

## ZDRUŽENIE D1 TURANY - HUBOVÁ



VEDÚCI ČLEN ZDRUŽENIA : DOPRAVOPROJEKT, a.s. BRATISLAVA, DIVÍZIA ZVOLEN

RIADITEĽ DIVÍZIE  
Ing. Jaroslav GUOTI

HL. INŽ. PROJEKTU  
Ing. Imrich BEKEČ

Č. ZÁKAZKY  
7311-11

# D.8.3

VYPRACOVAL Ing. Pavol OLEJNÍK	ZODP.PROJEKTANT Ing. Branislav NEUSCHETZ	HL.INŽ.PROJEKTU Ing. Imrich BEKEČ	<b>Basler &amp; Hofmann</b> Slovakia s.r.o. Konzultačný inžinier Panenská 13, SK-811 03 Bratislava T 02 5949 0470, F 02 5949 0490 www.baslerhofmann.sk	
KONTROLOVAL Ing. Štefan CHOMA	OKRES (OBVOD) STAVBY MARTIN, DOLNÝ KUBÍN, RUŽOMBEROK			
OBJEDNÁVATEĽ: NÁRODNÁ DIAĽNIČNÁ SPOLOČNOSŤ, a.s. BRATISLAVA				
<b>DIAĽNICA D1 TURANY - HUBOVÁ TUNEL KORBEĽKA, HAVRAN</b>			STUPEŇ	FORMÁT
			DÚR	
			DÁTUM	Č.ZÁKAZKY
			11.2018	7311-11
<b>Porovnanie metód razenia tunelov Korbeľka a Havran</b>			MIERKA	Č.ARCH.
				7311-11
			Č.PRÍLOHY	Č.SÚPRAVY
			1	



# D 8.3.1

## Porovnanie metód razenia tunelov Korbeľka a Havran

Diaľnica D1 Turany - Hubová

### Objednávateľ

Národná diaľničná spoločnosť

Dúbravská cesta 14

84104 Bratislava

### Dátum

11/2018





## Impresum

### História zmien

Verzia	Dátum	Účel/ popis zmeny
0.1	10/2018	Koncept DÚR
1.0	11/2018	Čistopis DÚR

### Dokument zn./č.

### Vypracovanie

	Vypracoval	Kontroloval	Schválil
Pracovník	Pavol Olejník Frederik Mitev	Róbert Zwilling Branislav Neuschl	Štefan Choma
Dátum	11/2018		

Basler & Hofmann Slovakia s.r.o.  
Konzultační inžinieri

Panenská13  
SK-811 03Bratislava  
T +421 259490470  
F +421 259490490

Tento dokument slúži výhradne pre účely Dokumentácie na územné rozhodnutie predmetnej stavby.

Titulná fotografia: Basler&Hofmann Slovakia / [instagram.com/igers\\_underground](https://www.instagram.com/igers_underground)



# Obsah

---

<b>Použité skratky</b>	<b>2</b>
<b>Názvoslovie</b>	<b>2</b>
<b>1. Úvod</b>	<b>4</b>
1.1 Identifikačné údaje	4
1.2 Stručný popis trasy diaľnice	5
1.3 Podklady	5
1.4 Použité predpisy, normy, literatúra a elektronické zdroje	6
<b>2. Predmet riešenia</b>	<b>7</b>
2.1 Zdôvodnenie porovnania	7
2.2 Stručný popis tunelov Korbefka a Havran	7
2.3 Všeobecný popis a odlišnosti porovnávaných metód razenia	8
2.4 Porovnanie vzorových priečnych rezov	9
<b>3. Porovnanie metód z hľadiska vplyvu na vodné zdroje</b>	<b>11</b>
3.1 Charakteristika masívu v trase tunelov	11
3.2 Dotknuté vodné zdroje a ich možné ovplyvnenie	12
3.3 Vplyv razenia na podzemné vody a vodné zdroje	14
<b>4. Porovnanie metód z hľadiska ďalších aspektov</b>	<b>18</b>
4.1 Objem rúbaniny	19
4.2 Organizácia výstavby	20
4.3 Špecifiká výstavby	23
4.4 BOZP	23
4.5 Nároky na prípravu výstavby	23
4.6 Doba výstavby	24
4.7 Dopad na legislatívny proces	25
<b>5. Záverečné zhrnutie</b>	<b>26</b>
5.1 Cyklické razenie	26
5.2 Kontinuálne razenie	26
5.3 Zhrnutie porovnania	27
<b>Prílohy</b>	<b>29</b>

## Použité skratky

TBM	Plnoprofilový raziaci stroj (z anglického Tunnel Boring Machine )
NRTM	Nova Rakúska Tunelovacia Metóda
IGHP	Inžiniersky geologický a hydrogeologický prieskum
MŽP	Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky
EIA	Hodnotenie vplyvu na životné prostredie (z anglického Environmental Impact Assessment)
L'TR	Ľavá tunelová rúra
PTR	Pravá tunelová rúra
ZP	Západný portál
VP	Východný portál
RT	Razený tunel
HT	Hĺbený tunel
HTÚ	Hrubé terénne úpravy

## Názvoslovie

Súhrnné tunelové názvoslovie je uvedené v TP 020, na tomto mieste sú uvedené len základné pojmy, ktoré sú dôležité pre predmetné porovnanie.

*tunel* - líniový podzemný objekt s celkovou plochou výrubu  $\geq 16 \text{ m}^2$  a pozdĺžnym sklonom do  $45^\circ$

*razený tunel* – tunel zhotovený bez odstránenia nadložia

*štôľňa* – líniový podzemný objekt s celkovou plochou výrubu do  $16 \text{ m}^2$  a pozdĺžnym sklonom do  $45^\circ$

*razenie* - činnosti pri zhotovení podzemného priestoru, zahrňujúce hlavne rozpojovanie horniny, nakladanie a odvoz rúbaniny a vystrojovanie výrubu

*výrub* – podzemný priestor vytvorený rozpojovaním horniny bez odstránenia nadložia

*vzorový priečny rez* – typický prierez s údajmi o primárnom ostení, hydroizolácii, odvodnení, sekundárnom ostení, vnútorných konštrukciách, priečnom usporiadaní a technologickom vybavení tunela;

*priečne prepojenie* – podzemný objekt spájajúci dve tunelové rúry alebo tunelovú rúru s únikovou štôľňou, ktorý je súčasťou únikovej cesty



*Núdzový záliv* - priestor na núdzové odstavenie vozidiel, ktorý sa zriaďuje v tuneli v určitých vzdialenostiach vyplývajúcich z dĺžky tunela

*projektovaný profil výrubu* - výrubový profil definovaný podľa vzorového priečného rezu včítane dočasného nadvýrubu

*cyklický spôsob razenia* - razenie s časovo oddelenými a pravidelne sa opakujúcimi pracovnými činnosťami

*kontinuálny spôsob razenia* - razenie pomocou tunelovacieho stroja (TBM, štítovací stroj), pri ktorom sa jednotlivé pracovné postupy rozpojovania, nakladania a vystrojovania vykonávajú súčasne

*záber* - časť výrubu vyrazená počas jedného pracovného cyklu

*dĺžka záberu* – stredná vzdialenosť dvoch po sebe nasledujúcich čelieb

*čelba* - čelná plocha razeného podzemného objektu

*rúbanina* - rozpojená a ťažená hornina

*horninový masív* - horninové teleso v prírodnom stave, ktorého celistvosť je porušená diskontinuitami (napr. plochami vrstevnatosti, bridličnatosti, puklinami, zlomovými poruchami a pod.). Podľa povahy horninového materiálu sa rozlišujú skalné masívy a zemné masívy

*tunelovací stroj* - strojné zariadenie, ktoré razí celý prierez výrubu plným profilom pomocou frézovacej hlavy alebo po častiach pomocou vhodných rozpojovacích zariadení;

*plnoprofilový raziaci stroj (TBM)* - strojné zariadenie na mechanické rozpojovanie skalnej horniny pomocou frézovacej hlavy, ktoré rozpojuje celú čelbu (plný profil); skr. Tunnel Boring Machine (angl.)

*štít* – predná časť raziaceho stroja na dočasné podopretie horninového prostredia razeného podzemného objektu, resp. na zaistenie pracovnej bezpečnosti

*pracovný úsek* – časť pracovného stroja kde sa vykonávajú rôzne vystrojovacie opatrenia; rozlišuje sa úsek čelby L1, úsek razenia L2 a zadný úsek L3

*segment* - prefabrikovaný prvok ostenia z betónu, zriedkavo z ocele alebo liatiny na zhotovenie primárneho ostenia pri kontinuálnom razení

*kolektor* - líniový podzemný, priechodný objekt, v ktorom sú uložené vedenia technologického vybavenia;

## 1. Úvod

### 1.1 Identifikačné údaje

Názov stavby:	Diaľnica D1 Turany – Hubová
Miesto stavby:	Žilinský kraj,
Katastrálne územie:	Turany, Krpeľany, Stankovany, Švošov, Hubová, Hrboltová (pre rekultiváciu opustenej trasy aj Ratkovo, Šútovo a Kraľovany)
Druh stavby:	Novostavba
Kategória cestnej komunikácie:	D 26,5/100
Kategória tunelov:	2T - 8,0 / 100 km/h
Stavebník a budúci správca:	Národná diaľničná spoločnosť, a.s., Dúbravská cesta 14, 841 04 Bratislava
Nadriadený orgán:	Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR
Projektant diaľnice:	DOPRAVOPROJEKT a. s., Kominárska 141/2,4 832 03 Bratislava - mestská časť Nové Mesto
Hlavný inžinier projektu:	Ing. Imrich Bekeč
Projektant tunelov:	Basler & Hofmann Slovakia s.r.o., Panenská 13, 811 03 Bratislava Zodpovedný projektant tunelov: Ing. Branislav Neuschl
Zhotoviteľ prílohy:	Ing. Pavol Olejník

## 1.2 Stručný popis trasy diaľnice

Predmetný úsek diaľnice začína v údolnej nive rieky Váh v katastrálnom území mesta Turany na úseku prevádzkovej diaľnice D1 Dubná Skala – Turany v križovatke „Turany 2“. Začiatok úseku je situovaný na pravom brehu rieky Váh oproti záhradkárskej osade a jestvujúcej lávke pre peších ponad rieku Váh. Trasa diaľnice D1 pokračuje údolím Váhu po poľnohospodárskych pozemkoch medzi starým korytom Váhu a Krpeľanským kanálom, križuje štrkovisko Bôr a následne aj koryto rieky Váh a jestvujúcu cestu III/2131 do Nolčova, za ktorou vchádza trasa diaľnice D1 do dvoch za sebou idúcich tunelov Korbeľka a Havran. Tunel Korbeľka je vedený popod masív Kopy a tunel Havran popod rovnomenný masív. Medzi uvedenými tunelmi je krátky úsek diaľnice nad údolím Váhu riešený prevažne na mostoch. K západnému a východnému portálu tunela Korbeľka a k západnému portálu tunela Havran sú navrhnuté prístupové komunikácie potreby údržby a pre záchranné zložky. Trasa diaľnice je za tunelom Havran vedená juhovýchodným okrajom obce Švošov. Diaľnica D1 potom tretí krát križuje multimodálny koridor rieky Váh a napája sa na nadväzujúci úsek D1 Hubová - Ivachnová v križovatke Hubová. V koncovom úseku diaľnice D1 Turany – Hubová je v dostupnej vzdialenosti od križovatky Hubová navrhnuté Stredisko správy a údržby Švošov.

