot a predikci rizika HÚ, jimiž je ovlivněn návrh HÚ, proto představuje zpráva *Vybrané metody pro predikci rizika HÚ*, jež je součástí textové přílohy závěrečné zprávy (Optimalizace podzemních částí HÚ referenčního projektu, 2018). Tento materiál může být vodítkem pro volbu vhodných nástrojů budoucího podrobného rozpracování této problematiky.

8 Závěr

Zpracovaná koncepční studie umístitelnosti HÚ na lokalitě Janoch slouží jako jeden z podkladů pro hodnocení potenciálních lokalit k určení zúžení jejich počtu do další etapy výzkumu a průzkumů. Vychází z výše uvedených předpokladů a podkladů, kterými jsou zejména Státní energetická koncepce ČR a Koncepce nakládání s VJP a RAO v ČR. Navržený rozsah podzemní části úložiště odpovídá předpokládané produkci VJP jaderných elektráren v Dukovanech a Temelíně s uvažovaným rozšířením o tři nové bloky (NJZ). Předpoklad produkce VJP odpovídá současnému předpokladu provozu 60 let a skladování vyjmutého VJP z reaktoru po dobu minimálně 65 let. V projektovém řešení se odráží současný stav poznání geologické stavby a definované potenciálně vhodné bloky horniny pro uložení VJP bez jejich detailních charakteristik.

Studie tak shrnuje doposud získané informace o lokalitě sloužící pro prostou implementaci referenčního projektu do lokality (resp. Optimalizace podzemní části) pouhým umístěním úložných prostor v podzemní části do vymezeného horninového bloku bez podrobnější znalosti jeho vlastností. Toto umístění slouží pouze o orientační potvrzení velikosti horninového bloku, a určení velikosti rezervy, která umožní v dalším stupni zpracování zahrnout další specifické požadavky pro umístění podzemního areálu.

Umístění povrchového je převzaté z (NAVRÁTILOVÁ, V. et al., 2018) a je podkladem pro komplexní zpracování návrhu propojení ukládacích sekcí s povrchem. Umístění povrchového areálu lze v této fázi projektových příprav považovat za předběžné. Podrobnější lokalizace povrchového areálu bude řešena až v následujících fázích v návaznosti na zjištěné charakteristiky horninového masivu v podzemí a posouzení možností a střetů zájmů v širším okolí.

Na základě provedené studie lze konstatovat, že umístění HÚ na lokalitě Janoch je na základě dostupných informací o lokalitě po technické stránce proveditelné.

