

TUNEL RAJHRAD NA VYSOKORYCHLOSTNÍ TRATI RS 2

RAJHRAD TUNNEL ON THE RS2 HIGH SPEED LINE

ALEŠ VEVERKA, KATARÍNA RÉVAY

ABSTRAKT

Článek představuje hloubený tunel navržený na vysokorychlostní železniční trati. Tato připravovaná cesta je součástí ambiciózního projektu vybudování nových rychlých železničních spojení po České republice. Předmětný tunel se nachází na úseku označeném RS 2 (Rychlá spojení, úsek č. 2) v Jihomoravském kraji, na okraji města Rajhrad, po kterém je pojmenovaný. Po dokončení 44 km dlouhého úseku bude tato větev trati v budoucnu navazovat jako přeshraniční úsek na železniční síť Slovenska a Rakouska. V příspěvku jsou popsány nejen technické parametry tunelu, předpokládaná technologie jeho výstavby a geologické podmínky v lokalitě, ale jsou uvedeny i překážky, se kterými se projektant při návrhu téměř 1 km dlouhého tunelu musel vypořádat.

ABSTRACT

The article introduces a cut-and-cover tunnel designed for high-speed railway. This route in preparation is part of an ambitious project to build new high-speed railway connections across the Czech Republic. The tunnel in question is located on a section named RS2 (Fast Connection, section nr. 2) in the South Moravian region, on the outskirts of Rajhrad city, after which it is called. After completion of the 44km long section, this part of a track will connect to the Slovakian and Austrian railway networks as a border crossing in the future. The article describes not only the technical parameters of the tunnel, the expected technology of its construction, and the geological conditions of the location, but also obstacles are mentioned, with which the designer had to deal during the design of the almost 1km long tunnel.

ÚVOD

Kvalita a dostupnost dopravní infrastruktury státu vždy svědčí o jeho vyspělosti. Dostupné, rychlé, kulturní a spolehlivé cestování je známkou správného fungování dané společnosti. Pokud jde o přepravu osob a cestování po železnici konkrétně, je česká železniční síť jednou z nejhustějších drážních sítí na světě. Nově plánované vysokorychlostní tratě (VRT) navíc nabídnou k dostupnosti stávající železniční dopravy i další pozitivní hlediska jako rychlost a z ní vyplývající časovou úsporu, zvýšení kapacit oproti stávajícím tratím a v neposlední řadě udržitelný rozvoj cestování.

TUNELY NA VRT – TUNEL RAJHRAD

Páteř dopravy po železnici v ČR tvoří spojnice dvou největších železničních uzlů, kterými jsou Praha a Brno. Z nich jsou plánovány zcela nové a modernizované tratě „Rychlých spojení“ (RS) směrem do okolních států – obr. 1. Vysokorychlostní tratě (VRT) jsou do této infrastruktury RS začleněny a vlaky systému RS tak budou moci využívat nejen nové VRT (pro rychlost až 320 km/h), ale také zmodernizované části konvenčních tratí (pro rychlost až 200 km/h) [1, 2].

Aktuálně – tzn. v únoru 2025 – jsou v přípravě tyto úseky VRT:

- RS 1 VRT Praha–Brno–Ostrava (délka 385 km);
- RS 2 VRT Brno–Břeclav (délka 44 km);
- RS 4 VRT Praha – Ústí nad Labem – Drážďany (délka 137 km);
- RS 5 VRT Praha – Hradec Králové/Pardubice – Vratislav (délka 273 km).

Použití tunelových staveb na trasách VRT je logické z důvodů technických, ale i všeobecně sociálních. Výhodné to může být v místních podmínkách, a to jak pro překonání přírodních terénních překážek, tak současně pro minimalizaci dopadu zásahu do životního prostředí v lokalitě. Na navrhovaných VRT trasách v celé ČR je proto plánováno celkem na pět desítek tunelových staveb.

V rámci projektové přípravy vysokorychlostních tratí v ČR byly v prosinci roku 2021 započaty projektové práce na dokumentaci pro územní rozhodnutí (DÚR) pro úsek RS 2 VRT Jižní Morava.

INTRODUCTION

The quality and accessibility of the transport infrastructure of a state always resemble its advancement. Accessible, fast, civilized, and reliable travel is a mark of the correct functionality of a certain society. When it comes to the transport of people and travelling on railways specifically, the Czech railway network is one of the densest railroad networks in the world. Newly planned high-speed lines (VRTs) will offer in addition to the accessibility of current railway transport even other positive points of view, such as speed and therefore time savings, expanding capacity in relation to the current tracks, and last but not least sustainable development of travelling.