## 1.3 Podklady

- Porovnávacia štúdia, Diaľnica D1 Turany – Hubová, Dopravoprojekt a.s. Bratislava, 2013;
- Porovnávacia štúdia, Diaľnica D1 Turany – Hubová, aktualizácia technického riešenia - doplnok, Dopravoprojekt a.s. Bratislava, 2016;
- Odborný posudok k navrhovanej činnosti, EKOJET, s.r.o., Bratislava, Ing. Ivan Šembera CSc., Mgr. Tomáš Šembera, 2016;
- Záverečné stanovisko MŽP SR č.1294/2017-1.7/ml zo dňa 18.5.2017, nadobudlo právoplatnosť dňa 9.2.2018;
- Diaľnica D1 Turany - Hubová, tunely Rojkov - Havran, GEOFOS, s.r.o., Žilina, RNDr. Antonín Matejček a kol., 2007;
- Diaľnica D1 Turany - Hubová, Hydrogeologický posudok, Vodné zdroje Slovakia, s.r.o, RNDr. Mária Némethyová a kol., 2008;
- Diaľnica D1 Turany - Hubová, Podrobný inžinierskogeologický prieskum, INGEO-ighp, s.r.o., Žilina, RNDr. Alexander ZÁTHURECKÝ, RNDr. Anna GREŇČÍKOVÁ a kol., 2008;
- Diaľnica D1 Turany – Hubová (úsek 2), GEOFOS, s.r.o., Žilina, RNDr. Anna Grenčíková a kol., 2010;
- Diaľnica D1 Turany - Hubová, Hydrogeologický posudok, Vodné zdroje Slovakia, s.r.o, RNDr. Mária Némethyová a kol., 2011;
- Diaľnica D1 Turany - Hubová, tunel Korbeľka, GEOFOS, s.r.o., Žilina, RNDr. Anna Grenčíková a kol., 2011;
- Diaľnica D1 Turany - Hubová, Záverečná správa – variant V2 s tunelom Korbeľka, CAD-ECO a.s., RNDr. Marian Kuvik a kol., 2014;
- Diaľnica D1 Turany - Hubová, II. etapa, Hydrogeologický monitoring, CAD-ECO a.s., Mgr. Marián Coplák, RNDr. Emília Žabková, 2018;
- Zápisy z pracovných porád a rokovaní s objednávatelom a zástupcami projektantov, výkresová dokumentácia;

#### 1.4 Použité predpisy, normy, literatúra a elektronické zdroje

##### Predpisy

Zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon) v znení neskorších predpisov;  
Nariadenie vlády č.344/2006 Z.z. o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v cestenej sieti;  
Vyhláška MDPT SR č. 55/2008 Z.z. o projektovej dokumentácii stavieb diaľnic a ciest pre motorové vozidlá;  
Vyhláška MV č. 9/2009 Z.z. ktorou sa vykonáva zákon o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov;  
Smernica 2004/54/ES Európskeho parlamentu a rady z 29. apríla 2004 o minimálnych bezpečnostných požiadavkách na tunely v transeurópskej cestnej sieti.  
Európska dohoda o hlavných cestách s medzinárodnou premávkou (AGR), ECE/TRANS/SC.1/384, Marec 2008;

##### Normy

STN 73 7507 Projektovanie cestných tunelov, február 2008;  
Použité slovenské technické normy z tried 01, 12, 72, 73, 92

##### Technické predpisy

TP 019 Dokumentácia stavieb ciest + Príloha (01 – 14), MDPT SR, 2007;  
TP 020 Tunelové názvoslovie, MDPT SR, 2006;  
TP 021 Vystrojovacie triedy. Časť 1: Cyklické razenie, MDPT SR, 2006;  
TP 022 Podzemné stavby. Časť 2: Kontinuálne razenie, MDPT SR, 2006;  
TP 049 Vetranie cestných tunelov, MDVRR SR, 2011;  
TP 080 Bezpečnosť cestných tunelov - Bezpečnostná dokumentácia, MDVRR SR, 2014;  
TP 089 Inžinierskogeologický prieskum pre tunely, MDVRR SR, 2015;  
TP 090 Ochrana tunelov proti vode a odvodnenie tunelov, MDVRR SR, 2015;  
TKP Časť 26 Tunely;  
TKP Časť 28 Geotechnický monitoring pre tunely a prieskumné štôlne;  
TKP Časť 35 Geotechnický monitoring pre objekty líniových častí pozemných komunikácií  
VL5/2011 Vzorové listy 5 Tunely;

## 2. Predmet riešenia

### 2.1 Zdôvodnenie porovnania

Na základe výsledkov procesu posudzovania vplyvov na životné prostredie vykonaného podľa zákona č.24/2006 Z. z. o posudzovaní vplyvov na životné prostredie a o zmene a doplnení niektorých zákonov, pri ktorom sa zväžil stav využívania územia, únosnosť prírodného prostredia, všetky očakávané pozitívne a negatívne vplyvy navrhovanej činnosti na životné prostredie a na zdravie obyvateľstva vrátane ich synergických a kumulatívnych účinkov, zhodnotil sa ich význam a so zohľadnením predložených stanovísk za súčasného stavu poznania a navrhnutých opatrení na zmiernenie negatívnych vplyvov činnosti bola odsúhlasená zmena činnosti "Diaľnica D1 Turany-Hubová" vo variante V2 s tunelmi Korbefka a Havran.

Na základe celkových výsledkov procesu posudzovania, pripomienok a stanovísk príslušných dotknutých a povoľujúcich orgánov, dotknutých obcí, orgánov štátnej správy, verejnosti, verejného prerokovania správy o hodnotení, odborného posudku a na základe správy o hodnotení boli v záverečnom stanovisku MŽP odporúčané jednotlivé podmienky pre etapu prípravy, realizácie a prevádzky navrhovanej činnosti. Toto porovnanie je spracovávané na základe podmienky č.4:

**Podmienka č. 4** – "V rámci návrhu razenia tunela vyhodnotiť pozitíva a negatíva plnoprofilového raziaceho stroja (tzv. TBM) a cyklických metód razenia (tzv. NRTM, ADECO). Použiť metódu razenia, ktorá minimalizuje riziko znehodnotenia vodných zdrojov."

Na základe týchto podmienok je v rámci DÚR predmetnej stavby (mimo štandardného rozsahu) spracované toto porovnanie. Hlavnou úlohou tohoto porovnania je zhrnutie pozitív a negatív pre jednotlivé metódy razenia vo vzťahu k možnému ovplyvneniu podzemných vôd resp. konkrétnych vodných zdrojov na základe aktuálneho poznania horninového masívu v trase tunelov Korbefka a Havran.

Vzhľadom na odlišný charakter jednotlivých metód razenia sa v porovnaní uvádzajú aj ďalšie podstatné aspekty, ktoré sú pre jednotlivé metódy charakteristické a zároveň dôležité pre zohľadnenie v ďalších etapách prípravy resp. kľúčové pre samotnú výstavbu a neskoršiu prevádzku.

### 2.2 Stručný popis tunelov Korbefka a Havran

Tunely Korbefka a Havran sú navrhované pre kategóriu 2T-8,0 a návrhovú rýchlosť 100 km/h podľa STN 737507. Smerové a výškové vedenie tunelových rúr je znázornené vo výkresovej časti dokumentácie D.8. Toto porovnanie sa vzhľadom na jeho úlohu zameriava na razené časti tunelov, nakoľko hĺbené časti tunelov a riešenia portálov sú len v minimálnej miere závislé od zvolenej metódy razenia tunelových rúr.

Dĺžky jednotlivých tunelových rúr sú uvedené v tabuľke.

Tab. 1 Dĺžky razených častí tunelových rúr

	Dĺžka L'TR	Dĺžka PTR
<b>Tunel Korbefka</b>	5830,25 m	5823,00 m
<b>Tunel Havran</b>	2750,00 m	2704,75 m

V razených častiach tunelových rúr sú navrhnuté 2 druhy výklenkov, a to čistiace, požiarne a SOS výklenky. V tunelových rúrach sú navrhnuté jednostranné núdzové

zálivy. Medzi pravou a ľavou tunelovou rúrou sú v oboch tuneloch navrhované priečne prepojenia, slúžiace ako chránené únikové cesty. Vzájomné vzdialenosti priečných prepojení, núdzových zálivov a SOS výklenkov sú popísané v schémach stavebno-bezpečnostných úprav pre oba tunely samostatne.

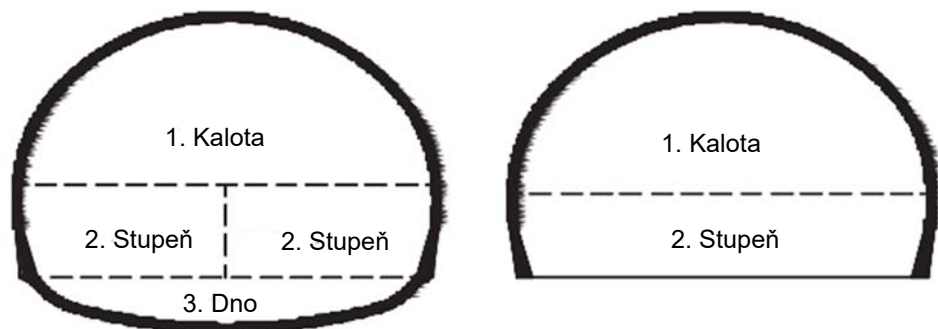
### 2.3 Všeobecný popis a odlišnosti porovnávaných metód razenia

V rámci tohoto porovnania bude porovnanie metód popisované v zmysle zaužívaného názvoslovía, t.j. ako porovnanie cyklického a kontinuálneho razenia.

#### Cyklické razenie

Cyklické razenie je spôsob razenia tunelov založený na opakovaní jednotlivých pracovných cyklov rozpojovania horniny, zabezpečenia ostenia, nakladania a odvozu rúbaniny. Samotné rozpojovanie môže prebiehať mechanickým spôsobom alebo pomocou vrtno-trhacích prác.

Najviac rozšírenou raziacou metódou cyklického spôsobu razenia v našich podmienkach je Nová rakúska tunelovacia metóda (NRTM). NRTM je tunelovacia metóda, ktorá vedome a cielene využíva nosné vlastnosti horninového masívu. Razenie sa môže vykonávať za použitia trhaviny alebo strojnej mechanizácie. V našich podmienkach prebieha rozpojovanie zväčša po častiach profilu. Profil tunela je rozdelený na niekoľko sekcií znázornených na obrázku.



**Obrázok 1: Rozdelenie profilu tunela pre uzavretý (vľavo) a otvorený profil (vpravo)**

Cyklické razenie sa skladá z niekoľkých krokov, ktoré sa opakujú pre každý záber:

- vŕtanie čelby pri vrtno-trhacom rozpojovaní;
- vkladanie trhaviny do vývrtov a odstrel čelby resp. mechanické rozpojovanie;
- odpratávanie rúbaniny;
- zaistenie výrubu (časti výrubu) striekaným betónom;
- zabezpečenie profilu primárnym ostením.

Hlavnými prvkami zaistenia výrubu sú striekaný betón a kotvy, doplnené v závislosti od triedy vystrojenia oceľovými sieťami a priehradovými nosníkmi.

Sekundárne ostenie, spravidla z liateho betónu, je realizované spolu s hydroizoláciou s časovým a priestorovým odstupom. Sekundárne ostenie je realizované v jednotlivých krokoch – blokoch, ako vystužená alebo nevystužená monolitická konštrukcia.

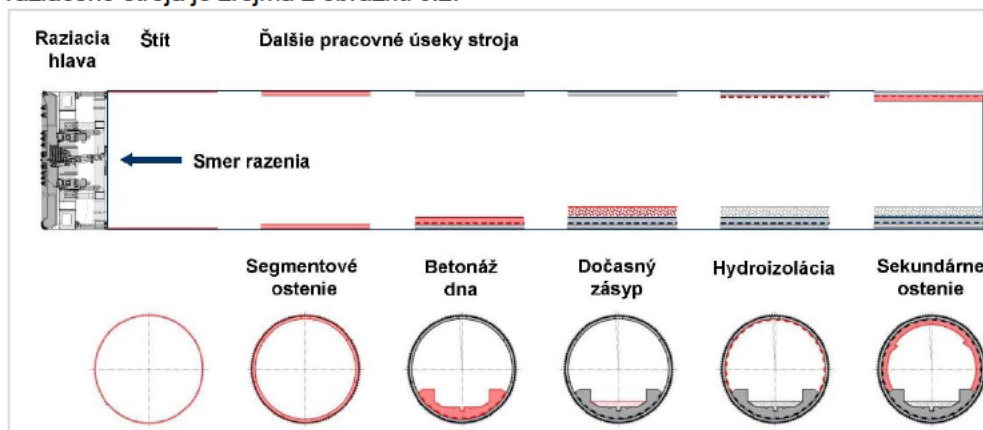
Mechanizácia používaná pri cyklickom razení sa skladá najmä z:

- vŕtací voz pre realizáciu vývrtov a osádzania kotiev;
- rozpojovacie rýpadlo, tzv. tunelbáger v prípade mechanického rozpojovania.;
- mechanizácia na nakladanie a odvoz rúbaniny;
- pomocná mechanizácia;
- stroj na aplikáciu striekaného betónu.

#### Kontinuálne razenie

Kontinuálne razenie je razenie pomocou tunelovacieho stroja (TBM, štítovací stroj), pri ktorom sa jednotlivé pracovné postupy rozpojovania, nakladania a vystrojovania vykonávajú súčasne. Horninový masív je rozpojovaný rotačným pohybom raziacej hlavy, konkrétne rotačnými diskami resp. dlátami v nej osadenými. Hlavnou odlišnosťou oproti cyklickému razeniu je kontinuálny priebeh raziacich prác a súčasná realizácia rozpojovania masívu s jeho zabezpečovaním, čo je umožnené vďaka oddeleným pracovným zónam raziaceho stroja.

Razenie pomocou TBM používa vopred vyrobený stroj (viď obrázok 3) s kruhovým profilom, ktorý rotačne rozpojuje horninový masív. Rúbanina padá za raziacu hlavu stroja odkiaľ je transportovaná rôznymi metódami v línii raziaceho stroja von z tunela. Typy strojov sa rozlišujú podľa typu raziacej hlavy a použitého štítu, spôsobu zaistenia primárneho ostenia, metódy transportu rúbaniny. Vyber raziaceho stroja závisí primárne od geologických a hydrogeologických podmienok v ktorých sa tunel razí. TBM so štítom osádza primárne ostenie hneď za štítom, čím sa zamedzuje prítoku vody do tunela. Do osadeného primárneho ostenia sa stroj následne zapiera a vytvára tak potrebný prítlak na raziacu hlavu. TBM bez štítu sa zapiera o steny profilu (horninového masívu) tzv. gripmy, za ktorými sa realizuje primárne ostenie obdobne ako pri cyklickom razení. Raziaci stroj razí kontinuálne 24 hodín denne bez väčších prestávok. Pred začatím razenia je nutné stroj najskôr na stavbe poskladať, nakoľko môže byť vzhľadom na svoje rozmery na stavenisko transportovaný len po častiach. Tento proces montáže trvá cca. 3 mesiace, pričom na demontáž je nutný zhruba rovnaký časový priestor. Schéma jednotlivých pracovných činností pri razení pomocou raziaceho stroja je zrejmä z obrázku č.2.



