



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV ŽELEZNIČNÍCH KONSTRUKCÍ A STAVEB

INSTITUTE OF RAILWAY STRUCTURES AND CONSTRUCTIONS

NÁVRH TRASY VRT RAKVICE - KÚTY

DESIGN OF THE ROUTE OF HSL RAKVICE - KUTY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Andrej Komora

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Tomáš Říha

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav železničních konstrukcí a staveb
Student: **Andrej Komora**
Vedoucí práce: **Ing. Tomáš Říha**
Akademický rok: 2023/24
Studijní program: B0732A260005 Stavební inženýrství
Studijní obor: Konstrukce a dopravní stavby

Děkan Fakulty Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh trasy VRT Rakvice - Kúty

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh trati bude proveden v souladu se standardy pro projektování VRT v České republice. Traťová rychlost 350 km/h, provozní rychlost 320 km/h, minimální rychlost 180 km/h.

Cíle a výstupy bakalářské práce:

Cílem bakalářské práce je vytvoření návrhu trasy vysokorychlostního objezdu žst. Břeclav. Trasa bude na začátku navazovat na trasu VRT Jižní Morava u obce Rakvice, na konci bude napojena do stávající žst. Kúty.

Seznam doporučené literatury a podklady:

Manuál pro projektování VRT - výtah

ČSN 73 6360-1 Konstrukční a geometrické uspořádání koleje železničních drah a její prostorová poloha – Část 1: Projektování

Předpis SŽ S3 Železniční svršek

Předpis SŽ S4 Železniční spodek

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 30. 11. 2023

L. S.

doc. Ing. Otto Plášek, Ph.D.
vedoucí ústavu

Ing. Tomáš Říha
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je návrh vysokorychlostní trati v úseku Rakvice – Kúty (Slovensko). Trasa slouží jako pokračování VRT Jižní Morava směrem na Slovensko, která patří do sítě TEN-T Core Network. Řešený úsek začíná u obce Rakvice. Návrh je vypracován v jedné hlavní variantě. Návrhová rychlost je 350 km/h a rychlost nejpomalejšího vlaku je 180 km/h.

KLÍČOVÁ SLOVA

studie, vysokorychlostní trať, napojení, Rakvice, Břeclav

ABSTRACT

The goal of the bachelor's thesis is to design a high-speed railway line between Rakvice and Kúty (Slovakia). The route serves as an extension of the High-Speed Rail Jižní Morava (South Moravia) towards Slovakia, which is part of the TEN-T Core Network. The studied section begins near the village of Rakvice. The proposal has been developed in a single main variant. The design speed is 350 km/h, and the speed of the slowest train is 180 km/h.

KEYWORDS

study, high-speed railway, connection, Rakvice, Břeclav

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KOMORA, Andrej. *Návrh trasy VRT Rakvice - Kúty*. Brno, 2024. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb. Vedoucí Ing. Tomáš Říha.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Návrh trasy VRT Rakvice - Kúty* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 18. 5. 2024

Andrej Komora

autor

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval Ing. Tomáši Říhovi za odbornou pomoc, připomínky a velké množství času který mi vždy ochotně věnoval při konzultacích této bakalářské práce.

1	Průvodní zpráva.....	7
1.1	Úvod.....	7
1.2	Popis území.....	8
1.2.1	Charakteristika území.....	8
1.2.2	Chráněné území.....	9
1.3	Navrhované varianty.....	10
1.3.1	Varianta A.1.....	10
1.3.1.1	Varianta A.....	10
1.3.1.2	Varianta A.1.....	11
1.3.2	Varianta B.1.....	11
1.3.2.1	Varianta B.....	12
1.3.2.2	Varianta B.1.....	12
1.3.3	Varianta B.....	13
1.3.4	Varianta B.1.3.....	13
1.3.5	Varianta B.....	14
1.3.6	Varianta B řízení TUNEL.....	16
1.3.6.1	Geologie.....	17
1.3.6.2	Možnosti řešení tunelu.....	19
	Volba úpravního uspořádání.....	19
	Výhody a nevýhody jednoho dvoukolejného tunelu.....	20
	Výhody.....	20
	Nevýhody.....	20
	Výhody a nevýhody dvou jednokolejných tunelů.....	20
	Výhody.....	20
	Nevýhody.....	20
	Volba tunelovací metody.....	21
	Zeminový štít (EP - Earth-pressure balance).....	21
	Jádrová metoda (Kernbauweise).....	23

1.3.6.3	Porovnání metod Bažby.....	25
	Ekonomické porovnání	25
	Technické porovnání.....	26
	Riziková analýza.....	26
1.4	Srovnání navržených variant.....	28
1.4.1	Varianta B	Error! Bookmark not defined.
2	Technická zpráva	30
2.1	Základní informace	30
2.2	Podklady	30
2.3	Požadované přílohy.....	31
2.4	Směrové poměry.....	32
2.5	Sklonové poměry.....	35
2.6	Železniční svršek	37
2.7	Konstrukce železničního svršku.....	37
2.8	Železniční spodek.....	37
2.9	Stavby železničního spodku.....	38
2.10	Odvodění.....	38
2.11	Křížení komunikací a železničních sítí.....	39
3	Přílohy.....	40

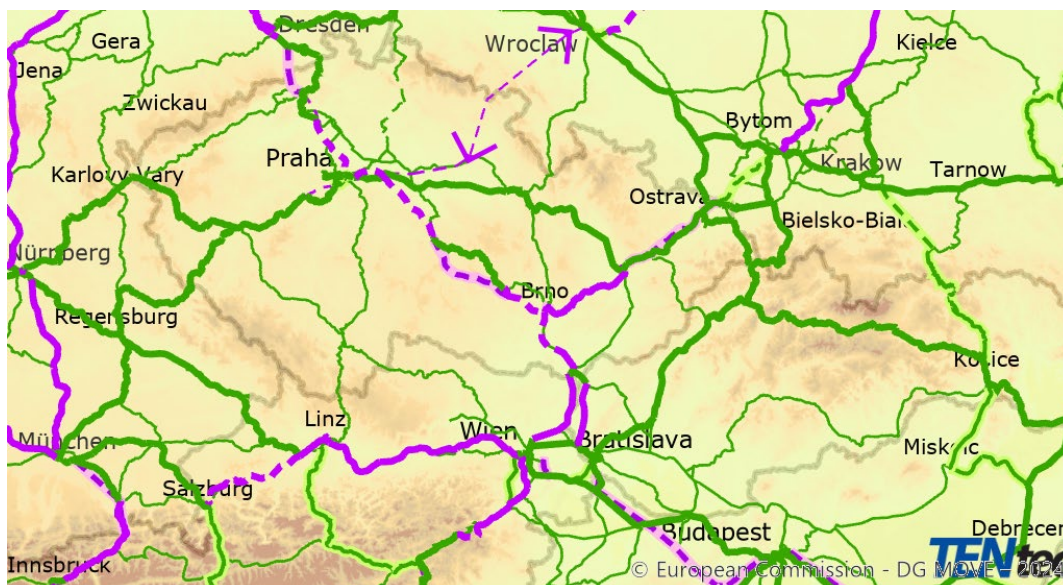
1 Průvodní zpráva

1.1 Úvod

Cílem bakalářské práce je návrh vysokorychlostní trati v úseku Rakvice – Kúty (Slovensko). Trasa slouží jako pokračování VRT Jižní Morava směrem na Slovensko, která patří do sítě TEN-T Core Network. Řešený úsek začíná v km 42,950 u obce Rakvice. Návrh je vypracován v jedné hlavní variantě.

Řešená trasa je navržena podle normy ČSN 73 6160-1, „Technicko-provozní studie – Technická řešení VRT“ a rychlostními požadavky od Správy železnic.

Návrhová rychlost všech variant je 350 km/h a rychlost nejpomalejšího vlaku je 180 km/h, maximální přípustný podélný sklon je 35 ‰. Pevný bod styku se Slovenskou republikou není stanoven, stejně tak není stanoveno ani místo napojení VRT do konvenční sítě na slovenské straně.



Obr. 1 Síť TEN-T Core Network v Česku a na Slovensku (1)

1.2 Popis území

1.2.1 Charakteristika území

Území patří do Dyjsko-svrateckého úvalu, Dolnomoravského úvalu a Záhorské nížiny. Patří do nejúrodnějších oblastí České a Slovenské republiky. Územím protéká řeka Morava, která zároveň tvoří hranici mezi Českem a Slovenskem.

Vzhledem k výhodné geografii má toto území historicky velký dopravní význam ještě z dob Československa, kdy tímto územím vedlo mnoho strategických cest a produktovodů. Územím prochází dálnice D2, D55 (plánovaná), I. a II. třída železničních koridorů, plynovod „Bratrství“, vysokonapěťové a nízkonapěťové elektrické vedení.