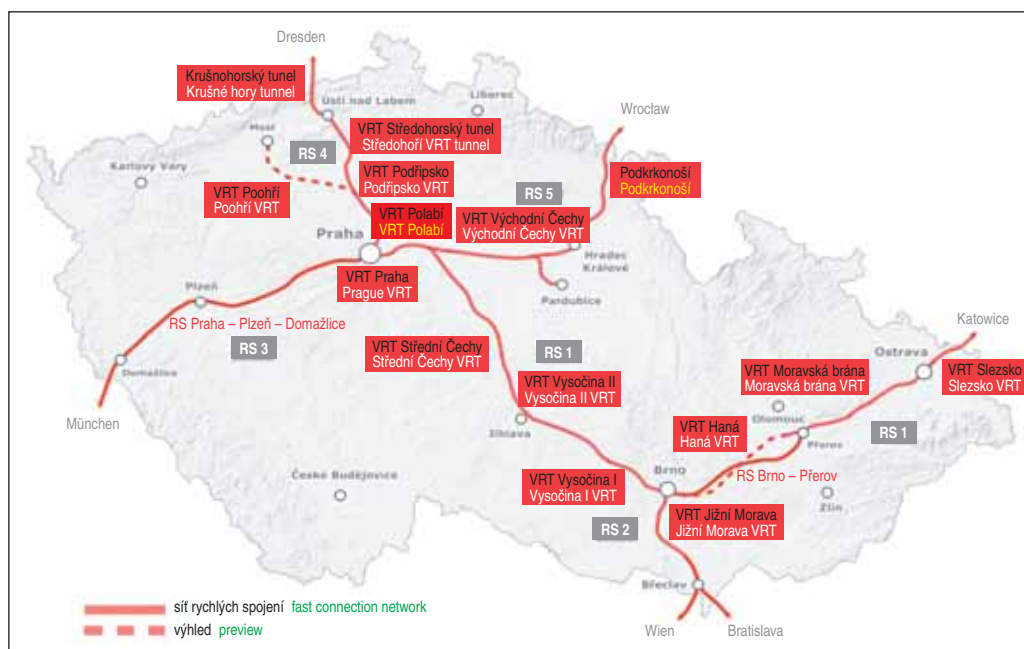
TUNNELS ON THE VRT – RAJHRAD TUNNEL

The backbone of transport on railways in the Czech Republic is made up of a link between the two largest railway hubs that are Prague and Brno. From those wholly new and modernised tracks of „Fast Connections“ (RS) are planned, in the direction of surrounding states – Fig. 1. High-speed lines (VRT) are incorporated into this RS infrastructure, and trains of the RS system will therefore be able to use not only the new VRT tracks (for speeds up to 320km/h) but also modernised parts of conventional tracks (for speeds up to 200km/h) [1,2].

Currently – i.e. in February 2025 – these sections of VRT are in preparation:

- RS 1 Prague–Brno–Ostrava VRT (length 385km);
- RS 2 Brno–Břeclav VRT (length 44km);
- RS 4 Prague – Ústí nad Labem – Dresden VRT (length 137km);
- RS 5 Prague – Hradec Králové/Pardubice – Vratislav VRT (length 273km).

The usage of tunnel structures on VRT tracks is logical due to technical but also generally social reasons. It can be advantageous in local circumstances, not only for overcoming natural terrain obstacles but also simultaneously for minimising the impact of the



Obr. 1 Situace plánovaných tratí VRT
Fig. 1 Planned VRT lines layout

Tato trať částečně kopíruje osu stávající železnice, část je vedena ve zcela nové trase. Délka tohoto úseku je 34,3 km a budoucí maximální rychlost zde je stanovena na 320 km/h. V úseku se nachází 19 mostních konstrukcí, 19 nových nadjezdů a také 1350 m dlouhá mostní estakáda.

Mezi Modřicemi a Šakvicemi byl v předchozí studii proveditelnosti navržen při okraji Rajhradu hloubený tunel (obr. 2), jehož realizaci bylo třeba podrobněji rozpracovat ve stupni DÚR, obdobně jako u příslušného úseku trati. Čistopis DÚR tunelu tak byl předán objednateli, kterým je Správa železnic, s.o. (SŽ) v září 2024.