Obrázok 2: Schéma razenia pomocou raziaceho stroja ( zdroj Marti AG)

#### 2.4 Porovnanie vzorových priečných rezov

Pre účely tohoto porovnania bol navrhnutý vzorový priečný rez identický pre oba tunely (Príloha č. 1 a 2). Navrhovaný vzorový priečný rez bol vytvorený na základe prejazdneho prierezu tunela pre kategóriu T-8,0/100, použitého na návrh profilu pre

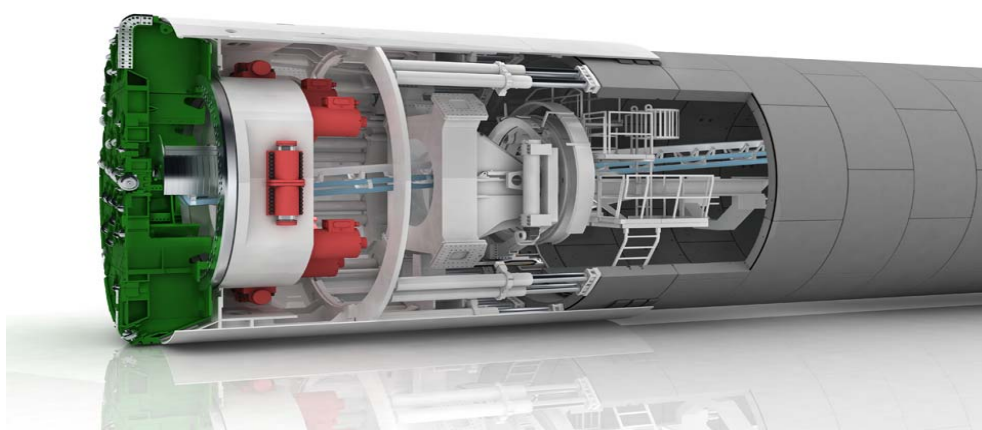


cyklické razenie. Vzorový priečný rez je navrhnutý v dvoch základných variantoch. Príloha č.1 zobrazuje profil s uzatvoreným systémom izolácie tzv. celoizolovaný profil a príloha č.2 profil s otvoreným systémom izolácie t.j. s postrannými drenážami. Kvôli nutnosti realizovania kruhového profilu v celej dĺžke razených tunelových rúr a možnej optimalizácii prierezu boli všetky inžinierske siete, ako napr. káblové trasy, odvodňovacie potrubia, požiarneho vodovodu a pod., presunuté z priestoru chodníkov (oproti NRTM profilu) do centrálného kolektora umiestneného pod úrovňou vozovky. Použitím kolektora je možné využiť hluchý priestor v dne kruhového profilu a zároveň optimalizovať šírku chodníkov po oboch stranách vozovky.

Návrh priečného rezu pochopiteľne definuje aj nutný priemer TBM stroja. Aktuálny navrhovaný priečný profil predpokladá priemer raziaceho stroja cca. 12,5 m. Aktuálne navrhovaný priečný rez predpokladá hrúbku primárneho (segmentového) aj sekundárneho ostenia 35 cm. Na základe kompletnejších údajov z IGHP by bolo možné tento profil optimalizovať v neskorších fázach projektu. Optimalizovali by sa hlavne hrúbky primárneho a sekundárneho ostenia napr. z 35 cm na 30cm. Zmena svetlého prierezu tunelových rúr by však znamenala zmenu parametrov pre výpočet vetrania, a preto bola táto možnosť v tejto fáze vynechaná.

## 2.5 Typ raziaceho stroja

Na základe aktuálnej úrovne poznania inžiniersko-geologických a hydrogeologických charakteristík horninového prostredia v trase tunelov predpokladáme použitie raziaceho stroja s priemerom 12.5 m s jednoduchým štítom. Výsledky podrobného IGHP umožnia spresniť požadovaný typ stroja resp. jeho doplňujúce parametre. Pri zvolenom type stroja musí byť zabezpečená možnosť realizácie potrebných opatrení v predpolí čelby a po obvode profilu spoza raziacej hlavy. Miera potrebnej modularity stroja bude vychádzať z výsledkov IGHP, konkrétne z množstva charakteru poruchových zón v trase tunelových rúr. Prehľadné znázornenie raziacej hlavy, štítu a následného segmentového ostenia je zrejmé z obrázka.



**Obrázok 3: Plnoprofilový raziaci stroj s jednoduchým štítom (zdroj Herrenknecht AG)**



### 3. Porovnanie metód z hľadiska vplyvu na vodné zdroje

#### 3.1 Charakteristika masívu v trase tunelov

Navrhovaná trasa diaľnice s tunelmi Korbeľka a Havran začína na trase diaľnice Dubná skala – Turany cca 2 km pred koncom tohto už vybudovaného úseku diaľnice. Trasa vedie aluviálnou nivou rieky Váh, následne prekonáva mostným objektom rieku Váh a miestnu cestu III/01893 Kraľovany - Nolčovo. Následne sa zarezáva do výbežkov masívu Veľkej Fatry, pokračuje tunelom Korbeľka masívom Kopy (1187,2 m n. m.) smerom na severovýchod a východ a končí portálom medzi obcami Ľubochňa a Rojkov. Celková dĺžka tunela Korbeľka je cca 5800 m. Následne prekračuje údolie rieky Váh, prekonáva cestu I/18, železničnú trať, cestu III/018098 a vchádza do tunela Havran. Tunelom prekonáva masív rovnomenného vrchu (881,8 m n. m.) a podchádza údolie Švošovského potoka. Východný portál tunela Havran je situovaný na pravom brehu rieky Váh východne od obce Švošov.

Podrobnejší popis charakteristík masívu v trase tunelov je uvedený v jednotlivých záverečných správach IGHP. Pre účely tohto porovnania uvádzame len základné zhrnutie masívu a očakávané riziká spojené s budovaním tunelových rúr.

##### 3.1.1 Tunel Korbeľka

Dominujúcim litologickým a inžinierskogeologickým typom na viac ako 50 % trasy tunela budú dolomity. Dolomity predstavujú (mimo poruchových zón) kvalitné horninové prostredie s redukovaným vplyvom podzemnej vody (sú pomerne tesné). Hlavným rizikovým faktorom sú tektonicky porušené zóny v dolomitoch, kde nadobúda hornina charakter štrkovitej zeminy s tendenciou vysýpania resp. v prípade tlakových účinkov podzemnej vody aj s tendenciou vzniku sufózie a následného komínovania. Predpokladáme, že uvedené porušené zóny budú v rámci dolomitového komplexu predstavovať cca 20 % z celkovej dĺžky dolomitového komplexu.

Druhým najčastejšie zastúpeným horninovým komplexom sú vápnité ílovce a slienité vápence mráznického a porubského súvrstvia. Mimo tektonicky porušených zón predstavujú uspokojivo kvalitné horninové prostredie poloskalných hornín s minimálnym očakávaným prítokom podzemnej vody. Rizikovým faktorom je ich citlivosť na styk s vodou. V tektonicky porušených zónach v tomto prostredí nadobúda hornina charakter súdržnej ílovej zeminy s úlomkami a podmienky na razenie sú zlé. Intenzívne tektonicky porušené zóny charakteru zemín budú predstavovať cca 30 % z celkovej dĺžky úseku tunela, razeného v prostredí slienitých vápencov a ílovcov. Prítoky podzemnej vody v tomto komplexe očakávame len v zónach s vyšším zastúpením slienitých vápencov po otvorených puklinách a krasových kanáloch.

Najmenej sa vyskytujúci horninový typ predstavujú skrasovatené kavernózne masívne až lavicovité, menej doskovité vápence. Napriek tomu, že v uvedenom úseku očakávame intenzívne prítoky podzemnej vody vo forme sústredených výverov ako aj prívalové prítoky (v prípade narazenia na väčšie krasové priestory), celkovo možno toto prostredie charakterizovať z hľadiska stability a tunelovania ako dobré. Dôvodom je najmä vysoká pevnosť a malá porušenosť vápencového komplexu (odhliadnuc od otvorenosti diskontinuit). Závažným rizikom okrem prítokov podzemnej vody je

možnosť vypadávania blokov horniny z klenby. Vysokotlakové účinky podzemnej vody v komplexe vápencov neočakávame.

Z hľadiska tunelovania predstavuje riziko zatiaľ nie celkom objasnená zlomovo-príkrovová tektonická a geologická stavba masívu Veľkej Fatry v trase tunela a z nej vyplývajúca nemožnosť kvantitatívne zhodnotiť zastúpenie jednotlivých litologických a najmä inžinierskogeologických typov hornín. Kvalita hornín je okrem primárneho tektonického porušenia ďalej degradovaná hĺbkovým zvetrávaním a rozvoľňovaním masívu, čo predstavuje tiež určitý rizikový faktor počas razenia tunela.

### 3.1.2 Tunel Havran

Horninový masív v mieste situovania tunela je tvorený mezozoickými horninami tektonických jednotiek fatrika a hronika, ktoré sú prevažne prekryté kvartérnymi sedimentami.

Horninové prostredie v tunelovom úseku diaľnice je tvorené mezozoickými horninami pestrej pieskovo-slieňovcovo-vápencovej formácie, ktorá je zastúpená slienito-vápencovým komplexom. Vrcholovú časť svahu budujú horniny vápencovo-dolomitckej formácie. Násun chočského príkrovu na horninový masív krížňanského príkrovu je reprezentovaný niekoľko desiatok metrov mocnou zónou výrazného porušenia hornín, najmä podložného slieňovcovo-vápencového komplexu.

Predkvartérne horniny sú miestami prekryté sedimentami formácie kvartérnych pokryvných útvarov. Dominantné zastúpenie má deluviálny komplex zastúpený sedimentami zosuvného delúvia.

V dôsledku uplatnenia zosuvotvorných faktorov v danom úseku vznikli svahové deformácie typu zosúvania a blokových deformácií.

V celej trase tunela, vrátane portálových úsekov, je povrchová vrstva porušená blokovými pohybmi do hĺbky 20-40 m, kde dezintegrované bloky karbonátov sa posúvajú po plastickom, silne zvetranom, miestami tektonicky porušenom slieňovcovom podloží. Blokové pohyby sú miestami výrazné, rozsiahle a v účelovej inžinierskogeologickej mape sú znázornené ako nečlenené blokové pole. Úseky medzi jednotlivými blokmi sú veľmi často porušené potenciálnymi zosuvmi.

## 3.2 Dotknuté vodné zdroje a ich možné ovplyvnenie

### 3.2.1 Vodné zdroje v trase tunela Korbeľka

Popis jednotlivých vodných zdrojov a ich možného ovplyvnenia je prevzatý zo záverečnej správy IGHP z roku 2014.

Vodný zdroj Korbeľka

Vodný zdroj Korbeľka – výdatnosť vodného zdroja (podľa údajov Vodárenskej spoločnosti Ružomberok a.s.) sa pohybovala v období 11/2012 - 04/2014 v rozmedzí  $Q = 0,36$  až  $0,70$  l.s-1, v priemere  $0,49$  l.s-1. Vzhľadom na nízku výdatnosť vodného zdroja a jeho naviazanie na kontakt chočských horninových komplexov s podložnými málo priepustnými komplexami krížňanského príkrovu predpokladáme jeho úplný zánik v prípade výstavby tunela Korbeľka. Vodný zdroj aktuálne využíva niekoľko rodinných domov v miestnej časti Ľubochňa – Korbeľka. V prípade výstavby tunela bude potrebné vyriešiť zásobovanie obyvateľov pitnou