Díky vhodné geologii se v okolí obcí Lanžhot, Kostice, Tvrdonice a Břeclav nachází Podzemní zásobník plynu Tvrdonice, ze kterého směřuje na povrch velké množství sond.

1.2.2 Chráněné území

Vzhledem k faktu, že se celé území nachází v nížinách, nachází se v území několik lužních lesů a bažin.

V území se nacházejí také Evropsky významné lokality (NATURA 2000) Soutok, Trkmanec-Rybníčky, Trkmanské louky Kútsky les a Záhorské Pomoravie.

Název oblasti	Rozloha [ha]	Biotop	Chráněné druhy	Chráněné území
Trkmanec-Rybníčky	44,33	Slaniska	1	1
Trkmanské louky	19,03	Slaniska	1	0
Soutok Moravy a Dyje	9713.68		21	11
Záhorské Pomoravie	33068		55	12
Kútsky les	374,87		29	5

Tab. 1 Chráněné území (2)

Hlavním problémem při trasování se jeví lokality Trkmanské louky a Trkmanec-Rybníčky. Jedná se o komplex terénních depresí, slaných luk a rákosin v místech dřívějšího Rakvického rybníka (3) kde se vyskytuje rostlina Pcháč žlutoostenný (*Cirsium brachycephalum*).

Bohatší lokalitou na výskyt pcháče je oblast Trkmanské louky. Tato lokalita byla objevena teprve v říjnu 2002 a je početnější než Trkmanec-Rybníčky. (4)

Obě lokality jsou od sebe vzdáleny vzdušnou čarou asi 1 km. Druh byl vzácný i v minulosti, vyskytoval se jen na několika lokalitách mezi obcemi Rakvice, Podivín a Velké Bílovice

(všechny, až na výše uvedené, již zanikly). (4) Jedná se o panonský endemit, ležící na severním okraji celkového výskytu. (5)

1.3 Navrhované varianty

V rámci bakalářské práce bylo prověřeno osm variant, z nichž byly vybrány tři varianty pro podrobnější posouzení. Následně byla vybrána výsledná varianta.



Obr. 2 Přehled variant

1.3.1 Varianta C a C.1

Varianty začínají velmi krátkou přímou, na kterou navazuje pravotočivý oblouk, ve kterém překonávají TŽK, dálnici D2 a EVL Trkmanec – Rybníčky estakádou. Dále varianty pokračují v přímé odklonem od dálnice směrem na obec Hrušky.

V blízkosti obce Moravský Žižkov se varianta C oddělí levotočivým obloukem.

1.3.1.1 Varianta C

Varianta C obchází obec Hrušky z východní strany. U obce Hrušky je trať vedena v pravotočivém oblouku a nadjezdem překonává plánovanou dálnici D55 a TŽK. Po krátké mezipřímé trati přechází do pravotočivého oblouku mezi obcemi Týnec a Moravská Nová Ves,

kde vstupuje na území EVL Soutok, které překonává na estakádě. Na státní hranici se Slovenskem trať překračuje řeku Moravu a vstupuje do EVL Záhorské Pomoravie, kterou rovněž překonává estakádou. Trať dále pokračuje mezipřímou, na kterou navazuje pravotočivý oblouk, ve kterém se trať připojí ke stávající trati Kúty – Skalica trať č. 114 odkud pokračují v přímé do stanice Kúty, kde úsek končí.

1.3.1.2 Varianta C.1

Varianta C.1 pokračuje v přímé a obchází obec Hrušky ze západní strany. U obce Hrušky trať překonává plánovanou dálnici D55 a následně levotočivým obloukem překonává TŽK, dále trať pokračuje v přímé.

Tato varianta prochází u obce Hrušky oblastí s velkým počtem sond PZP Tvrdonice. Některé se nachází přímo na trase a byla by nutná jejich likvidace a zřízení na jiném místě, to je ovšem velmi nákladné.

Varianta C vstupuje na území EVL Soutok mezi obcemi Týnec a Tvrdonice, kterou překračuje v pravotočivém oblouku na estakádě. Na státní hranici se Slovenskem trať překračuje řeku Moravu a vstupuje do EVL Záhorské Pomoravie, kterou rovněž překonává estakádou. Trať dále pokračuje mezipřímou, na kterou navazuje pravotočivý oblouk, ve kterém se trať připojí ke stávající trati Kúty – Skalica, trať č. 114, odkud pokračují v přímé do stanice Kúty, kde úsek končí.

Při modernizaci železniční trati na Záhorí se neplánuje zaústění vysokorychlostní trati (VRT) do stanice Kúty. Tyto varianty už nebyly dále prověřovány. Kromě toho nebyl řešen ani výškový profil.

1.3.2 Varianta B a B.1

Varianty začínají velmi krátkou přímou, na kterou navazuje pravotočivý oblouk, ve kterém překonávají TŽK estakádou. Trať dále pokračuje v přímé v souběhu s dálnicí D2 a mostem překračuje EVL Trkmanské louky.

U Podivína trať objíždí komplex bývalého JZD, zde by byla nutná demolice jednoho objektu, a MÚK Podivín. V místě křížení se silnicí II/422 v blízkosti MÚK Podivín by se muselo přejít

ke stavebním úpravám části křižovatky, aby bylo možné trať křížit nadjezdem. Mírným levotočivým obloukem obchází odpočívku „Ladná“. Po krátké mezipřímé navazuje pravotočivý oblouk, kterým se odklání od dálnice D2 a na mostě překonává silnici II/425, dálnici D55 a TŽK. Následně je trať vedena v přímé, v souběhu s plánovaným obchvatem města Břeclav. Trať překračuje v přímé mostem TŽK a silnici III/4245 a silnici II/425.

Následuje levotočivý oblouk, kde se v blízkosti obce Lanžhot se varianty oddělují.

1.3.2.1 Varianta B

Trať vede západně kolem obce Lanžhot, kde přechází do přímé a vstupuje do EVL Soutok, kterou by pravděpodobně překonala na estakádách a náspech. Na státní hranici překračuje řeku Moravu a vstupuje do EVL Kútsky les, který by překonala na estakádě. Trať následně přechází do pravotočivého oblouku, ve kterém překonává dálnici D2 nadjezdem. Trať přechází do přímé, kde ji nadjezdem křížuje silnice I/2, za nadjezdem se oddělují na obou stranách větve sjezdu a následně trať přechází do pravotočivého oblouku a estakádou křížuje stanici Sekule, jednu větev sjezdu a silnici III/1140. Za touto estakádou úsek končí.

1.3.2.2 Varianta B.1

Trať vede západně kolem obce Lanžhot, kde přechází do přímé a vstupuje do EVL Soutok, kterou by pravděpodobně překonala na estakádách a náspech. Na státní hranici překračuje řeku Moravu a vstupuje do EVL Kútsky les, který by překonala na estakádě. Trať následně přechází do pravotočivého oblouku, ve kterém se přiblíží k dálnici D2. Trať přechází do přímé, kde mostem křížuje MÚK Brodské, silnici I/2 a rybník, za mostem se odděluje z koleje č.2 větve sjezdu a následně trať přechází do pravotočivého oblouku a estakádou křížuje silnici III/1140 a TŽK, za kterou úsek končí.

Vzhledem k tomu, že tyto varianty by obci Lanžhot způsobily, že by z každé strany měla významnou liniovou stavbu, která by ji „odřízla“ od okolí, mohl by vzniknout velký odpor ze strany obyvatel. U těchto variant nebylo výškové vedení řešeno.

Tyto varianty by způsobily i značné zásahy do EVL Soutok a EVL Kútsky les.

1.3.3 Varianta D

Varianta začíná přímou délky 289 m, na kterou navazuje pravotočivý oblouk $R=10\ 000$ m, ve kterém estakádou překonávají TŽK, dálnici D2, EVL Trkmanec – Rybníčky a několik lokalit výskytu národně významných druhů. Úhel křížení vysokorychlostní tratě, TŽK a dálnice je velmi malý, a proto bude nutno dálnici překřížit pomocí rámové betonové konstrukce.

Trať dále pokračuje v přímé, délky 8798 m, v těsném souběhu s dálnicí D2. V místě křížení se silnicí II/422 v blízkosti MÚK Podivín, by se muselo přejít ke stavebním úpravám části křižovatky, aby bylo možné trať křížit nadjezdem. Křížení dálnice D2 a D55 trať překonává estakádou v pravotočivém oblouku $R=30\ 000$ m a v přímé délky 870 m následuje levotočivý oblouk $R=8\ 000$ m, na který navazuje mezipřímá délky 353m a pravotočivý oblouk poloměru $R=7\ 800$ m, kterým vstupuje do EVL Soutok.