GEOLOGICKÉ POMĚRY LOKALITY

Území umístění budoucího tunelu Rajhrad patří z geomorfologického hlediska do Dyjsko-svrateckého úvalu, detailně pak leží na hranici Dyjsko-svratecké nivy a Rajhradské pahorkatiny.

Na základě předběžného inženýrskogeologického průzkumu zpracovaného firmou AZ GEO, s.r.o. lze v aktivní zóně konstrukce tunelu předpokládat následující poměry: Kvartérní pokryv reprezentují zeminy proměnlivého genetického původu (eolické a fluvialní sedimenty). Území je vyrovnáno antropogenními navážkami o mocnosti 1,0 až 2,3 m, charakteru převážně hlíny písčité

intervention on the environment of the location. Hence for the proposed VRT routes in the Czech Republic, there are fifty tunnel structures planned in total.

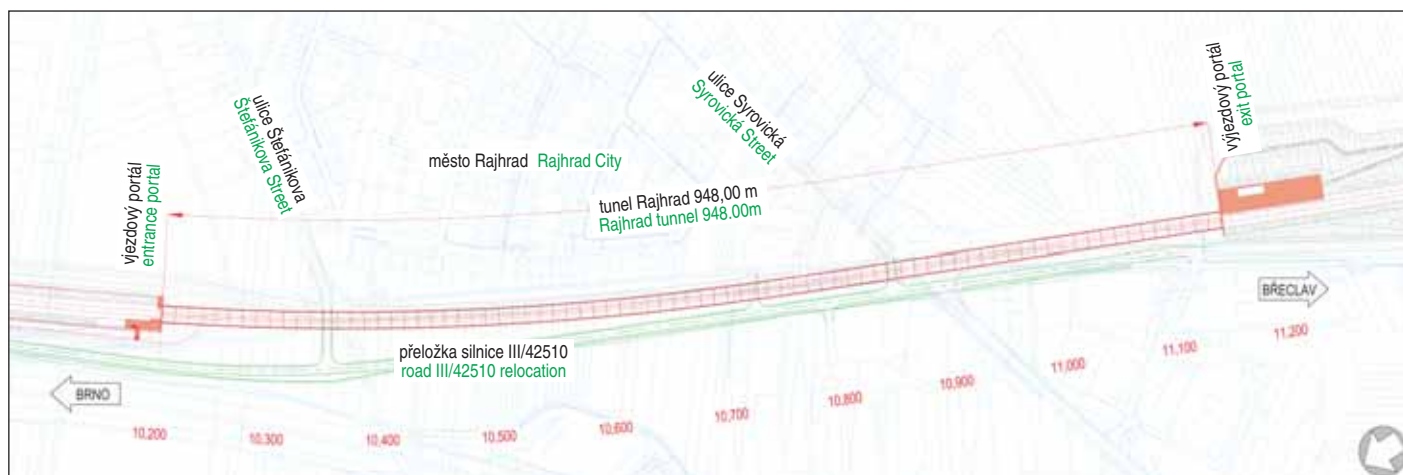
Within the designing stage of high-speed tracks in the Czech Republic, in December 2021 began design works on the documentation for the zoning and planning permission (DÚR) for the RS 2 Jižní Morava VRT section. This track partially lines the axis of the current railway, and a part of it is guided along a completely new route. The length of this section is 34.3km and the future maximum speed here has been established at 320km/h. In this section there are located a total of 19 bridge structures, 19 new overpasses, and also a 1350m long bridge viaduct.

In between Modřice and Šakvice, a cut-and-cover tunnel was proposed at the edge of Rajhrad in the previous feasibility study (Fig. 2), whose realisation had to be more thoroughly elaborated at the DÚR level, similar to the corresponding track section. The DÚR clean copy of the tunnel was therefore handed to the contract owner, who is Správa železnic, s.o. (SŽ), in September of 2024.

GEOLOGICAL CONDITIONS OF THE LOCATION

The location of the future Rajhrad tunnel belongs from a physiographical standpoint to the Dyjsko-svratecká depression, in detail lying on the boundary of the Dyjsko-svratecká plain and the Rajhrad uplands.