	<p>vodou z iného zdroja (vybudovanie nového záchytu na inom mieste alebo vybudovanie vodovodu).</p>
Vodný zdroj Fatra	<p>Vodný zdroj Fatra – výdatnosť počas prieskumu (26.2.2014 - 4.5.2014) bola v priemere <math>Q_{priem} = 11,256 \text{ l.s-1}</math>, maximálna výdatnosť dosiahla <math>Q_{max} = 13,559 \text{ l.s-1}</math> a minimálna bola <math>Q_{min} = 8,285 \text{ l.s-1}</math>. Výdatnosť vodného zdroja (podľa údajov Vodárenskej spoločnosti Ružomberok a.s.) sa pohybovala v období 11/2012 - 04/2014 v rozmedzí <math>Q = 3,55</math> až <math>9,68 \text{ l.s-1}</math>, v priemere <math>5,79 \text{ l.s-1}</math>. Vzhľadom na zistené geotektonické, hydrogeologické a hydrochemické pomery v oblasti vodného zdroja Fatra nepredpokladáme jeho významné ovplyvnenie (resp. očakávame len minimálne ovplyvnenie) realizáciou tunela Korbeľka, pokiaľ nebudú realizované hydroizolačné opatrenia. Podľa dostupných informácií je vodný zdroj z časti viazaný na inú geologickú štruktúru na juh od Ľubochnianskeho sedla, oddelenú výrazným zlomovým systémom od dolomitického masívu Kopy. Druhá časť podzemných vôd pravdepodobne pochádza z komplexu dolomitov kóty Fatra, čo dokumentuje zmiešaný typ chemizmu vôd. Počas razenia je predpoklad, že výdatnosť vodného zdroja bude redukovaná o objem vôd prestupujúcich z dolomitového komplexu (za predpokladu významného zníženia piezometrických výšok, ktoré však hydraulický model nepreukázal).</p>
Vodný zdroj Kraľovany a Rojkov	<p>Vodný zdroj Kraľovany (pramene „Pod Kopou“) a vodný zdroj Rojkov – výdatnosť vodného zdroja Kraľovany (podľa údajov Oravskej vodárenskej spoločnosti a.s. Dolný Kubín) sa pohybovala v období 11/2012 - 04/2014 v rozmedzí <math>Q = 5,43</math> až <math>18,55 \text{ l.s-1}</math>, v priemere <math>15,03 \text{ l.s-1}</math>. Výdatnosť vodného zdroja Rojkov (podľa údajov Vodárenskej spoločnosti Ružomberok VSR a.s.) sa pohybovala v období 11/2012 - 04/2014 v rozmedzí <math>Q = 3,75</math> až <math>6,32 \text{ l.s-1}</math>, v priemere <math>4,73 \text{ l.s-1}</math>. Uvedené vodné zdroje predstavujú potenciálne najviac ohrozené zdroje v celej oblasti Kopy. Vzhľadom na vysokú priepustnosť karbonátického masívu predpokladáme, že výstavbou tunela Korbeľka – v prípade, že nebudú realizované vhodné technické opatrenia – môže dôjsť k úplnému zdrénovaniu uvedených vodných zdrojov. V prípade, že ostenie tunela v najviac priepustných úsekoch bude riešené ako celoobvodová hydroizolácia, je možné vplyv na tento vodný zdroj eliminovať. Je potrebné upozorniť, že hydrogeologická štruktúra, na ktorú sú tieto vodné zdroje viazané, v súčasnosti nie je zatiaľ celkom spoľahlivo objasnená a znemožňuje v tomto stave poznania navrhnúť optimálny spôsob ochrany tohto vodného zdroja vo vzťahu k razeniu tunelov Korbeľka alebo Rojkov.</p>
Vodný zdroj Teplica/Teplička	<p>Vodný zdroj Teplica / Teplička – priemerná ročná výdatnosť prameňa Teplička 1 (podľa údajov Turčianskej vodárenskej spoločnosti Martin - TURVOD a.s.) sa pohybovala v rokoch 2009 – 2013 v rozmedzí <math>Q_{priem} = 20,37</math> až <math>30,90 \text{ l.s-1}</math>, priemerný odber z vodného zdroja prameňa Teplička 1 bol v rozmedzí <math>1,55</math> až <math>2,04 \text{ l.s-1}</math>. Prameň Teplička 2 sa v súčasnosti nevyužíva ani nesleduje jeho výdatnosť.</p>

Na základe výsledkov orientačného prieskumu možno povedať, že prevažná časť vôd pritekajúca do vodného zdroja pochádza zo severných svahov Kopy resp. lokality Sokol a vystupuje na tektonickom rozhraní medzi karbonátmi chočského príkrovu na severnej strane údolia a nepriepustným mezozoickým komplexom mráznického a porubského súvrstvia s fragmentami paleogénnych zlepencových hornín v jeho nadloží na južnej strane. Stopovacou skúškou z vrtov TK-05 a TK-06 neboli zistené priame komunikačné kanály k vodnému zdroju. Je však potrebné uviesť, že počas výstavby tunela môže byť takýto kanál zachytený, aj keď je to nepravdepodobné vzhľadom na generálny smer prúdenia vôd. Z toho dôvodu je potrebné počas prác znížiť riziko zavlčenia znečistenia do tohto vodného zdroja vytvorením celoplošnej hydroizolácie najmä v komplexe skrasovatených vápencov a dôsledným dodržiavaním technologickej disciplíny, používaním ekologicky odbúrateľných mazív a podobne. Z hľadiska kvantity sa predpokladá významné ovplyvnenie vodného zdroja razením tunela za predpokladu vhodného technického riešenia.

### 3.2.2 Vodné zdroje v trase tunela Havran

Vodný zdroj Švošov - Dušička

Vodný zdroj Švošov - prameň Dušička sa nachádza v katastrálnom území obce Švošov a tvoria ho dva pramene – pravý a ľavý. Správcom vodného zdroja je VSR a.s. a je zapojený do skupinového vodovodu Hubová. Podľa údajov SHMÚ bol v r. 2006 využívaný len prameň Dušička - pravý.

Hranica jeho ochranného pásma II. stupňa prebieha cca 400 m od trasy tunela. Na základe hydrogeologického posudku je možné konštatovať, že v prípade veľkého líniového drenážneho efektu tunelového telesa môže dôjsť až k likvidácii zdroja vplyvom zmeny režimu podzemných vôd v oblasti. Počas výstavby je preto potrebné monitorovať výdatnosť zdroja.

### 3.3 Vplyv razenia na podzemné vody a vodné zdroje

Do dnešnej doby spracované prieskumy horninového prostredia v budúcej trase tunelov Korbefka a Havran poukazujú na to, že nie je možné vylúčiť vplyv razenia tunelových rúr na režim podzemných vôd resp. na pomery vodných zdrojov. Zároveň je však nutné podotknúť, že v čase spracovania tohoto porovnania neboli známe výsledky podrobného IGHP pre oba tunely. Vplyv jednotlivých spôsobov razenia na vodné zdroje bude možné spresniť na základe výsledkov podrobného IGHP. Pre čo najpresnejší popis predpokladaných vplyvov na podzemnú vodu je potrebné jednoznačne určiť komunikačné vzťahy k vodným zdrojom na základe čo najpresnejšieho poznania štruktúry horninového masívu v trase tunelov a následne rozmiestniť vhodné opatrenia resp. zvoliť vhodný spôsob výstavby.

Pre obe metódy existuje možnosť návrhu opatrení pre minimalizovanie drenážneho účinku vyrazených tunelových rúr a taktiež opatrení na zamedzenie vplyvu na dotknuté vodné zdroje. Pre jednotlivé spôsoby razenia je však nutné prihliadať na odlišný prístup k ich realizácii resp. rozdielne možnosti vstupu do horninového prostredia. Jednotlivé opatrenia sú samostatne popísané v nasledujúcich podkapitolách.

### 3.3.1 Opatrenia v prípade cyklického razenia

Pre cyklický spôsob razenia je charakteristická väčšia variabilita použitého prierečného rezu, samotného postupu prác a súvisiacich opatrení. Pre vlastnosťami rozmanitý masív je možné používať rozdielny typ prierezu tunela, jeho horizontálne príp. vertikálne členenie ale zároveň je možné realizovať pomocné opatrenia bez obmedzení súvisiacich s raziacim strojom. Pri cyklickom razení sú čelba a primárne ostenie tunelovej rúry voľne prístupné pre stavebnú mechanizáciu. Realizácia jednotlivých opatrení tak môže prebiehať medzi jednotlivými cyklami prác takmer bez obmedzenia. Jednotlivé opatrenia a ich náležitosti sú podrobne popísané v samostatnej prílohe DÚR D.8.3.3 – Projekt utesnenia tunelových rúr na zabránenie drenážneho účinku tunela.

### 3.3.2 Opatrenia v prípade kontinuálneho razenia

Záverečná správa IGHP pre tunel Korbefka (CADECO, 2014) definuje dve hlavné riziká predpokladané pri jeho realizácii. Sú nimi výskyt tektonicky porušených zón v trase tunela a najmä riziko ovplyvnenia okolitých vodných zdrojov. Zároveň uvádza že: *"Obe hlavné riziká by mohli byť účinne eliminované návrhom vhodnej technológie razenia tunela, kde sa nám ako optimálna voľba z viacerých hľadísk javí použitie plnoprofilového dvojplášťového raziaceho stroja (TBM). Segmentové ostenie používané pri tomto spôsobe razenia umožňuje vytvorenie dostatočne tesného tunela, ktorý tak nebude predstavovať významný drenážny líniový prvok a zároveň umožňuje prenášať aj prípadný vysoký hydrostatický tlak. Tunelovací stroj modernej konštrukcie vie navyše účinne prekonávať aj geotechnicky heterogénne prostredie so striedaním sa kvalitnej horniny s menej priaznivými úsekmi tektonických porúch."*

Tu je potrebné uviesť, že len samotné použitie plnoprofilového raziaceho stroja nezaručuje odstránenie resp. minimalizovanie drenážneho účinku tunela. Nezaručuje to ani samotné segmentové ostenie bez toho, aby boli jasne definované jeho jednotlivé súčasti, požadované vlastnosti a navrhnuté súvisiace opatrenia počas výstavby.

#### 3.3.2.1 Výplň prstencovej štrbiny

Segmentové ostenie je pri použití raziaceho stroja so štítom ukladané po obvode výrubu v rámci príslušného pracovného úseku pod ochranou štítu raziaceho stroja. Polomer rubu segmentového ostena je menší ako samotný polomer výrubu resp. štítu, preto aby bolo možné realizovať segmentové ostenie pod ochranou štítu. Z toho vyplýva, že medzi horninovým masívom a prvkami segmentového ostena vzniká voľný priestor, nazývaný ako prstencová štrbina.

Samotnú štrbinu je nutné vyplniť v čo najkratšom čase súčasne s dôrazom na kvalitu, aby sa zamedzilo rozvoľňovaniu masívu, sadaniu alebo nesymetrickému namáhaniu prstenca segmentového ostena. Výplň štrbiny taktiež zabezpečuje spolupôsobenie ostena s horninovým masívom. Vypĺňanie sa realizuje zo zadnej časti štítu alebo následne cez samotné segmenty ostena prostredníctvom injektážnych prvkov. Samotné segmenty musia byť už z výroby usposobené na potrebu injektovania, t.j. musia mať zabudované otvory umožňujúce inštaláciu injektážnych rúrok.

Materiál pre vyplnenie prstencovej štrbiny sa volí na základe funkcie, ktorú má samotné primárne ostenie dosiahnuť a v akej miere má vzájomne spolupôsobiť s horninovým masívom. Spravidla sa priestor pod segmentami v priestore dna vyplňa maltou aby sa

Prstencová štrbina

Výplň prstencovej štrbiny

zamedzilo nadmernému sadaniu jednotlivých segmentov. Zbytok priestoru po obvode profilu je možné vyplňať rôznymi materiálmi.

V prípade potreby zachovania drenážnej funkcie segmentového ostenia je priestor vyplnený pomocou praneho štrku malej frakcie, 0-8mm. Deformáciou horninového masívu dochádza k následnému zhutneniu tejto výplne, jej drenážna funkcia však zostáva zachovaná a preto celý systém ostenia tunela bude tvoriť líniový drenážny prvok v horninovom prostredí.

Pre minimalizovanie drenážneho účinku tunelového ostenia je nutné priestor za segmentovým ostiením vyplňať tesniacou maltou. Bežne používanými sú cementové malty, viaczožkové malty s prímiesou bentonitu, urýchľovačov, tvrdiacich prímiesí a podobne. Taktiež sú používané dvojzožkové zmesi, ktoré sú dopravované samostatne, zmiešavajú sa a následne tvrdnú až svojou vzájomnou reakciou v priestore za rubom segmentov.

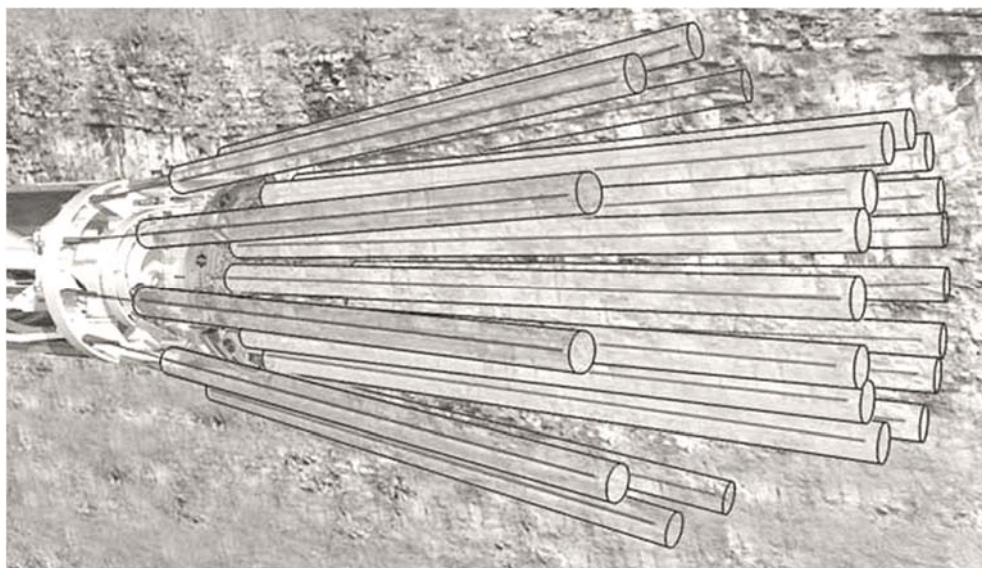
### 3.3.2.2 Tesnenie segmentov

Pre úseky, v ktorých bude potrebné zabezpečiť okamžitú tesnosť primárneho ostenia bude potrebné navrhnuť segmenty s celoobvodovým tesnením. Tesnenia musia byť navrhnuté a realizované po celom obvode jednotlivých segmentov aby bola zabezpečená tesnosť radiálnych aj pozdĺžnych škár. Tesnenia sú inštalované na jednotlivé segmenty vo výrobní segmentov a dopravované na stavbu už ako ich súčasť. Tvar a materiál zodpovedá celkovému návrhu segmentov a primárneho ostenia.