V pravotočivém oblouku u obce Kostice trať přechází oblastí se sondami PZP Tvrdonice, některé se nachází přímo na trase a byla by nutná jejich likvidace a zřízení na jiném místě. Zároveň, by trať musela estakádou překračovat odpočívku „Lanžhot“, kde by byla trať vedená mezi dálnicí a celnicí s parkovištěm, tato estakáda by ovšem vyžadovala demolici některých objektů celnice.

Trať dále inflexně navazuje levotočivým obloukem $R=8\ 500$ m, kde překovává státní hranici a řeku Moravu. V tomto místě bude muset dojít k demolici domu, který se nachází přímo v ose navrhované tratě. Následně přechází do přímé délky 4240 m, kde trať nadjezdem křížuje silnici I/2, za nadjezdem se oddělují na obou stranách větve sjezdu a následně trať přechází do pravotočivého oblouku $R=8\ 000$ m a estakádou křížuje stanici Sekule, jednu větev sjezdu a silnici III/1140. Za touto estakádou úsek končí.

1.3.4 Varianta A.1.3

Varianty začínají velmi krátkou přímou, na kterou navazuje pravotočivý oblouk $R=7\ 100$ m, ve kterém překonávají TŽK estakádou. Trať dále pokračuje v přímé dl. 1880m v souběhu s dálnicí D2 a mostem překračuje EVL Trkmanské louky.

Trať pokračuje v blízkosti obce Podivín mírným pravotočivým obloukem $R=18\ 000$ m, na který inflexně navazuje levotočivý oblouk $R=18\ 000$ m, aby se minimalizoval dopad na JZD a MÚK

Podivín. V místě křížení se silnicí II/422 v blízkosti MÚK Podivín, by se muselo přijít ke stavebním úpravám části křižovatky, aby bylo možné trať křižovat nadjezdem. Po přímé dl. 2000m trať pokračuje levotočivým obloukem $R=30\ 000\text{m}$ obchází odpočívku „Ladná“ po kterém následuje přímá dl. 900m. Následuje levotočivý oblouk $R=16\ 000\text{m}$ po kterém následuje přímá, dl. 2980m, ve které trať mostem překonává plánovaný obchvat města Břeclav, silnice I/55, sjezd a nájezd na dálnici D2, TŽK a přeložku silnice III/05531. Dále trať pokračuje levotočivým obloukem, $R=20\ 000\text{m}$, po kterém následuje přímá délky 2640m. V přímé se nachází kolejová spojka a z koleje č.1 se odděluje větev sjezdu. Trať pokračuje levotočivým obloukem, $R=7\ 100\text{m}$, ve kterém trať estakádou překračuje TŽK, řeku Kyjovku a místní komunikaci.

Vzhledem k stísněným poměrům a ve snaze vyhnout vy se užití limitních hodnot přebytku převýšení pro nejpomalejší soupravy bude, pravděpodobně nutné asanovat domy č. p. 849 a č. p. 851, rovněž bude nutné vyřešit i protihlukové opatření z důvodu blízkosti k obytné zástavbě. Po křížení s TŽK trať vstupuje do EVL Soutok a pokračuje v souběhu s dálnicí D2. Na pravotočivý oblouk inflexně navazuje levotočivý oblouk $R=7\ 100\text{m}$. V oblouku trať překonává státní hranici, řeku Moravu a dálnici D2. Na oblouk navazuje přímá délky 4784m, kde trať nadjezdem křižuje silnice I/2, za nadjezdem se oddělují na obou stranách větve sjezdu a následně trať přechází do pravotočivého oblouku $R=8\ 000\text{m}$ a estakádou křižuje stanici Sekule, jednu větev sjezdu a silnici III/1140. Za touto estakádou úsek končí.

1.3.5 Varianta A

Tato varianta vznikla úpravou varianty A.1.3, s úmyslem vyhnout se EVL Trkmanec-Rybníčky nebo Trkmanské louky, které jsou rozlohou velmi malé, no velmi významné.

EVL Trkmanské louky má plochu pouze 19,03 ha, a to by při možném záboru jednoho procenta z plochy znemožňovalo vedení trasy na náspu. Trať by musela být vedená na mostě, ovšem i to by vzhledem na malou plochu a délku, přibližně 650 m, bylo velmi náročné a rozpětí mostních polí by muselo být velmi velké.

Dalším důvodem je křížení trati s TŽK v oblasti Rakvic na kilometru 43,796. Vzhledem k poloze vstupního bodu a neschopnosti vést trať jinudy (kvůli zásahu do EVL Trkmanec-Rybníčky) by byla nutná konstrukce estakády v oblouku o délce přibližně 1100 metrů a úhlu křížení 18,679 g. Železniční trať by musela být křižována pomocí rámové betonové konstrukce. Tato

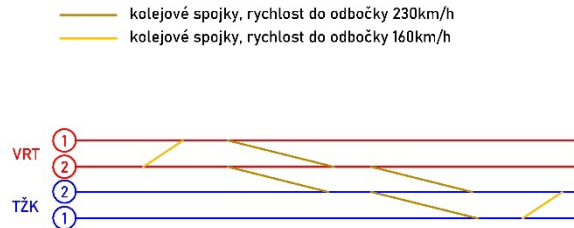
estakáda by se kvůli reliéfu krajiny a skutečnosti, že tranzitní koridor se nachází na náspu, stala významným rušivým prvkem v krajině a pro okolní obce.

Tato varianta nepočítá se sjezdem do Rakvic, ale s jeho náhradou odbočky u obce Ladná pomocí šesti kolejových spojek.



Obr. 3 Příklad rámového přemostění z předpjatého betonu pro křížení dálnice s VRT – LGV Sud-Europe Atlantique (Francie) (6)

Začátek úseku je posunutý o 949,920 m proti směru staničení, a začíná přímkou délky 262 m, po které následuje pravotočivý oblouk $R=7\,350$ m a klesá pod úroveň terénu, kde tunelově kříží TŽK. Následuje přímá délky 570 m a levotočivý oblouk $R=40\,000$ m, po kterém následuje přímá délky 2220 m. Dále navazuje levotočivý oblouk $R=50\,000$ m, na který následuje přímá délky 6995 m. Za zastávkou Ladná se nachází odbočka Ladná.



Obr. 4 Schéma odbočky Ladná

Následuje levotočivý oblouk $R=30\,000$ m, ve kterém trať mostem překonává navrhovanou přeložku silnice I/55, plánovaný obchvat města Břeclav a TŽK. Dále trať pokračuje v přímé délky 1500 m, na který navazuje pravotočivý oblouk $R=8\,000$ m, po kterém následuje přímá délky 1720 m. V přímé se nachází kolejová spojka a z koleje č.1 se odděluje větev sjezdu. Trať pokračuje levotočivým obloukem $R=7\,350$ m, ve kterém trať estakádou překračuje TŽK, řeku Kyjovku a místní komunikaci.

Vzhledem k stísněným poměrům a ve snaze vyhnout se užití limitních hodnot přebytku převýšení, pro nejpomalejší soupravy bude pravděpodobně nutné asanovat domy č. p. 849 a č. p. 851, rovněž bude nutné vyřešit i protihlukové opatření z důvodu blízkosti k obytné zástavbě. Po křížení s TŽK trať vstupuje do EVL Soutok a pokračuje v souběhu s dálnicí D2.

Na pravotočivý oblouk inflexně navazuje levotočivý oblouk $R=7\,350$ m. V oblouku trať překonává řeku Moravu a následně vede skrz nevyužívanou část celnice na slovenské straně. Dále v oblouku trať křížuje dálnici D2 „tunelomostem“. Na oblouk navazuje přímá délky 2222 m, kde trať nadjezdem křížuje silnici I/2, za nadjezdem se oddělují na obou stranách větve sjezdu a následně trať přechází do pravotočivého oblouku $R=8\,000$ m a estakádou křížuje stanici Sekule, jednu větev sjezdu a silnici III/1140. Za touto estakádou úsek končí.