9 Reference

- BUREŠ, P. (2017). *Statické posouzení osově vzdálenosti ukládacích prostor s ohledem na zatížení vlivem napjatosti horninového masivu v ukládacím horizontu*. Nepublikováno. Praha: SATRA s.r.o.
- ČSN EN 16191 Stroje pro stavbu tunelů - Bezpečnostní požadavky. (2015). Český normalizační institut.
- GRÜNWALD, L. et al. (2018). *Optimalizace podzemních částí HÚ referenčního projektu*. Praha: Společnost "ČVUT-SATRA-Mott MacDonald CZ".
- GRYGÁREK, J. (2001). *Zajištění a likvidace dolů*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- HÖKMARK, H., LÖNNQVIST, M. et al. (2009). *Strategy for thermal dimensioning of the final repository for spent nuclear fuel, ISSN 1402-3091, SKP Rapport R-09-04*. SKB.
- HOLUB, J. et al. (1999). *Referenční projekt hlubinného úložiště*. EGP Invest s.r.o.
- IKONEN, K. a RAIKO, H. (2015). *Thermal Analysis of KBS-3H Repository, Working Report 2015-01*. Posiva OY.
- JANKOVEC, J. e. (2020b). *Pasport aktualizovaného detailního hydraulického modelu. Lokalita ETE - jih. MS SÚRAO, TZ 474/2020*. Praha: MS SÚRAO.
- KOBYLKA, D.; FEJT, F. (2017). *Inventarizace zdrojového členu a jeho charakteristiky - Optimalizace vzájemné vzdálenosti ÚOS. Průběžná zpráva 3Q 2017*. Praha: Společnost "ČVUT-SATRA-Mott MacDonald CZ".
- KOTNOUR, P., & MATOUŠEK, J. (2018). *Výzkum a vývoj ukládacího obalového souboru pro hlubinné ukládání vyhořelého jaderného paliva do stádia realizace vzorku. V řešení*. Plzeň: Škoda JS a.s.
- KUBICA, J. a KROUL, J. (2013). *Geotechnika 1*. Načteno z <http://www.spskarvina.cz/www/images/stories/HORNIK/Geotechnika-1.pdf>.
- MIXA, P. et al. (2019). *Shmutí výsledků geologických a geofyzikálních výzkumných prací provedených v období 9/2017 - 6/2019 pro aktualizaci hodnocení potenciálních lokalit hlubinného úložiště RAO - průběžná zpráva*. Praha: Česká geologická služba.
- MIXA, P. et al. (in print). *Aktualizace 3D strukturně geologických modelů potenciálních lokalit hlubinného úložiště radioaktivních odpadů, verze 1.2*. Praha: Česká geologická služba.
- NAVRÁTILOVÁ, V. et al. (2018). *Předběžná studie proveditelnosti - lokalita ETE-JIH. TZ 222/2018*. Praha: Aquatest a.s., Geotecnika a.s., Valbek, spol. s r.o.
- OTÁHAL., A. (1992). *Důlní větrání*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava.
- PERTOLDOVÁ, J. et al. (2020). *Aktualizace lokalizace perspektivních území pro geologické charakterizační práce a perspektivních území pro projektové práce HÚ. tz460/2020*. Praha: MS SÚRAO.
- POSPÍŠKOVÁ, I. et al. (2009). *I. etapa - Analýza vstupních předpokladů řešení, 1.dílčí zpráva*. ÚJV Řež a.s. - divize ENERGOPROJEKT PRAHA.

- POSPÍŠKOVÁ, I. et al. (2011). *Aktualizace referenčního projektu hlubinného úložiště radioaktivních odpadů v hypotetické lokalitě*. EGP Invest s.r.o., ÚJV a.s.
- SKAŘUPA, J. et al. (2017). *Koncepční projekt komplexního logistického procesu robotické manipulace a transportu úložných obalových souborů s vyhořelým jaderným palivem od úpadnice do technologické chodby k horizontálnímu nebo mírně dovrchnímu velkoprostorovému vrtu HÚ*. Ostrava: Robotystem, s.r.o.
- SVOBODA, J. et al. (2018). *Návrh a výroba směsi bentonitových pelet*. Praha: Společnost "ČVUT-SATRA-Mott MacDonald CZ".
- SVOBODA, J. et al. (2019). *Návrh monitorovacího plánu, specifikace monitorovaných dat a použitých metod - monitoring v období jednotlivých fází HÚ*. TZ 422/2019. Praha: Společnost "ČVUT-SATRA-Mott MacDonald CZ".
- VAVRO, M. et al. (2016). *Chování horninového prostředí / Vznik a monitoring EDZ při výstavbě PVP Bukov. Shrnutí zahraničních poznatků o vzniku a vývoji EDZ v krystalinických horninách - rešerše. Dílčí etapová zpráva*. Ostrava: Ústav geoniky AV ČR, v. v. i.
- ZAHRADNÍK, O. et al. (2020). *Doplněk ke studiím umístitelnosti HÚ v kandidátních lokalitách*. TZ 442/2019. Praha: Společnost "ČVUT-SATRA-Mott MacDonald CZ".



SÚRAO

SPRÁVA ÚLOŽIŠŤ
RADIOAKTIVNÍCH
ODPADŮ

NAŠE
BEZPEČNÁ
BUDOUCNOST

info@surao.cz | www.surao.cz