Pre úseky, v ktorých sa tesnosť primárneho ostenia nebude vyžadovať je možné realizovať samotné segmenty bez tesniacich prvkov. Izoláciu proti horninovej vode bude zabezpečovať medziľahlá plášťová izolácia. S ohľadom na rôzne geologické podmienky v trase tunelov je možné aj samotné segmenty ostenia prispôbiť rozdielnym požiadavkám na primárne ostenie napr. rôznym stupňom vystuženia.

### 3.3.2.3 Injektáž horninového masívu

Na základe výsledkov IGHP možno v určených úsekoch tunelových rúr realizovať pomocné opatrenia prostredníctvom injektáží aj pri razení pomocou TBM. Cieľom injektáže je utesniť a vyplniť trhliny, praskliny, pukliny v horninách a zeminách, ktoré vytvárajú cestu pre prúdiacu vodu. Tesniaca injektáž môže byť zrealizovaná v niekoľkých fázach, napr. plášťová do malej hĺbky - 2,0 m a hĺbková postupne do väčších hĺbok, až sa zastaví nežiadúci prienik vody. Nevýhodou pri kontinuálnom razení je menšia priestorová dostupnosť okolitého masívu z priestoru raziaceho stroja. Samotný raziaci stroj musí byť usporiadený pre možnosť realizácie prieskumných alebo injektážnych vrtov z oblasti štítu. Injektovanie cieľovej zóny po obvode budúceho profilu tunela je možné realizovať v pracovnej oblasti raziaceho stroja len s drobnými obmedzeniami, pri určitých typoch raziacich strojov po celom obvode kruhového profilu. Aktuálne navrhované raziace stroje umožňujú aj realizáciu opatrení za rovinou čelby, v priestore budúceho profilu tunela. Realizácia týchto opatrení má však vplyv na postup razenia keďže nie je možný súčasný rotačný pohyb raziacej hlavy a víťanie predpolia čelby cez otvory v raziacej hlave. Spôsob injektovania v predpolí stroja je zrejmy z obrázka.



**Obrázok 4: Znázornenie injektážnych vrtov v predpolí stroja ( zdroj Herrenknecht AG)**

### 3.3.2.4 Realizácia atypických konštrukcií

Medzi opatrenia vzťahujúce sa ku kontinuálnemu spôsobu razenia je potrebné zahrnúť aj tie činnosti, ktoré súvisia s budovaním atypických konštrukcií v tunelových rúrach. Takýmito sú hlavne priečne prepojenia, núdzové zálivy a výklenky.

Pri kontinuálnom razení bude po celej dĺžke tunela realizované segmentové primárne ostenie. Budovanie objektov v priestore mimo kruhového profilu si bude vyžadovať opatrenia, ktoré zabezpečia stabilitu horninového masívu a segmentov ostenia, do ktorých sa zasahovať nebude. V úsekoch, v ktorých bude potrebné zabezpečiť tesnosť masívu za účelom minimalizovania vplyvu na podzemné vody, bude nutné realizovať obdobné opatrenia ako pri cyklickom spôsobe razenia prostredníctvom injektážnych vrtov v okolí profilu. Tieto vrty bude potrebné realizovať cez už zabudované segmenty. Z tohto pohľadu bude najkomplikovanejšia realizácia núdzových zálivov. Na potrebnej dĺžke (cca. 50 m) bude potrebné realizovať tesniace opatrenia v okolí prierezu tunela z priestoru tunelovej rúry. Bude nutné zabezpečiť jednotlivé segmenty primárneho ostenia aby nedošlo k ich uvoľneniu počas realizácie rozširovania profilu pre potreby vybudovania NZ. Ako je znázornené v prílohe č.3 tohto porovnania, kvôli dodatočnému razeniu a budovaniu NZ bude potrebné vybúrať cca. dve tretiny už zabudovaného segmentového ostenia. Samotné rozširovanie profilu bude prebiehať na princípoch cyklického razenia s postupným razením potrebného profilu a realizáciou primárneho ostenia. Realizácia núdzových zálivov môže prebiehať počas samotného razenia tunelových rúr resp. až po ukončení raziacich prác tunelovacieho stroja. V prípade realizácie súčasne s razením tunela je nutné logisticky zvládnuť neprerušovaný transport segmentového ostenia k raziacemu stroju a zároveň aj prebiehajúcu odťažbu rúbaniny. V tomto prípade by realizácia NZ prebiehala s výraznými priestorovými obmedzeniami v spojitosti so zvýšeným rizikom kolízných situácií. Pri realizácii NZ po ukončení raziacich prác TBM by sa tieto riziká podstatne eliminovali, avšak je nutné počítať s negatívnym dopadom na dobu výstavby tunelov. Pracovný priestor počas rozširovania kruhového profilu pre budovanie núdzového zálivu je zrejmy z nasledujúceho obrázka.

Budovanie núdzových zálivov





**Obrázok 5: Razenie profilu núdzového zálivu ( zdroj Marti AG)**

Rovnako ako núdzové zálivy bude potrebné realizovať aj zárodoky priečných prepojení a výklenky. Tieto sú síce svojím rozsahom neporovnateľne menšie, avšak taktiež bude potrebné realizovať súvisiace opatrenia pre utesnenie horninového masívu v tých úsekoch v ktorých to bude nutné z hľadiska geologických podmienok. Pre potreby budovania zárodkov priečného prepojenia bude potrebné vybúrať niekoľko segmentov primárneho ostenia. Ich počet bude závislý od veľkosti potrebného zárodku resp. od veľkosti výklenku. Okolité segmenty musia byť pred samotným lokálnym zásahom do prstenca primárneho ostenia zabezpečené aby nedošlo k ich posunu resp. poškodeniu.



**Obrázok 6: Razenie zárodku priečného prepojenia ( zdroj Marti AG)**



## 4. Porovnanie metód z hľadiska ďalších aspektov

### 4.1 Geologické podmienky

Z hľadiska prípadnej voľby spôsobu razenia je najdôležitejším aspektom geologická skladba horninového masívu. Obe metódy sú schopné reagovať na prípadné zmeny podmienok resp. neočakávané zastihnuté poruchové zóny odlišným spôsobom. Výber metód musí byť jednoznačne podložený výsledkami podrobného IGHP. Na základe aktuálneho stavu poznania podmienok v trase tunelov nie je možné vyhodnotiť ani jeden spôsob razenia tunelov ako nevhodný.

Hlavným rizikovým faktorom v trase tunelov Korbeľka a Havran sa v aktuálne javia možné výskyty krasových útvarov resp. jaskynných systémov.

Cyklické razenie svojím charakterom umožňuje rýchlejšie a presnejšie zaregistrovanie krasových javov v trase tunela. Vzhľadom na trvale prístupnú čelbu umožňuje dôslednejšie vizuálne sledovanie príp. mapovanie zastihnutých krasových dutín a jaskynných systémov. Aj realizácia súvisiacich opatrení je vzhľadom na trvale prístupnú čelbu jednoduchšia. Práve z tohoto hľadiska, je razenie pomocou raziaceho stroja v nevýhode, nakoľko neumožňuje trvalú vizuálnu kontrolu čelby a musí sa spoliehať len na prieskumné práce realizované do prepolia čelby prostredníctvom vrtných prác, resp. geofyzikálnych meraní. Toto sledovanie nemusí zaznamenať dutiny v tesnej blízkosti razeného profilu, ktoré môžu mať za následok nerovnomerné zaťaženie prstencov primárneho ostenia príp. nekontrolovateľnú stratu výplne prstencovej štrbiny resp. injektážnej zmesi, čo pre kontinuálne razenie predstavuje väčšie riziko.

### 4.2 Objem rúbaniny

Celkový objem rúbaniny pre cyklické razenie závisí od rozdelenia horninového masívu na kvázi-homogénne celky a priradenia zodpovedajúceho typu vzorového priečného rezu (na pásach, s protiklenbou a kruhový profil). Na základe dostupných geologických a hydrogeologických údajov bolo rozdelené zastúpenie jednotlivých typov profilov po trase tunelov. Celkový objem rúbaniny predpokladaný pre cyklické razenie je približne 1,66 mil. m<sup>3</sup> pre tunelové rúry tunela Korbeľka a približne 0,77 mil. m<sup>3</sup> pre tunelové rúry tunela Havran.

Pri kontinuálnom razení je použitý iba jeden kruhový profil po celej dĺžke tunela. Celkový objem rúbaniny je v približne 1,85 mil. m<sup>3</sup> pre tunelové rúry tunela Korbeľka a približne 0,87 m<sup>3</sup> pre tunelové rúry tunela Havran.

Uvádzané hodnoty sú vrátane započítaného koeficientu nakyprenia  $k=1,3$ . Porovnanie celkových objemov rúbaniny je uvedené v prílohe č.5 tohto porovnania.

Do výpočtov nebol započítaný technologicky podmienený ani geologický nadvýlom a preto výpočet uvažuje len s teoretickým objemom vyrúbu resp. objemom po započítaní koeficientu nakyprenia. Rozdielovým prvkom v porovnaní celkového objemu rúbaniny je zastúpenie kruhového profilu v trase tunelov. Na základe výsledkov podrobného IGHP bude možné presnejšie rozdelenie zastúpenia jednotlivých profilov v trase tunelov a tým aj presnejšie porovnanie objemov vyťaženého materiálu.

Samotné nadvýlomy sú pri kontinuálnom razení vopred definované a vzhľadom na celkový objem rúbaniny zanedbateľné. Geologicky podmienený nadvýlom sa pri kontinuálnom razení so segmentovým ostentím neuvažuje, keďže hneď za úrovňou štítu

je osádzané primárne segmentové ostenie. Pre cyklické razenie je samozrejme nutné uvažovať s jednotlivými druhmi nadvýlomov vo väčšej miere, a to nielen z pohľadu objemu rúbaniny, ale aj objemu betónu potrebného na ich vyplnenie.

Polomer výrubu ktorý definuje nutný priemer stroja a teda aj celkový objem rúbaniny je pri kontinuálnom razení definovaný na základe svetlého prierezu, presahu na kompenzácie odchýlok a tolerancií, hrúbky segmentov a šírky prstencovej štrbiny. Podrobne je problematika nadvýlomov, vrátane zmluvných plnení pri kontinuálnom razení popísaná v rámci TP 022 – kontinuálne razenie.

### 4.3 Organizácia výstavby

Organizácia výstavby a problémy ktoré pri nej vznikajú, sú v prípade oboch metód razenia odlišné. Nakoľko existujú len 2 reálne alternatívy pre TBM razenie ale viacero kombinácií logistiky výstavby pre metódu NRTM s mnohými čelbami, podrobne budú vysvetlené len alternatívy TBM razenia. Metóda NRTM bude vysvetlená len na základe potrebných organizačných príprav na jednu čelbu.

V úvahu pripadajú aj možnosti razenia jedného tunela cyklickým a druhého kontinuálnym razením, táto alternatíva však nebude ďalej posudzovaná, nakoľko na kritickej ceste z hľadiska doby výstavby bude razenie tunela Korbeľka.

#### 4.3.1 Cyklické razenie

Vďaka väčšej flexibilitě cyklického razenia existuje mnoho kombinácií ktorými by sa dala stavba realizovať. Venovať sa kombináciám rôznych počtov čelieb a časovania razenia nie je úlohou tohoto porovnania resp. aktuálneho štádia projektu. Reálne porovnanie časovej náročnosti závisí od schopnosti zhotoviteľa logisticky zvládnuť razenie z viacerých čelieb so súčasne realizovaným sekundárnym ostením. Výhodou cyklického razenia je možnosť presúvania jednotlivých mechanizácií medzi tunelovými rúrami, čo umožňuje minimalizovať celkové množstvo strojného zariadenia pre samotné razenie.

#### Zariadenie staveniska

Stavebný dvor potrebný pre cyklické razenie by mal obsahovať triedičku rúbaniny, medziskladku rúbaniny, nádrže pre zachytenie podzemnej vody a priestor pre sklad materiálov. Tieto stavebné dvory musia byť zriadené v portálových jamách resp. v ich tesnej blízkosti, aby bola zabezpečená plynulá dodávka a odvoz materiálov. Pre razenie oboch tunelov sa predpokladajú tri stavebné dvory. Stavebné dvory by sa nachádzali pri západnom portáli tunela Korbeľka, východnom portáli tunela Korbeľka (resp. západný portál tunela Havran), a východnom portáli tunela Havran. Veľkosť stavebných dvorov by sa mala pohybovať medzi 5 až 18 tisíc m<sup>2</sup>. Dokopy by to v prepočte znamenalo okolo 31 000 m<sup>2</sup>.