1.3.6 Varianta křížení TUNEL

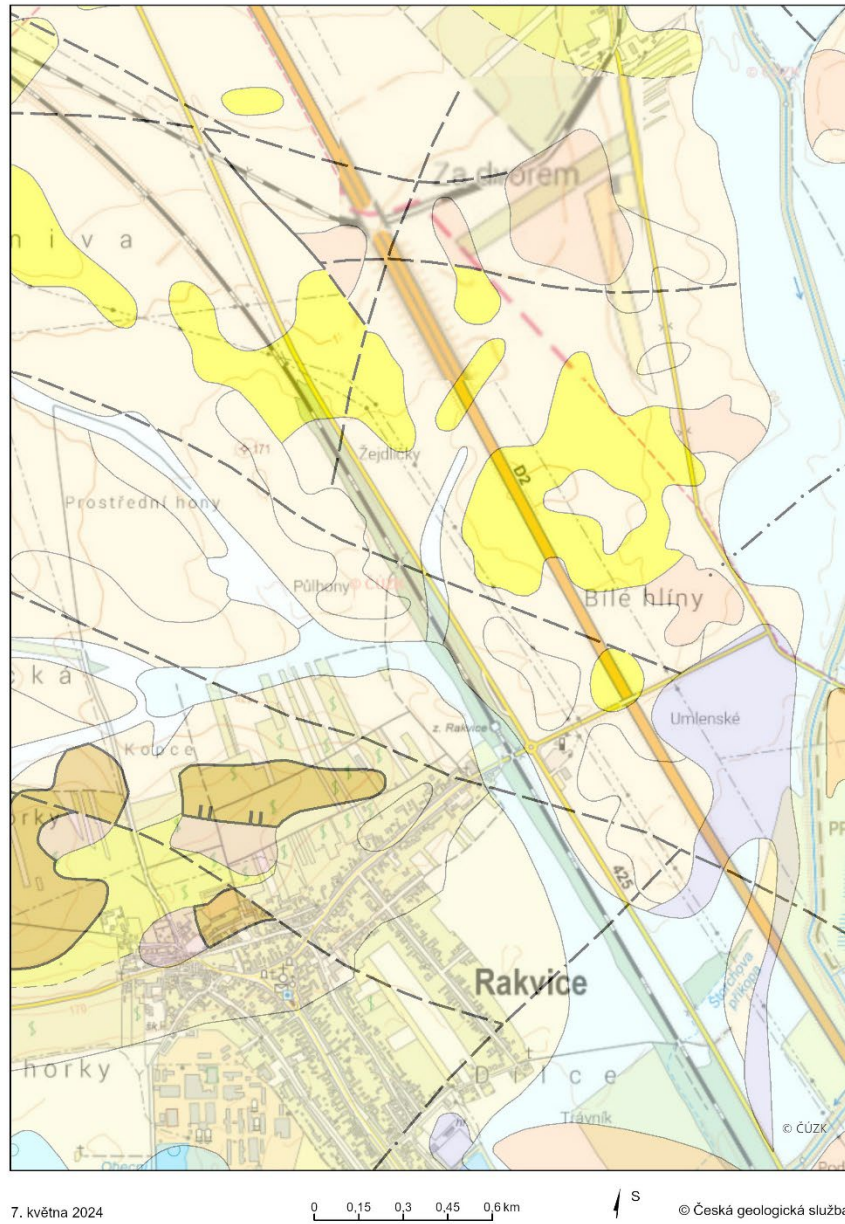
Tunel se nachází na místě křížení navrhované vysokorychlostní trati s tranzitním železničním koridorem v km 44,650.

Navržený tunel má délku 556 metrů, leží v oblouku o poloměru 7350 metrů s převýšením $D=132$ milimetrů. V tunelu je navržen údolnicový lom sklonu a maximální sklon 18,66‰. Výška nadloží se pohybuje v rozmezí od 2 do 7 metrů.

1.3.6.1 Geologie

Prostředí tunelu se geologicky nachází na styku Vídeňské pánve a paleogénu Karpat. Podloží je převážně tvořeno pelitickou facií (jíly) a psamitickou facií (písky) svrchního tortonu a sarmatu. Jíly mají pevnou až tvrdou konzistenci a jsou nasycené. Písky lze předpokládat jako uložené. Geologické podloží je kryto souvislou vrstvou polygenetických tuhých až pevných hlín. Hladinu podzemní vody lze předpokládat na úrovni pískových vrstev. Podle databáze průzkumných prací uložené v Geofondu lze mělkou zvodeň očekávat zhruba v hloubce okolo dvou metrů.

Rakvice, geologie



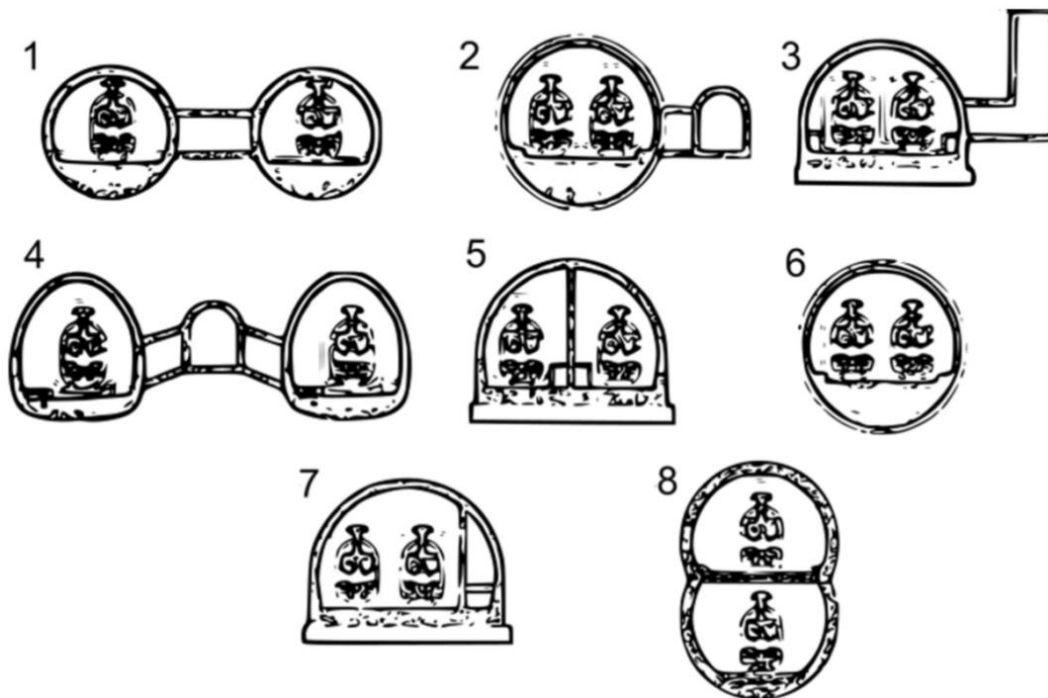
Obr. 5 Výřez z geologické mapy 1:50 000 (14)

1.3.6.2 Možnosti ražení tunelu

Tunel je ve smyslu Eurokódu 7 zaražený do 3. geotechnické kategorie. Návrh a realizace tunelu pro vyřešení křížení železnice v daných dopravních a podmínkách je tudíž velmi obtížný.

Volba dopravního uspořádání

Zásadním krokem pro návrh tunelové varianty vícekolejné železnice je volba dopravního uspořádání. Možností je zde celkem osm (7). Jelikož se jedná o velmi tlačivé až bobtnavé horniny, bude nutné ražení tunelu kruhového průřezu nebo minimálně musí být vybaveny spodní klenbou – tzn. blížit se kruhovému průřezu.



Obr. 6 Různé koncepty tunelů pro dvoukolejnou trať (7)

- Var. 1 Dva jednokolejné tunely s propojkami (např. Gotthard, Loetschberg)
- Var. 2 Jeden dvoukolejný tunel s paralelní únikovou štolou (např. části tunelů Seikan)
- Var. 3 Jeden dvoukolejný tunel s únikovými východy (např. Wienerwald)
- Var. 4 Dva jednokolejné tunely s paralelním obslužným tunelem (např. Eurotunnel)
- Var. 5 Jeden dvoukolejný tunel s přepážkou oddělující protisměrné tratě (např. Groene Hart)
- Var. 6 Jeden dvoukolejný tunel bez únikových východů (např. Marseille)
- Var. 7 Jeden dvoukolejný tunel s přepážkou oddělující nouzový únik
- Var. 8 Jeden dvoukolejný s tratěmi ve dvou úrovních (používáno v Japonsku)

Správné zvolení technologického postupu je velmi důležité. Každé uspořádání má své výhody a nevýhody. Možná uspořádání tunelu jsou vyobrazena na Obr. 4

Výhody a nevýhody jednoho dvokolejného tunelu

Výhody

- + Nízká cena
- + Menší objem rubaniny
- + Nižší náklady na zajištění výrubu a na trvalé ostění

Nevýhody

- Velká plocha výrubu, větší nebezpečství při ražení
- Riziko velkých poklesů na povrchu

Tab. 2 Výhody a nevýhody jednoho dvokolejného tunelu

Výhody a nevýhody dvou jednokolejných tunelů

Výhody

- + Bezpečnost
- + Směr proudění vzduchu je jednosměrný
- + Ražení pomocí TBM nemá zásadní vliv na plochu výrubu
- + Menší plocha výrubu

Nevýhody

- Vysoké náklady
- Velký objem rubaniny
- Zásah do trati před i za tunelem

Tab. 3 Výhody a nevýhody dvou jednokolejných tunelů

V případě dvoukolejného tunelu bude světlý průřez výrubu přibližně 160m^2 a světlý průřez přibližně 133m^2 .

Jednokolejný tunel bude světlý průřez výrubu přibližně 100m^2 a světlý průřez přibližně 79m^2 .

Varianta dvou jednokolejných tunelů je sice šetrnější pro ražbu tunelu pod stávající železnici v dané geologii, avšak s přihlédnutím především k tomu, že délka tunelu bude odhadem 750 metrů by u jednokolejné varianty při dvou tunelových rourách docházelo k velkému záboru pozemků, tudíž k výraznějšímu zásahu do krajiny a tím pádem i k navýšení nákladů. (8)

Tunel v této bakalářské práci je proto navržen **jako jeden dvoukolejný bez únikových cest**.

Volba tunelovací metody

Pro zvolený případ geometrického uspořádání v daných dopravních a geologických podmínkách připadají reálně pouze dvě metody výstavby:

1. **Zeminový štít (EPB)**
2. **Konvenční ražení s použitím jádrové metody**

Obě metody jsou velmi šetrné vůči geologickému prostředí jako i objektům, které se nacházejí na povrchu a zaručují realizaci křížení se zachováním, i když omezeného, provozu.

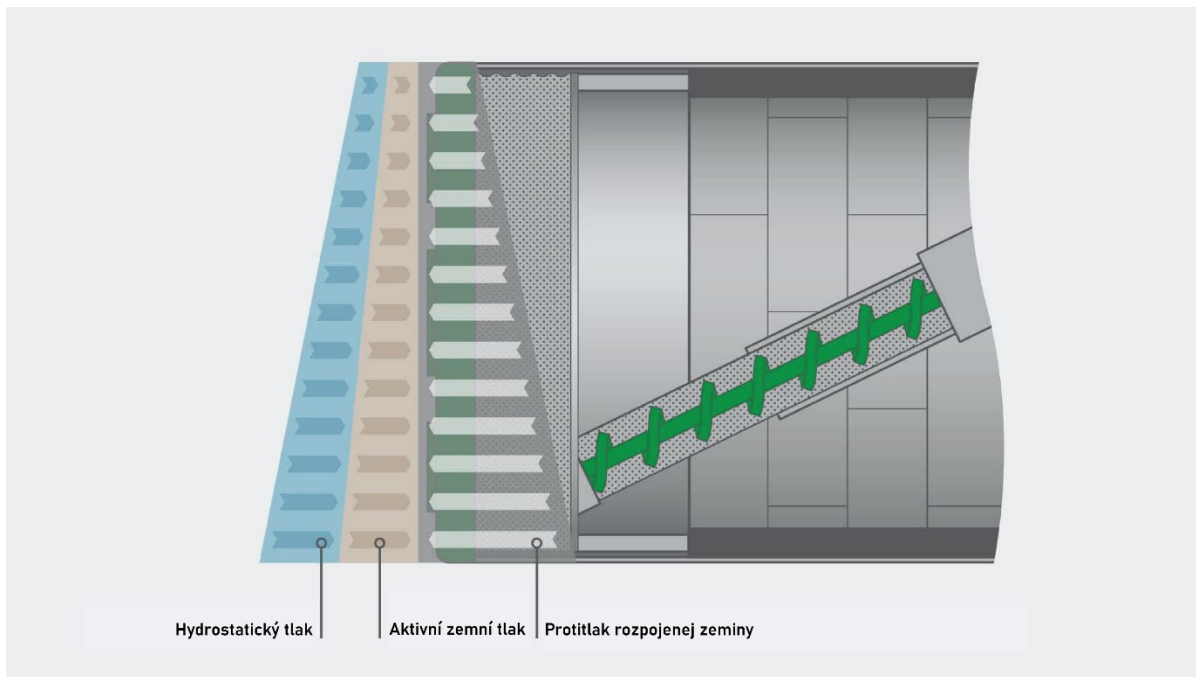
Zeminový štít (EPB Earth-pressure ballance)

Zeminový štít (EPB) se používá v choulostivých, převážně soudržných zeminách, okrajově i v poloskalních horninách. Princip štítu tkví v tom, že přepážkou oddělená komora na čele štítu za razicí hlavou je trvale vyplňována rozpojenou zeminou (případně s dotací vody, přísad a stlačeného vzduchu pro vytvoření kašovitě hmoty vhodné konzistence, zpracovatelnosti, snížené lepivosti etc.), která svým protitlakem vytváří reakci proti tlaku zeminy a proti hydrostatickému tlaku před čelbou. Zeminový štít tedy využívá sofistikovaným způsobem rozdílu v zemních tlacích. (9)

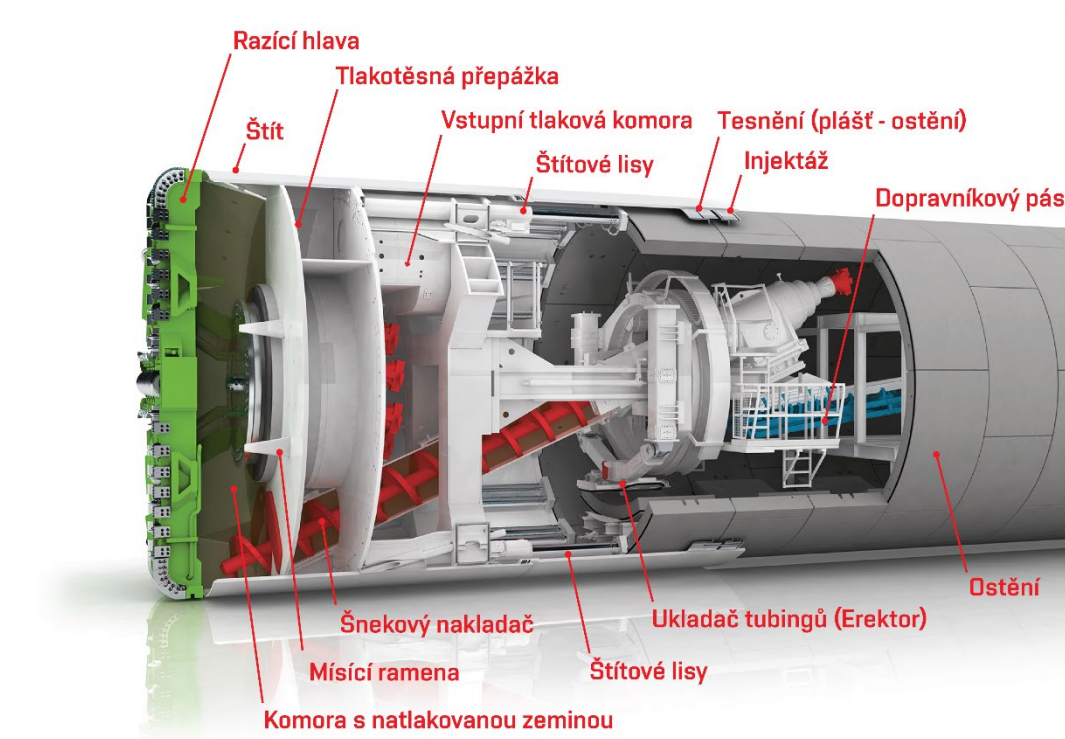
Hornina je rozpojována rotační řeznou hlavou osazenou loupacími dláty a valivými disky. Současně probíhá úprava konzistence rubaniny pomocí vody, pěn a polymerů, resp. jejich kombinací – viz výše. Upravená hornina prochází skrze otvory v řezné hlavě do prostoru odtěžovací komory. Zde vytváří protitlak na čelbu a působí zároveň jako její pažení. Z

odtěžovací komory je rubanina průběžně odebírána šnekovým dopravníkem a dále poté transportována dopravníkem pásovým z tunelu. Po vyrazení jednotlivých záběrů následuje montáž prstence prefabrikovaného ostění. Posun štítu je zajištěn standartně štítovými lisami. V souběhu s razicím cyklem probíhá výplňová injektáž mezikruží mezi horninou a rubem instalovaných prstenců segmentového ostění. (10)

Pozn.: Zeminový štít, resp. konvertibilní štít, byl nasazený při ražbách na Metru v Praze.