Doprava a odvoz materiálu sú rovnaké ako samotná metóda, teda cyklické. Tým že priemerná rýchlosť razenia je 3 m/deň, objem materiálu ktorý musí byť transportovaný a pretriedený je zvláduteľný. Mechanizácia potrebná na túto činnosť je spomenutá vyššie. Zásobovanie staveniska je predpokladané primárne po trase diaľnice. Výrazné by sa na tom mala podieľať aj cesta I/18. Čiastočne využité by mali byť aj cesty III. triedy, ale v prípade potreby aj poľné a lesné cesty resp. konkrétne staveniskové

komunikácie. Dodatočné riešenie odľahčenia miestnej cestnej komunikácie by spočívalo vo využití koľajovej dopravy, avšak s potrebou vybudovania dočasných prekladísk v blízkosti tunelových portálov. Takéto riešenie pripadá do úvahy v priestore medzi VP tunela Korbefka a ZP tunela Havran.

Energetické nároky a dodávanie energie

Cyklické razenie je vo všeobecnosti energeticky nenáročné, a preto dodávka energie nefiguruje medzi najväčšími problémami tejto metódy. Elektrická energia je nutná iba na základné potreby akými sú osvetlenie a vetranie. Táto by bola odoberaná zo súčasnej energetickej siete. Presné energetické nároky NRTM nie sú známe a závisia na charaktere dočasného osvetlenia v tunelových rúrach, systéme vetrania rúr počas razenia príp. od potreby ďalších elektrických zariadení. Mechanizácia spomenutá na predošlých stranách, je založená na dieselovom pohone, preto nevytvára dodatočnú spotrebu elektrickej energie pre samotné razenie.

#### 4.3.2 Kontinuálne razenie (TBM)

Odlišnosti

Ako je znázornené v prílohe č.4, a vyššie popísané, v úvahu pripadajú dve základné možnosti na razenie s pomocou raziaceho stroja:

- Alternatíva 1 – razenie s jedným strojom zo západného portálu tunela Korbefka, kde sa vyrazí PTR tunela Korbefka aj tunela Havran v jednom smere, pri východnom portáli tunela Havran by sa stroj otočil a následne byrazil LTR v tuneli Havran a v tuneli Korbefka v opačnom smere
- Alternatíva 2 - razenie za pomoci dvoch strojov od ZP oboch rúr tunela Korbefka a následne aj oboch rúr tunela Havran.

Zriadenie staveniska.  
doprava a odvoz materiálu

Vzhľadom na dĺžku tunelových rúr tunelov Korbefka a Havran, by bolo logisticky náročné zabezpečiť plynulú dopravu materiálu ku stroju a odvoz rúbaniny z jedného stavebného dvora. Navrhované riešenia by pozostávali z 3 stavebných dvorov (umiestnenie identické ako pri NRTM razení), na ktorých by sa museli nachádzať nasledovné objekty špecifické pre kontinuálne razenie:

**Tab. 2 Objekty potrebné pre zabezpečenie kontinuálneho razenia**

Objekt	Plocha (m <sup>2</sup> )
Fabrika na TBM segmenty	2 500
Sklad TBM segmentov	3 000
Triedička rúbaniny	1 000
Medziskládka rúbaniny	8 000
Sklad betónu	400
Depo stavebnej mechanizácie	2 500
Sklad stavebných hmôt	300
Transformátorová stanica	50
Nakladacia plocha	2 500
Skladové plochy	7 000
<b>TOTAL</b>	<b>27 250</b>

## Alternatíva s jedným strojom

Predpokladaná veľkosť stavebného dvora je založená na podkladoch z podobných projektov zo zahraničia. Umiestnenie jednotlivých objektov v uvedených v tabuľke je možné uskutočniť rôznymi spôsobmi, ktoré sa odlišujú pre alternatívu 1 a 2.

Alternatíva s použitím jedného raziaceho stroja by so sebou niesla pomerne komplikovanú logistiku výstavby. Pri tejto alternatíve by bolo potrebné postupne zabezpečiť prísun materiálu a energie z troch stavebných dvorov v rôznych smeroch. Dovozy segmentov by postupne prebiehali zo ZP tunela Korbeltka, z priestoru medzi tunelmi, následne z VP tunela Havran a opätovne z priestoru medzi tunelmi. Rovnaký postup by sa týkal aj odťažovania rúbaniny. Takýmto postupom by sa skrátili jednotlivé vzdialenosti dopravy a odvozu materiálu, ale triedička rúbaniny a sklad TBM segmentov by museli byť zriadené na troch miestach, čo výrazne zvyšuje nároky na technologické vybavenie potrebné pre razenie. Z hľadiska počiatkových nákladov predstavuje alternatíva s jedným raziacim strojom úsporu vo výške počiatkových nákladov na výrobu stroja, avšak nesie so sebou komplikovanú organizáciu výstavby a samozrejme aj predĺženie celkovej doby razenia.

## Alternatíva s dvomi strojmi

Alternatíva s dvoma raziacimi strojmi, z ktorých by jedenrazil obe PTR a druhý obe L'TR tunelov Korbeltka a Havran, by predstavovala z hľadiska prípravy stavby aj samotnej logistiky výstavby vhodnejšiu alternatívu. Samotné zázemia v podobe stavebných dvorov by sa museli nachádzať na ZP tunela Korbeltka a v priestore medzi oboma tunelmi. VP tunela Havran by v tomto prípade slúžil len pre rozobratie strojov a následne ako prístup pre budovanie sekundárneho ostenia resp. ďalších súčastí tunela. Z hľadiska dopravy TBM segmentov pripadajú do úvahy dve možnosti. Jednou je sklad TBM segmentov na oboch dvoroch, s logickými kratšími vzdialenosťami k strojom. Druhou alternatívou by mohol byť dovoz TBM segmentov zo ZP tunela Korbeltka, cez vyrazený tunel a premostenie medzi tunelmi, až k ZP tunela Havran. Toto riešenie by síce odstránilo potrebu prísunu segmentov zo stavebného dvora medzi tunelmi, spôsobilo by však obmedzenie v priestore tunelových rúr tunela Korbeltka z hľadiska postupného budovania sekundárneho ostenia a vnútorných konštrukcií a samozrejme aj logické predĺženie dopravných vzdialeností.

## Energetické nároky a dodávanie energie

Je možné uvažovať, počas presunu TBM strojov z tunela Korbeltka na portál tunela Havran, aj nad presunom potrebného zázemia zo ZP tunela Korbeltka na ZP tunela Havran. Tým by sa zaručila krátka vzdialenosť ku stroju a aj by sa znížili náklady na zariadenie staveniska. Detailné logistické porovnanie ale nie je predmetom tohto stupňa stavebnej dokumentácie a pohybuje sa len v hrubých priestorových rámcach.

Alternatíva 1 – Energetická náročnosť v prípade TBM razenia, je omnoho vyššia ako pri NRTM razení. Je to spôsobené napojením stroja na elektrickú energiu a zabezpečením jeho nepretržitého chodu. Odhadovaný energetický príkon závisí od typu stroja, ale hodnoty sa pohybujú v rozmedzí 2500 – 3500 kW/h na stroj. Samotné kontinuálne razenie si vyžaduje nepretržitú dodávku el. energie. Každý výpadok dodávky energie má za následok zastavenie stroja a súvisiacich zariadení pre jeho chod. Dodatočné energetické nároky predstavujú napr. osvetlenie tunela alebo vetranie počas výstavby obdobne ako pri cyklickom spôsobe razenia.

Alternatíva 2 – energetická náročnosť alternatívy s dvoma TBM bude dvojnásobná keďže bude razenie prebiehať v oboch tunelových rúrach súčasne.

#### 4.4 Špecifiká výstavby

Cyklické razenie dovoľuje jednoduchú zmenu profilu počas razenia. Hlavne počas budovania atypických konštrukcií tunela, akými sú núdzové zálivy, priečne prepojenia alebo výklenky, ktoré si vyžadujú dodatočné razenie mimo geometrie vzorového priečného rezu tunela, je táto výhoda podstatná.

Kontinuálne razenie sa týmto líši od cyklického. Nakoľko TBM osádza primárne ostenie za hlavou stroja po celom obvode profilu, ostenie je zabezpečené po dĺžke celého tunela v kruhovom profile bez možnosti vybudovania spomenutých atypických štruktúr počas jeho realizácie. To znamená, že pre vybudovanie atypických konštrukcií mimo priestoru kruhového profilu je nutná dodatočná asanácia časti primárneho ostenia v miestach umiestnenia výklenkov, priečných prepojení a núdzových zálivov. Do úvahy je treba zobrať koľko týchto atypických štruktúr by bolo vybudovaných v tuneloch Korbeľka a Havran, a veľkosť zásahu do ostenia. Zatiaľ čo núdzové zálivy sú naplánované každých 750 m, každých 250 m je nutné vybudovať priečne prepojenia a každých 62,5 m výklenky (SOS, požiarne, čistiace a kombinované) po oboch stranách každej tunelovej rúry. Celkový počet núdzových zálivov je 20, priečných prepojení 34 a výklenkov 544, v oboch tunelových rúrach oboch tunelov.

Jednotlivé výklenky predstavujú pomerne malý zásah do segmentového ostenia (2-4 segmenty) a objem potrebného dodatočného výrubu je malý, avšak vzhľadom na ich množstvo predstavujú nezanedbateľné časové nároky na ich realizáciu.

Budovanie núdzových zálivov predstavuje výraznejší zásah do segmentového ostenia a komplikovanejšie opatrenia pre potreby dodatočného razenia.

Porovnanie kruhového profilu tunela s profilom potrebným v miestach núdzového zálivu je znázornené v prílohe č.3 tohoto porovnania.

#### 4.5 BOZP

Odlíšnosti v metóde razenia opísane v sekcii 2.3 sa premietajú aj do rozdielov ohľadom BOZP. Nakoľko NRTM metóda ráta s postupným zabezpečovaním výrubu, používaním trhavín, pohybom ťažkej mechanizácie v priestore tunela a rozsiahlejšími manuálnymi pracovnými postupmi je riziko neočakávaných udalostí vyššie.

TBM razenie je v tomto ohľade bezpečnejšie. Vysoký stupeň automatizácie razenia, neustále krytie pracovníkov konštrukciou raziaceho stroja vytvárajú lepšie a bezpečnejšie podmienky pre prácu. Kvalita vzduchu v razenej tunelovej rúre pri TBM razení je taktiež vyššia z dôsledku používania elektrickej energie v prevažnej miere, na rozdiel od dieselových agregátov pri mechanizácii potrebnej pre cyklické razenie.

#### 4.6 Nároky na prípravu výstavby

Tunel razený pomocou plno-profilového raziaceho stroja sa na Slovensku ešte nerealizoval a táto skutočnosť by mala byť tiež zvážená. Nasadenie raziaceho stroja sa aplikovalo v tuneloch Branisko a Višňové a to len na úrovni prieskumnej štôlne. Z tohoto dôvodu je nutné konštatovať nižšiu mieru skúseností s kontinuálnym razením,

ktorá so sebou nesie súvisiace nároky hlavne pre fázu prípravy a neskôr aj samotnej výstavby. Pre kontinuálne razenie je potrebný podrobný IGHP, ktorý bude mapovať všetky diskontinuity a zmeny v geológii po celej dĺžke tunela, aby bolo možné navrhnúť vhodný typ raziaceho stroja. Dôvodom je potreba určenia raziaceho stroja, ktorý musí byť navrhnutý pre konkrétne prostredie, resp. už vopred navrhnutý ako typ stroja modifikovateľný v priebehu výstavby. Samotná modifikácia stroja počas razenia však taktiež zahŕňa určité časové nároky, ktoré by častou potrebou úpravy samotného stroja neúmerne predlžovali dobu výstavby. Až po určení geologických pomerov v trase tunela a potrebného typu raziaceho stroja je možné dať podnet na výrobu daného stroja, na ktorý je čakacia doba cca. 1 rok.

#### 4.7 Doba výstavby

Prehľadné porovnanie dôb potrebných pre vyrazenie jednotlivých tunelových rúr je uvedené v prílohe č.5 tohoto porovnania.

Predpokladané doby na razenie všetkých tunelových rúr boli vyrátané na základe približných denných postupov v profiloch obdobného prierezu a pri podobných geologických a hydrogeologických podmienkach. Priemerný postup pri cyklickom razení je závislý od typu profilu. V hrubom meradle možno uvažovať s postupom cca. 3m/deň/čelba, zatiaľ čo pri kontinuálnom razení porovnanie uvažuje s postupom cca. 14m/deň/stroj pre jeden raziaci stroj. Hodnoty v tabuľke podávajú len základné informácie o predpokladaných dobách samotných ražíeb a nie o celkovej dobe potrebnej pre vyrazenie tunelových rúr vrátane súvisiacich činností a opatrení.

Pre porovnanie celkovej doby pre vyrazenie a vystrojenie tunelových rúr je potrebné uvažovať s časom potrebným pre výrobu stroja resp. strojov, dopravu a montáž, samotný proces razenia, presun stroja medzi tunelmi, príp. otočenie a razenie v opačnom smere s rovnakými náležitosťami. Zhrnutie kľúčových činností uvádzame v tabuľke. V porovnaní sú uvedené hodnoty pre cyklické razenie tunela Korbefka, ktorý vzhľadom na svoju dĺžku bude tvoriť kritickú cestu v procese časového porovnania.