Obr. 7 Funkce zeminového štítu (11)



Obr. 8 Řez zeminovým štítem (11)

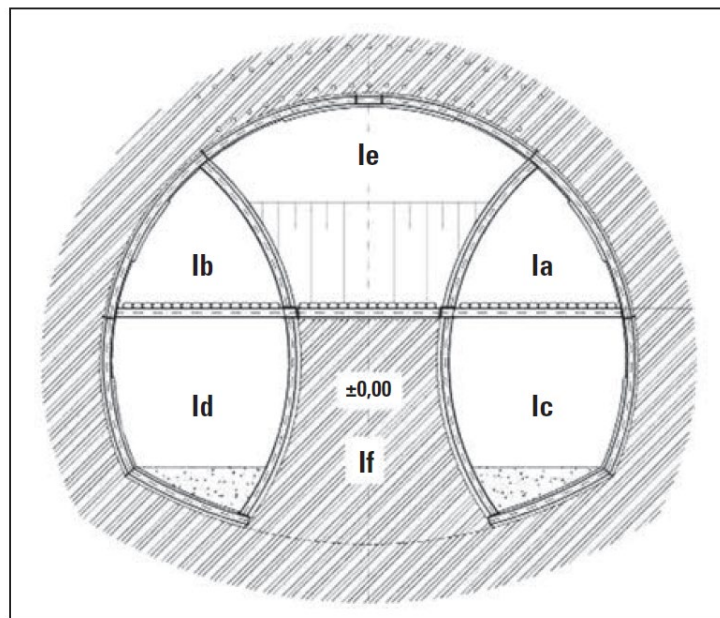
Jádrová metoda (Kernbauweise)

Metoda vychází ze Švýcarské metody Spritzbetonbauweise (Kuhajdik, 2022). V moderním pojetí je tato metoda konvenčního tunelování používána při realizaci tunelů velkého průřezu ve složitých geologických podmínkách, kde se dá předpokládat minimální spolupůsobení horninového masivu v kombinaci s nízkým nadložím. Dále je metoda vhodná v urbanizovaných lokalitách, kde je nezbytné omezit vývoj a velikost poklesů. Ražba tunelu je rozsáhle pozorována. Výrub je vertikálně členěný. Členění je obvykle v šesti dílčích záběrech. Zásadním prvkem je vodorovné vyztužení výrubu, zajišťující jeho horizontální stabilitu a současně sloužící jako pracovní niveau lávky.

U této metody nelze hovořit o řízené deformaci, jako tomu obecně je u NRTM. To vede k vývoji extrémních vnitřních sil na primárním ostění tunelu a nutnosti použití velmi těžké primární vyztuže, složené ze stříkaného betonu a masivních válcovaných nebo svařovaných ocelových

prvků. Po dokončení ražby je provedeno sekundární ostění z monolitického železobetonu s mezilehlou fóliovou izolací. (11)

Výrubu se odstraňují pomocí minibagru, aby se minimalizovaly otřesy. Vnitřní žebra jsou odstraňována tunelbagrem s hydraulickými nůžkami.



Obr. 9 Rozdělení výrubu (11)

výrub levé horní štoly (lb), (lb) pravé horní štoly (la), levé dolní štoly (ld), pravé dolní štoly (lc), výrub kaloty (le) a výrub jádra (lf)

Výhodou metody Kernbauweise je zajištění vysoké stability výrubu s minimalizací projevů ražby na povrch, čehož je dosaženo rychlým vyztužením krátkých záběrů dílčích výrubů velmi tuhým primárním ostěním.

Pozn.: Touto metodou byly realizovány Královopolské tunely na VMO v Brně. (11)



Obr. 10 Členění výrubu Královopolského tunelu v Brně (12)

Vznik poklesu a snížení zatížení by se dalo minimalizovat vybudováním betonové desky v násypu pod aktivní zónou železnice, která by roznášela zatížení do okolí.

Jako doprovodné opatření pro omezení velikosti poklesových kotlin mohou být použity kompenzační injektáže.

1.3.6.3 Porovnání metod ražby

Ekonomické porovnání

Ražba metodou zeminového štítu (EPB), která je v podobných podmínkách ve světě obvyklá, by však vzhledem k celkové délce tunelu (556 m) byla velmi velmi neekonomická. Důvodem je mimořádně vysoká pořizovací cena štítu pro dvoukolejný tunel v řádu vyšších stovek mil. Kč. (13)

Obecně se uvádí, že využití zeminového štítu je totiž ekonomicky výhodné u tunelů delších dvou kilometrů.

Technické porovnaní

Pro ražený tunel je zeminový štít (EPB) nejvhodnější varianta.

Hlavní výhoda metody EPB oproti metodě Kernbauweise je rychlost postupu a minimalizace vzniku poklesů v nadloží.

Vzhledem k tomu, že se jedná o dvoukolejný tunel pro rychlost vyšší 301 km/h je nutno individuální prověření průřezu (8). Předběžně lze usuzovat, že světlý průřez má vnitřní průměr 13m, když do toho započítáme i ostění se průměr dostane na přibližně 15m. Při tomto průměru se už naráží na technologické možnosti výrobců štítů.

Metoda Kernbauweise je vhodná pro ražení tunelů velkých profilů i ve složité geologii, protože zabezpečuje vysokou stabilitu výrubu a minimalizuje vznik poklesů na povrchu. Tato metoda má však oproti metodě EPB výrazně nižší postupy.

Po zvážení ekonomických a technických hledisek je provedení tunelu navrženo pomocí Jádrové metody (Kernbauweise).

Riziková analýza

Podzemní stavitelství je od pradávna značně rizikovým oborem. (7) V minulosti docházelo poměrně často k smrtelným úrazům, či k velkým haváriím, které zpozdili či zcela znemožnili dokončení výstavby. (7) Rizikovou analýzu je nutné vyhodnocovat už během výstavby, a i po dobu užívání stavby.

Rizika ražby	Prolomení stropu při průjezdu vlaku a následné vykolejení
	Ztráta stability tunelového portálu
	Zřícení stropu (horninové klenby), tunelu na čelbě
	Zdvíhání dna tunelu, zabořování ostění do měkkého podloží při neuzavření dna tunelu
	Nadměrný růst deformací výrubu, deformace primárního ostění
Geologické a hydrogeologické poměry	Nadměrný přítok podzemní vody do tunelu
	Náhlý průval vody, bahna, tekutého písku
	Výron nebezpečných plynů do tunelu – metan, zemní plyn, z porušeného potrubí
	Nadměrné poklesy povrchu nad tunelem a jejich vliv na I. tranzitní železniční koridor
Ostatní	Stržení pramenů vody v okolí
	Poškození a znečištění vodotečí v okolí tunelu vypouštěnou důlní vodou
	Škody způsobené tlakovou injektáží (poškození inženýrských sítí, zvednutí povrchu)
	Nevhodně zvolená a provedená izolace tunelu a následné zatékání
	Poškození izolace během následných operací až do provedení sekundárního ostění

Tab. 4 Rizika hrozící v řešeném tunelu

1.4 Srovnání navržených variant

Pro přehlednost jsou jednotlivé parametry uspořádány do tabulky

Varianta		Var. A	Var. A.1.3	Var. D
Délka hlavní trasy	[km]	38,042	37,085	37,264
Návrhová rychlost	[km/h]	350	350	350
Minimální poloměr oblouku	[m]	7350	7100	7800
Maximální stoupání ve směru staničení	[‰]	14,06	16,5	15,55
Maximální klesání ve směru staničení	[‰]	18,66	14,86	8,96
Počet estakád a mostů		24	16	16
Přibližná celková délka mostů	[m]	2520	4070	7140
Počet propustků		7	7	6
Počet nadjezdů		9	12	9
Počet tunelů		1	0	0
Přibližná celková délka tunelů	[m]	556	0	0

Tab. 5 Základní parametry variant

Hlavní výhodou varianty A je nejmenší fragmentace, už i tak rozdělené, krajiny mezi Rakvicemi a Břeclaví.

Další výhodou je minimální celková délka mostních konstrukcí, a to jak na křižovatce dálnic D2 x D55, tak i u obce Lanžhot, kde se překonává tranzitní železniční koridor. Trať má příznivé sklonové poměry, přičemž sklony většinou nepřesahují 10,00 ‰. Sklony větší než 10,00 ‰ se vyskytují pouze na místech, kde by jinak bylo nutné provádět velké zemní práce. Kromě toho je výhodou i vyhnutí se lokalitám Natura 2000.

Po důkladném zkoumání a na základě výše uvedených faktů se varianta A jeví jako nejvhodnější pro další posouzení.

2 Technická zpráva

2.1 Základní informace

Jedná se o novostavbu vysokorychlostní trati v úseku Rakvice - Kúty, která je pokračováním tratě VRT Jižní Morava.

Řešený úsek trati se nachází v Jihomoravském kraji a na území Slovenské republiky. Terén v oblasti výstavby je rovinatý.

2.2 Podklady

Studie proveditelnosti VRT Praha – Brno - Břeclav

Návrhu VRT Jižní Morava ve formátu .dwg.

Technicko-provozní studie – Technická řešení VRT

Mapové podklady Český úřad zeměměřičského a katastrálního a Úrad geodézie, kartografie a katastra SR

Návrhová rychlost je 350kmh⁻¹.

Geotechnické podmínky byly zjištěny pomocí vrtů z České Geologické Stanice. Hladina podzemní vody byla během průzkumu zastižena na některých místech přibližně dva metry pod povrchem

Index mrazu byl v oblasti stanoven v hodnotě 332°C.den.

2.3 Požadované přílohy

Průvodní a technická zpráva

Přehledná situace	1:40 000
Situace	1:5000
Podélný profil	1:10 000/1000
Charakteristické příčné řezy	1:50

2.4 Směrové poměry

Řešený úsek začíná přímou, na kterou navazuje pravostranný směrový oblouk s přechodnicí, úsek končí v kružnicové části oblouku.

Osová vzdálenost kolejí je 4,7 metru.

Staničení	Bod	Kolej č. 1
km 41,800000	ZÚ	Přímá dl. 462,774m
km 42,262774	ZP	
km 42,724848	ZO	Lk1=462,074m; n1=3500,6=10,0V; ni1=20,3V;
km 45,565857	KO	R1=7352,35m; D=132mm; Li=2841,010m; $\alpha_s=28,6005g$; V=350km/h; V180=180km/h; l=65mm; E180=81mm;
km 46,027931	KP	Lk2=462,074m; n2=3500,6=10,0V; ni2=20,3V;
km 46,597278	ZP	Přímá dl. 569,347m
km 46,723274	ZO	Lk1=125,996m; n1=3499,9=10,0V;
km 47,053110	KO	R1=39997,65m; D=36mm; Li=329,835m; $\alpha_s=0,7255g$; V=350km/h; V180=180km/h; l=1mm; E180=27mm;
km 47,179106	KP	Lk2=125,996m; n2=3499,9=10,0V;
km 49,398916	ZP	Přímá dl. 2219,810 m
km 49,496913	ZO	Lk1=97,998m; n1=3499,9=10,0V;
km 49,801768	KO	R1=49997,65m; D=28mm; Li=304,855m; $\alpha_s=0,5130g$; V=350km/h; V180=180km/h; l=1mm; E180=21mm;
km 49,899766	KP	Lk2=97,998m; n2=3499,9=10,0V;
km 56,893544	ZP	Přímá dl. 6993,778 m
km 57,061538	ZO	Lk1=167,993m; n1=3499,9=10,0V;

km 58,767731	KO	R1=29997,65m; D=48mm; Li=1706,193m; $\alpha_s=3,9775g$; V=350km/h; V180=180km/h; l=1mm; E180=36mm;
		Lk2=167,993m; n2=3499,9=10,0V;
km 58,935724	KP	
		Přímá dl. 1462,259 m
km 60,397983	ZP	
		Lk1=423,562m; n1=3500,5=10,0V; ni1=20,2V;
km 60,821545	ZO	R1=8002,35m; D=121mm; Li=330,141m; $\alpha_s=5,9960g$; V=350km/h; V180=180km/h; l=60mm; E180=74mm;
km 61,151686	KO	
		Lk2=423,562m; n2=3500,5=10,0V; ni2=20,2V;
km 61,575248	KP	
		Přímá dl. 1692,676 m
km 63,266876	ZP	
		Lk1=462,074m; n1=3500,6=10,0V; ni1=20,3V;
km 63,728876	ZO	R1=7352,35m; D=132mm; Li=4373,047m; $\alpha_s=42,4589g$; V=350km/h; V180=180km/h; l=65mm; E180=81mm;
km 68,076872	KO	
		Lk2=599,024m; n2=4538,1=13,0V; ni2=26,3V;
km 68,700262	KP/ZP	
		Lk1=599,02m; n1=4538,1=13,0V; ni1=26,3V;
km 69,323652	ZO	R1=7347,65m; D=132mm; Li=3299,604m; $\alpha_s=33,1848g$; V=350km/h; V180=180km/h; l=65mm; E180=80mm;
km 72,600922	KO	
		Lk2=461,926m; n2=3499,4=10,0V;
km 73,062922	KP	
		Přímá dl. 2222,761 m
km 75,258637	ZP	
		Lk1=353,552m; n1=3500,5=10,0V; ni1=12,6V;
km 75,612137	ZO	
km 79,842041	KO	R1=8002,35m; D=121mm; Li=4381,270m; $\alpha_s=38,2244g$; V=350km/h; V180=180km/h; l=60mm; E180=74mm;
km 79,842041	KÚ	

Tab. 6 Směrové poměry koleje č. 1

Staničení	Bod	Kolej č. 2, přebírá staničení koleje č.1
km 41,800 000	ZÚ	Přímá dl. 462,774m

km 42,262 774	ZP	
		Lk1=461,926m; n1=3499,4=10,0V; ni1=20,3V;
km 42,724 848	ZO	
		R2=7347,65m; D=132mm; Li=2839,046m; $\alpha_s=28,6005g$; V=350km/h; V180=180km/h; l=65mm; E180=80mm;
km 45,565857	KO	
		Lk2=461,926m; n2=3499,4=10,0V; ni2=20,3V;
km 46,027931	KP	
		Přímá dl. 569,347m
km 46,597278	ZP	
		Lk1=126,004m; n1=3500,1=10,0V;
km 46,723274	ZO	
		R2=40002,35m; D=36mm; Li=329,881m; $\alpha_s=0,7255g$; V=350km/h; V180=180km/h; l=1mm; E180=27mm;
km 47,053110	KO	
		Lk2=126,004m; n2=3500,1=10,0V;
km 47,179106	KP	
		Přímá dl. 2219,810 m
km 49,398916	ZP	
		Lk1=98,002m; n1=3500,1=10,0V;
km 49,496913	ZO	
		R2=50002,35m; D=28mm; Li=304,888m; $\alpha_s=0,5130g$; V=350km/h; V180=180km/h; l=1mm; E180=21mm;
km 49,801768	KO	
		Lk2=98,002m; n2=3500,1=10,0V;
km 49,899766	KP	
		Přímá dl. 6993,778 m
km 56,893544	ZP	
		Lk1=168,007m; n1=3500,1=10,0V;
km 57,061538	ZO	
		R2=30002,35m; D=48mm; Li=1706,474m; $\alpha_s=3,9775g$; V=350km/h; V180=180km/h; l=1mm; E180=36mm;
km 58,767731	KO	
		Lk2=168,007m; n2=3500,1=10,0V;
km 58,935724	KP	
		Přímá dl. 1462,259 m
km 60,397983	ZP	
		Lk1=423,438m; n1=3499,5=10,0V; ni1=20,2V;
km 60,821545	ZO	
		R2=7997,65m; D=121mm; Li=329,822m; $\alpha_s=5,9960g$; V=350km/h; V180=180km/h; l=60mm; E180=74mm;
km 61,151686	KO	
		Lk2=423,438m; n2=3499,5=10,0V; ni2=20,2V;

km 61,575248	KP	Přímá dl. 1692,676 m
km 63,266876	ZP	
km 63,728876	ZO	Lk1=461,92m; n1=3499,6=10,0V; ni1=20,3V;
km 68,076872	KO	R1=7347,65m; D=132mm; Li=4370,021m; $\alpha_s=42,4590g$; V=350km/h; V180=180km/h; l=65mm; E180=80mm;
km 68,700262	KP/ZP	Lk2=598,988m; n2=4537,8=13,0V; ni2=26,3V;
km 69,323652	ZO	Lk1=598,988m; n1=4537,8=13,0V; ni1=26,3V;
km 72,600922	KO	R1=7352,65m; D=132mm; Li=3302,014m; $\alpha_s=33,1850g$; V=350km/h; V180=180km/h; l=65mm; E180=80mm;
km 73,062922	KP	Lk2=462,074m; n2=3500,6=10,0V;
km 75,258637	ZP	Přímá dl. 2222,761 m
km 75,612137	ZO	Lk1=353,552m; n1=3500,5=10,0V; ni1=12,6V;
km 79,842041	KO	R1=7997,65m; D=121mm; Li=4378,572m; $\alpha_s=38,2244g$; V=350km/h; V180=180km/h; l=60mm; E180=74mm;
km 79,842041	KÚ	

Tab. 7 Směrové poměry koleje č. 2

2.5 Sklonové poměry

Niveleta je uvažována v bodě P.

Výškový systém je Baltský po vyrovnání (B.p.v.).

Staničení	Délka	Sklon	Výška lomu	Rv	tz	yv
[km]	[m]	[‰]	[m n. m.]	[m]	[m]	[m]
41,800	325,131	2,470	187,714			

Fakulta stavební, Ústav železničních konstrukcí a staveb

42,125			188,517	25000,000	110,363	0,244
	1151,931	-6,360				
43,277			181,292	30000,000	184,572	0,568
	1579,913	-18,660				
44,857			151,705	45000,000	623,687	4,322
	1588,301	9,060				
46,445			166,088	25000,000	113,108	0,256
	7054,610	0,010				
53,500			166,137	42000,000	24,838	0,007
	2748,415	-1,180				
56,248			162,905	42000,000	143,315	0,245
	1130,088	5,650				
57,378			169,289	42000,000	216,116	0,556
	1760,150	-4,640				
59,139			161,117	30000,000	69,639	0,081
	2758,136	0,000				
61,897			161,117	42000,000	103,178	0,127
	2426,717	4,910				
64,323			173,040	42000,000	402,742	1,931
	868,165	-14,260				
65,192			160,656	42000,000	277,127	0,914
	2503,685	-1,070				
67,695			157,981	42000,000	55,712	0,037
	1757,945	1,580				
69,453			160,767	42000,000	95,973	0,110
	1314,179	-2,990				
70,767			156,843	42000,000	207,389	0,512
	1202,569	6,890				
71,970			165,129	42000,000	249,939	0,744
	1653,261	-5,010				
73,623			156,843	42000,000	105,247	0,132
	2828,628	0,000				
76,452			156,843	42000,000	295,294	1,038
	1717,500	14,060				
78,169			180,994	42000,000	588,907	4,129
	819,913	-13,980				
78,989			169,530	25000,000	215,199	0,926
79,842			172,288			

Tab. 8 Výškové vedení kolejí č. 1 a 2

2.6 Železniční svršek

2.7 Konstrukce železničního svršku

Na všech kolejích v celém úseku je navržena bezстыková kolej dle předpisu SŽDC S3/2.