**Tab. 3 Prehľadné porovnanie časových nárokov pre vyrazenie a vystrojenie tunelových rúr**

	Kontinuálne razenie 1 TBM	Kontinuálne razenie 2 TBM	Cyklické razenie (tunel Korbefka)
Procesy od podpisu ZoD	Doba trvania v mesiacoch	Doba trvania v mesiacoch	Doba trvania v mesiacoch
Mobilizácia zhotoviteľa	1	1	1
Výroba stroja / strojov	12	16 (dokončenie 2.TBM)	-
Budovanie portálov	- ( v čase výroby stroja)	-	4
Doprava a montáž stroja	5	5	-
Razenie tunela Korbefka	14 (PTR)	14 (obe rúry)	36 (4 čelby)
Presun stroja	2	2	-
Razenie tunela Havran	7 (PTR)	7 (obe rúry)	-
Otočenie stroja	2	-	-
Razenie tunela Havran	7 (LTR)	-	-
Presun stroja	2	-	-
Razenie tunela Korbefka	14 (LTR)	-	-
Opatrenia pre utesňovanie masívu ( 20% z doby razenia)	-	-	7
Úpravy NZ, PP, dokončovacie práce	6	3	- (počas razenia)
<b>Spolu</b>	<b>72 (6 rokov)</b>	<b>48 (4 roky)</b>	<b>48 (4 roky)</b>

#### 4.8 Dopad na legislatívny proces

V prípade cyklického razenia nevznikajú žiadne zmeny voči procesu EIA, nakoľko samotná porovnávacia štúdia a hodnotenie EIA boli vypracované v zmysle náležitostí a súvisiacich aspektov cyklického razenia.

Špecifické aspekty kontinuálneho razenia popísané v tejto správe, ako napr. vybavenie portálových stavebných dvorov, spôsob a intenzita odťažby rúbaniny, jej následné spracovanie, pridružená výroba a transport segmentového ostenia, vyššie energetické nároky, odlišná logistika a organizácia výstavby, odlišné nároky na plochy zariadenia staveniska, a pod., môžu vytvárať odlišnosti, ktoré síce nemenia charakter a umiestnenie stavby, avšak môžu znamenať určité odlišnosti od správy o hodnotení vplyvov na životné prostredie EIA, v niektorých aspektoch, ktoré neboli posudzované.

Na základe výsledkov podrobného IGHP bude možné presnejšie vyhodnotiť možnosti použitia jednotlivých spôsobov razenia a následne postup v ďalších fázach projektovej prípravy.

## 5. Záverečne zhrnutie

### 5.1 Cyklické razenie

V zmysle predchádzajúcich kapitol nemožno vyhodnotiť cyklický spôsob razenia ako nevhodný pre razenie tunelov Korbefka a Havran z hľadiska ochrany vodných zdrojov ani z hľadiska ďalších aspektov. Samotné cyklické razenie je v našich podmienkach dlhodobo používaným a overeným spôsobom výstavby tunelov. Použitím príslušných opatrení je možné dosiahnuť aj pri tomto spôsobe razenia minimalizovanie potenciálnych negatívnych vplyvov na režim podzemných vôd a dotknuté vodné zdroje. Sumár jednotlivých kľúčových aspektov je uvedený v tabuľke.

Tab. 4 Cyklické razenie - sumár

Výhody	Nevýhody
Variabilita razenia	Nižší denný postup
Optimalizovaný profil	Hluk a vibrácie z trhacích prác
Razenie atypických profilov	Zložitejšie utesňovanie profilu
Jednoduchá mechanizácia	Vyššie nároky na organizáciu razenia
Rýchla mobilizácia	Vyššie nároky na BOZP
Nižšia energetická náročnosť	Vyšší počet pracovníkov

### 5.2 Kontinuálne razenie

Rovnako v zmysle predchádzajúcich kapitol nemožno vyhodnotiť kontinuálny spôsob razenia ako absolútne výhodnejší pre razenie tunelov Korbefka a Havran z hľadiska ochrany vodných zdrojov ani z hľadiska ďalších aspektov. Kontinuálne razenie so sebou prináša mnoho odlišností nielen pri samotnej realizácii ale aj v rámci prípravy stavby. Použitie raziaceho stroja pre razenie takto veľkých diel je na Slovensku zatiaľ neoverené a preto je potrebné k nemu pristupovať dôsledným koncepčným prístupom. Základným faktorom pre úspešné nasadenie raziaceho stroja je podrobné preskúmanie horninového masívu v trase tunelov a zodpovedajúce vyhodnotenie jeho vhodnosti nie len čo sa týka geologických podmienok ale aj náročnosti prípravy, samotnej organizácie výstavby a v neposlednom rade výšky celkovej investície. Sumár jednotlivých kľúčových aspektov je uvedený v tabuľke.

Tab. 5 Kontinuálne razenie - sumár

Výhody	Nevýhody
Okamžité utesňovanie profilu	Neflex bilná metóda
Vyšší denný postup	Pomalá mobilizácia
Nižšia úroveň hluku a vibrácií	Vysoká energetická náročnosť
Zasadne znížené BOZP riziko	Vysoká počiatočná investícia - stroj
Menší počet pracovníkov	Náročnejšia organizácia stavby



### 5.3 Zhrnutie porovnaní

Toto porovnanie nemá odporúčací charakter z hľadiska výberu spôsobu razenia. Jeho úlohou je vytvoriť komplexný pohľad na problematiku porovnávania cyklického a kontinuálneho razenia. Aj z tohto porovnania vyplýva, že v tomto stupni projektovej prípravy a na základe aktuálneho stavu poznania horninového masívu nie je možné určiť ani jeden spôsob výstavby za vyslovene nevhodný. Pomocou príslušných opatrení dokážu obe metódy, aj keď každá odlišným spôsobom, rovnocenne minimalizovať potenciál ohrozenia režimu podzemných vôd v trase tunelov Korbeľka a Havran. Na záver uvádzame prehľadné porovnanie jednotlivých hodnotiacich aspektov.

**Tab. 6 Prehľadné porovnanie**

Hodnotiace aspekty	Cyklické razenie	Kontinuálne razenie
<b>Vplyv na životné prostredie</b>		
Ochrana vodných zdrojov	o	o
Ekologické riziko	-	+
<b>Razenie</b>		
Rýchlosť razenia	-	+
Objem rúbaniny	+	-
Nadvýrub/Nadvýlom	-	+
Atypické konštrukcie	+	-
Automatizácia	-	+
<b>BOZP</b>		
Bezpečnosť práce	-	+
Kvalita ovzdušia	-	+
<b>Organizácia výstavby</b>		
Doprava a odvoz materiálu	+	-
Prípravenosť na razenie (mobilizácia)	+	-
Energetická náročnosť	+	-
Veľkosť stavebnej jamy/dvora	o	-
Mechanizácia	+	o
<b>Vplyv na obyvateľstvo</b>		
Hluk vibrácie z razenia	-	+
Hluk zo stavebnej jamy	-	-
Vplyv na miestne komunikácie	o	-
<b>Ekonomické prvky</b>		
Vstupná investícia	+	-
Časový horizont	o	o
<b>Legislatívny proces</b>		
Súlad s EIA	+	o
Príprava výstavby	+	-

Vysvetlivky: (-) – vplyv v neprospech (o) – neutrálny vplyv (+) – vplyv v prospech



## Prílohy

---

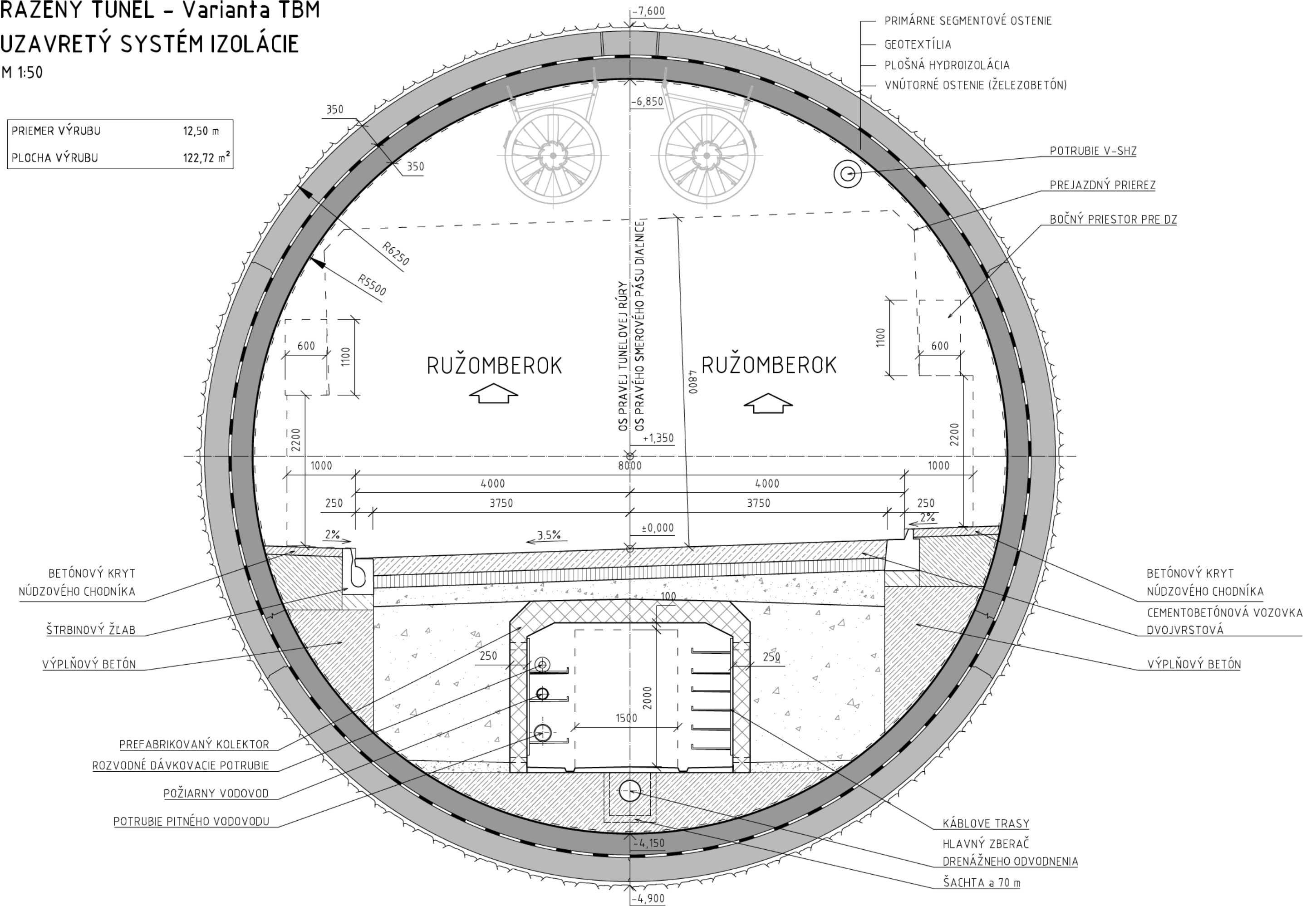
## Obsah

---

- \_ Príloha č.1 Vzorový priečny rez - uzavretý systém izolácie
- \_ Príloha č.2 Vzorový priečny rez - otvorený systém izolácie
- \_ Príloha č.3 Vzorový priečny rez - núdzový záliv
- \_ Príloha č.4 Schéma organizácie výstavby s použitím raziaceho stroja
- \_ Príloha č.5 Prehľadné porovnanie základných parametrov razenia tunelov Korbeltka a Havran

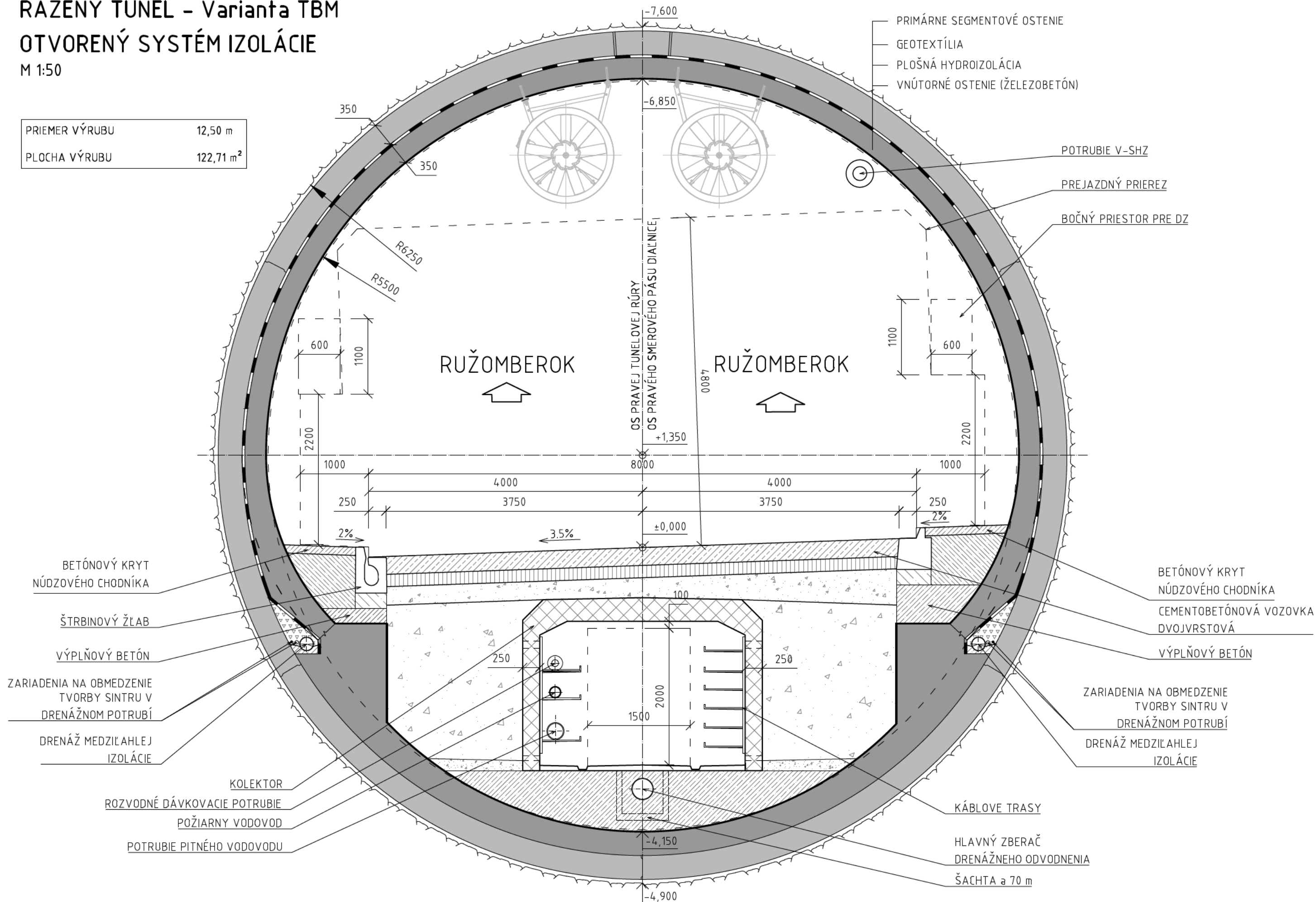
VZOROVÝ PRIEČNY REZ  
RAZENÝ TUNEL - Varianta TBM  
UZAVRETÝ SYSTÉM IZOLÁCIE  
M 1:50