Konstrukce žel. svršku.	
Kolejnice	60 E2
Upevnění	W 14
Pražec	B 91T/1, rozdělení pražců „u“ (osová vzd. 600 mm)
Kolejové lože	štěrk fr. 0/63mm min. tl. 350mm pod pražec

Tab. 9 Konstrukce železničního svršku

Kolejové lože bude mít tvar lichoběžníku se sklony svahů 1:1,50. Horní hrana svahu bude hutněná dle normy a je ve vzdálenosti 1,8 m od osy koleje.

Štěrk v kolejovém loži je frakce 31,5/63 a jeho minimální tloušťka je 0,35 m pod spodní hranou pražce.

2.8 Železniční spodek

V této studii nebyl proveden přesný návrh a posouzení železničního spodku. Pro vypracování návrhu železničního spodku je nezbytný rozsáhlý geotechnický průzkum oblasti, který bude součástí další fáze projektové dokumentace.

V celé délce (mimo mosty a tunel) byl železniční spodek zjednodušeně navržen na základě poskytnutých údajů od České geologické služby.

Vzhledem k tomu, že rozsah mocnosti ornice se pohybuje od 300 mm do 1500 mm, byla zvolena jedna konkrétní hodnota, a to 600 mm. Co se týče vrstvy pod ornici, byla stanovena na jílu s vysokou plasticitou a tuhou konzistencí (F8 CH).

Šířka pláně tělesa železničního spodku od krajní osy koleje je 4,7 metru. Pod železničním svrškem je navržena vrstva z asfaltového betonu (AC 16 Z+) tloušťky min. 100mm, pod kterou je vrstva ze štěrkodrti frakce 0/63 KV. Sklon konstrukčních vrstev je 3 %.

Sklon zemní pláně je 5 %. Podkladní vrstvy jsou tvořeny ze štěrkodrti frakce 0/63, tloušťky min. 500 mm a vrstvy z drceného kameniva frakce 0/90.

2.9 Stavby železničního spodku

Trasa prochází rovinatým terénem, a většina z ní vede přes terén, pouze když se kříží s jinou komunikací nebo vodotečí, vede po umělých stavbách. Celkové množství staveb železničního spodku je uvedeno v následující tabulce:

Délka hlavní trasy [km]	38,04
Přibližná celková délka mostů [km]	2,52
Přibližná celková délka tunelů [km]	0,556

2.10 Odvodění

Návrh odvodnění nebyl v daném stupni projektové dokumentace zpracován a bude řešen až v jejím dalším stupni.

V místě staničení km 95, 450 000, je navržen trubní, betonový propustek z troub TZH Q100/250 se sklonem dna -5,34‰. **Délka propustku je 32m.**

Propustek je navržen v nejnižším bodě dna levého příkopu, slouží k převedení vody z levého příkopu do pravého, ve stejném místě je provedeno vyústění příkopu na pravé straně.

2.11 Křížení komunikací a inženýrských sítí

Křížení s inženýrskými sítěmi v daném stupni projektové dokumentace nebylo řešeno.

Křížení silničních komunikací bylo řešeno jen částečně, do projektové dokumentace jsou zaneseny pouze osy navrhovaných přeložek.

3 Přílohy

- C.1.1 **Přehledná situace 1:40 000**

- C.2.1 **Situace km 41,8 – 46,5**
- C.2.2 **Situace km 46,5 – 51,5**
- C.2.3 **Situace km 51,5 – 56,5**
- C.2.4 **Situace km 56,5 – 61,5**
- C.2.5 **Situace km 61,5 - 66,0**
- C.2.6 **Situace km 66,0 – 71,5**
- C.2.7 **Situace km 71,5 – 76,0**
- C.2.8 **Situace km 76,0 – 79,8**

- C.3.1 **Podélný profil 1:10 000/1000**
- C.3.2 **Podélný profil 1:10 000/1000**
- C.3.3 **Podélný profil 1:10 000/1000**
- C.3.4 **Podélný profil 1:10 000/1000**
- C.3.5 **Podélný profil 1:10 000/1000**

- C.4.1 **Charakteristický příčný řez km 57,800**
- C.4.2 **Charakteristický příčný řez km 52,800**
- C.4.3 **Charakteristický příčný řez km 44,200**

C.4.4 Charakteristický příčný řez km 62,146

Použitá literatura

- (1) *TENtec Interactive Map Viewer*. Online. In: *TENtec Interactive Map Viewer*. 2024. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/transport/infrastructure/tentec/tentec-portal/map/maps.html>. [cit. 2024-05-24].
- (2) *Natura2000 Viewer*. Online. 2022. Dostupné z: <https://natura2000.eea.europa.eu/>. [cit. 2024-05-24].
- (3) *Trkmanec-Rybníčky Přírodní památka*. Online. 2012. Dostupné z: <http://www.naturabohemica.cz/trkmanec-rybn%C3%20%D4%8Dky/>. [cit. 2024-05-24].
- (4) *Pcháček Brátkohlavý *Cirsium brachycephalum* Juratzka*. Online. 2024. Dostupné z: <https://portal.nature.cz/w/druh-36224#/>. [cit. 2024-05-24].
- (5) *Trkmanské louky Evropsky významná lokalita*. Online. 2024. Dostupné z: <https://portal.nature.cz/w/uzemi-2950#/>. [cit. 2024-05-24].
- (6) *Příklad bámového přemostění předpjatého betonu pro řízení blánice BVRTB-GV Sud-Europe Atlantique (Francie)*. Online. In: *Groupe TPO*. 2015. Dostupné z: <https://www.groupe-etpo.fr/en/references/825-tours-high-speed-line-bordeaux-sea-work-package-3.html>. [cit. 2024-05-10].
- (7) HIL R, MATOUŠ. *Příprava a výstavba dlouhých železničních tunelů*. Habilitační práce. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2008.
- (8) *TECHNICKO-PROVOZNÍ STUDIE TECHNICKÁ ŘEŠENÍ*. Online. [cit. 2024-05-18].
- (9) RTÁK, Jiří. *Uživatelská příručka pro mechanizované tunelování v podmínkách ČR*. Vyd. B. B. *Dokumenty České tunelářské asociace ITES*. Praha: Česká tunelářská asociace ITES, Pracovní skupina pro mechanizované tunelování, 2014. ISBN 978-80-260-5957-8.
- (10) *Tunel*. Online. 2017. ISSN 2118-728. Dostupné z: https://www.ita-aites.cz/files/tunel/2017/tunel-2_17-def.pdf. [cit. 2024-05-18].

- (11) EP Shield Herrenknecht G. Online. In: EP Shield Herrenknecht G. 2024. Dostupné z: <https://www.herrenknecht.com/en/products/productdetail/epb-shield/>. [cit. 2024-05-24].
- (12) MOSLER, Jiří; VLOVSKÝ, Václav; ŘÍK, Libor; JER, Milan; RTÁK, Jiří et al. *Uživatelská příručka pro konvenční tunelování*. Vydání 3. *Dokumenty České tunelářské asociace - ITES*. Praha: Česká tunelářská asociace - ITES, Pracovní skupina pro konvenční tunelování, 2019. B IS Nbn978-80-906452-4-0.
- (13) HORÁK, Vladislav. *Královopolský tunel - hlavní část velkého městského okruhu Dobrovského*. online. Dostupné z: <http://old.silnice-zeleznice.cz/clanek/kralovopolsky-tunel-hlavni-cast-velkeho-mestskeho-okruhu-dobrovskeho/>. [cit. 2024-05-08].
- (14) *Předstudie konstrukce ramvajového tunelu B rně*. Bakalářská práce, Vedoucí loc. Ing. Vladislav Horák, BSc. Brno: Vysoké učení Technické B rně, 2022.
- (15) *Geologická mapa 50000 (Lite)*. online. 2024. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geo/>. [cit. 2024-05-24].