PRIEMER VÝRUBU	12,50 m
PLOCHA VÝRUBU	122,72 m <sup>2</sup>



PRIEMER VÝRUBU	12,50 m
PLOCHA VÝRUBU	122,71 m <sup>2</sup>

- PRIMÁRNE SEGMENTOVÉ OSTENIE
- GEOTEXTÍLIA
- PLOŠNÁ HYDROIZOLÁCIA
- VNÚTORNÉ OSTENIE (ŽELEZOBETÓN)



VZOROVÝ PRIEČNY REZ  
RAZENÝ TUNEL – Varianta TBM  
NÚDZOVÝ ZÁLIV

PRÍLOHA č.3

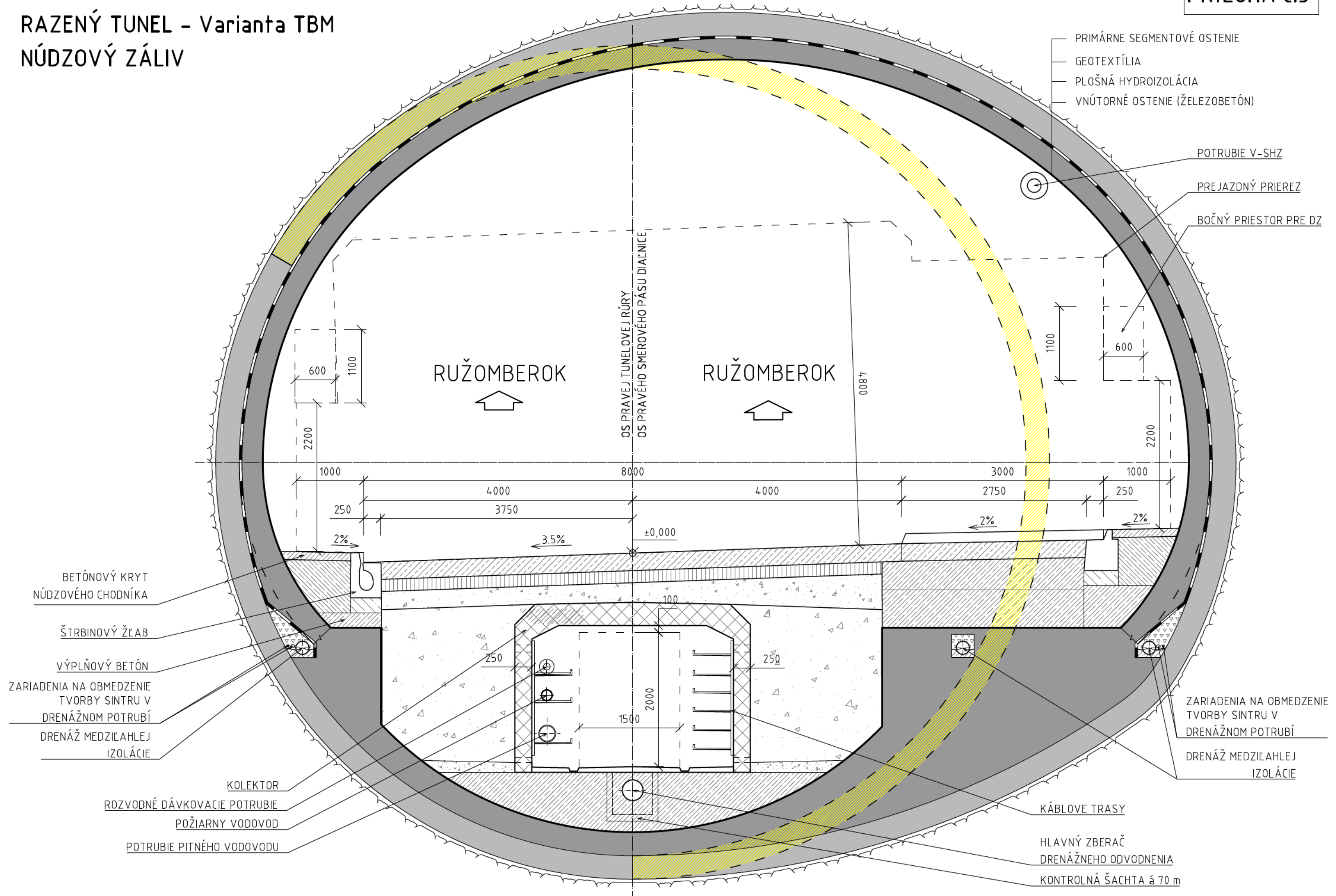


SCHÉMA ORGANIZÁCIE VÝSTAVBY

Legenda:

●

Montáž TBM

○

Alternatívna montáž TBM

✗

Demontáž TBM

→

Presun TBM

→

Smer razenia

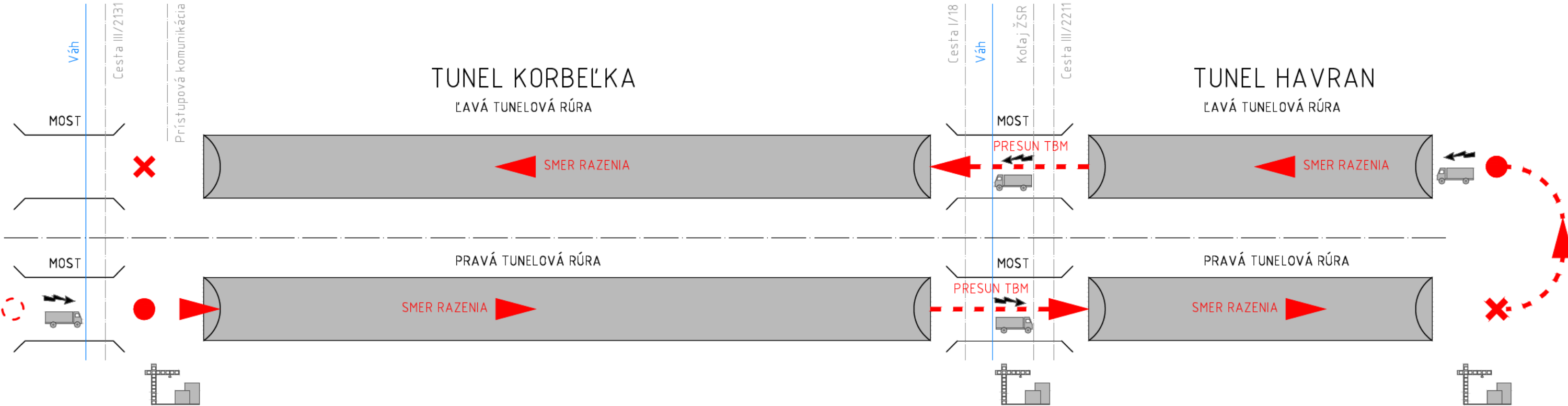
→

Transport materiál

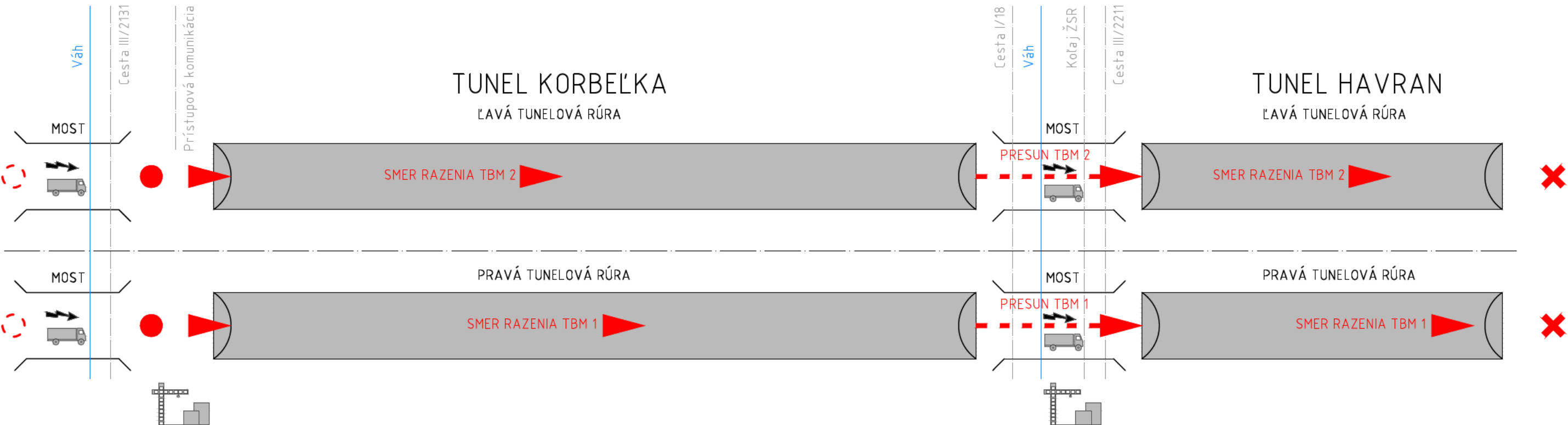
→

Zariadenie staveniska pre TBM

VARIANTA S JEDNÝM RAZIACIM STROJOM



VARIANTA S DVOMA RAZIACIMI STROJMI





## Príloha č.5 - Prehľadné porovnanie základných parametrov razenia tunelov Korbeľka a Havran

	Predpokladaná priemerná rýchlosť razenia (m/deň/čelba)			Plocha prierezu (m <sup>2</sup> )	Celkový objem rúbaniny (m <sup>3</sup> , koeficient nakyprenia 1.3)	
<b>NRTM profil</b>	kruhový	2	kruhový	120,8	994895	<b>2 442 078</b>
	s protiklenbou	3	s protiklenbou	111,9	836917	
	na pásoch	4	na pásoch	93,6	610266	
<b>TBM</b>	kruhový	14	kruhový	122,7		<b>2 728 897</b>

		Kruhový profil (celoizolovaný)	Profil s protiklenbou	Profil na pásoch	Kruhový profil (m)	Protiklenba (m)	Profil na pásoch (m)
Tunelová rúra	Dĺžka (m)	Percentuálne zastúpenie profilov			Celková dĺžka pre jednotlivé profily (m)		
Korbeľka LTR	5830,25	38%	33%	29%	2215	1924	1691
Korbeľka PTR	5823,00	38%	33%	29%	2213	1922	1689
Havran LTR	2750,00	35%	35%	30%	963	963	825
Havran PTR	2704,75	35%	35%	30%	947	947	811
	<b>17108,00</b>				<b>6337</b>	<b>5755</b>	<b>5016</b>

Korbeľka	Doba razenia (v mesiacoch)
1 TBM	28
2 TBM	14
2 čelby NRTM	72
3 čelby NRTM	48
4 čelby NRTM	36

Havran	Doba razenia (v mesiacoch)
1 TBM	13
2 TBM	6
2 čelby NRTM	33
3 čelby NRTM	22
4 čelby NRTM	17

Korbeľka + Havran	Doba razenia * (v mesiacoch)
1 TBM	41
2 TBM	20
4 čelby NRTM*	106
6 čelieb NRTM*	70
8 čelieb NRTM*	53

\* bez uvažovania súčasného razenia tunela  
Korbeľka a Havran

Poznámka: Toto porovnanie zahŕňa razenie bežného profilu bez zohľadnenia časov potrebných pre realizáciu atypických profilov (výklenky, zálivy, priečné prepojenia)  
Porovnanie taktiež neuvažuje s časovými nárokmi pre prípravu staveniska, mechanizácie, manipuláciu s raziacim strojom, mimoriadne situácie a doplňujúce opatrenia.