On the basis of the preliminary engineering geology investigation processed by the company AZ GEO, s.r.o., it is possible to expect the following conditions in the active zone of the tunnel structure: quaternary cover representing soils of variable genetical origin (eolian and fluvial sediments). The area is levelled by anthropogenic backfill with a thickness of 1.0 up to 2.3m, mainly sandy mud (F3 MSY) and clayey sand (S5 SC) in character, with fragments of construction waste. Following are eolian sediments (loess, loess loam) of Pleistocene age and Svratka



Obr. 2 Situace tunelu
Fig. 2 Tunnel layout

(F3 MSY) a jílovitého písku (S5 SC) s úlomky stavebního odpadu. Následují eolické sedimenty (spraše, sprašové hlíny) pleistocenního stáří a fluvialní pleistocenní sedimenty Svratky při bázi kvartéru. Málo proměnlivé spraše a sprašové hlíny (převážně F6 CI-CL) značně kolísají v mocnosti (od 1,9 až do 13,2 m). Fluvialní sedimenty řeky Svratky, které tvoří bázi kvarterních uloženin, mají značně variabilní zrnitostní složení. Střídají se vrstvy hlinitých písků (S4 SM, mocnost do 0,5 m), písčitých jílu pevné konzistence (F4 CS, mocnost do 0,5 m), písčitých jílu střední konzistence (F6 CL-CI, mocnost do 0,5 m) a písků s příměsí jemnozrnné zeminy (S3 S-F, mocnost 0,9 až 5,9 m). Lokálně se při bázi fluvialního souvrství vyskytují i ulehle šterky s příměsí jemnozrnné zeminy (G3 G-F).

Předkvartérní podloží, navrtané v hloubce 9,6 až 15,2 m, představují neogénní (miocénní) jíly (tzv. tégly) s vysokou až velmi vysokou plasticitou (F8 CH-CV, F7 MH), lokálně s přechodem do jílu písčitých (F4 CS, mocnost vložek písčitých jílu do 1 m). Přípovrchové vrstvy neogénních jílu reprezentují tzv. potrhane jíly. Ty jsou známé překonsolidací a náchylností ke svahové nestabilitě. Jsou také objemově nestálé s tendencí k bobtnání či smršťování, což je dáno vysokým obsahem jílových minerálů (illit/smektity).

Rezultát: Základová spára konstrukce hloubeného tunelu se bude nacházet v prostředí tvořeném výhradně neogénním jílem.

Podzemní voda je zde vázaná na propustné fluvialní zeminy. Jedná se o kvartérní zvodeň s volnou, lokálně až mírně napjatou hladinou. Voda byla naražena v hloubce 6,6 až 14,5 m a ustálila se v hloubce 7,9 až 12,6 m. Na základě laboratorní analýzy podzemní voda nevykazuje agresivitu na betonové konstrukce podle ČSN EN 206-1 – Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda. Pro zařazení podle normy ČSN 03 8375 – Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo vodě proti korozi, vykazuje velmi nízkou agresivitu (stupeň I.) působením pH, vysokou agresivitu (stupeň IV.) vlivem působení síranů a chloridů, velmi nízkou agresivitu (stupeň I.) vlivem působení agresivního CO₂ a vysokou agresivitu (stupeň IV.) vlivem vodivosti [4].

fluvial sediments at the base of the Quaternary. Sparsely variable loess and loess loam (mainly F6 CI-CL) substantially fluctuate in thickness (from 1.9 up to 13.2m). Fluvial Pleistocene sediments of the Svratka River which form the basis of Quaternary deposits have a significantly variable granular composition. Alternating are layers of muddy sand (S4 SM, thickness up to 0.5m), sandy clay of solid consistency (F4 CS), clay with low to medium plasticity (F6 CL-CI, thickness up to 0.5m), and sand with fine-grained soil admixtures (S3 S-F, thickness 0.9 up to 5.9m). Locally at the base of the fluvial strata even dense gravel with fine-grained soil admixture occurs (G3 G-F).

Pre-Quaternary bedrock drilled at a depth of 9.6 to 15.2m resembles Neogene (Miocene) clays (i.e. tégly) with high to very high plasticity (F8 CH-CV, F7 MH), locally with a transition to sandy clays (F4 CS, thickness of sandy clays partings up to 1m). Near-surface layers of Neogene clays represent the so-called fissured clays. Those are well known for overconsolidation and the susceptibility to slope instability. They are also volume unstable with the tendency to swell or shrink, which is given by the high contents of clay minerals (illites, smectites).

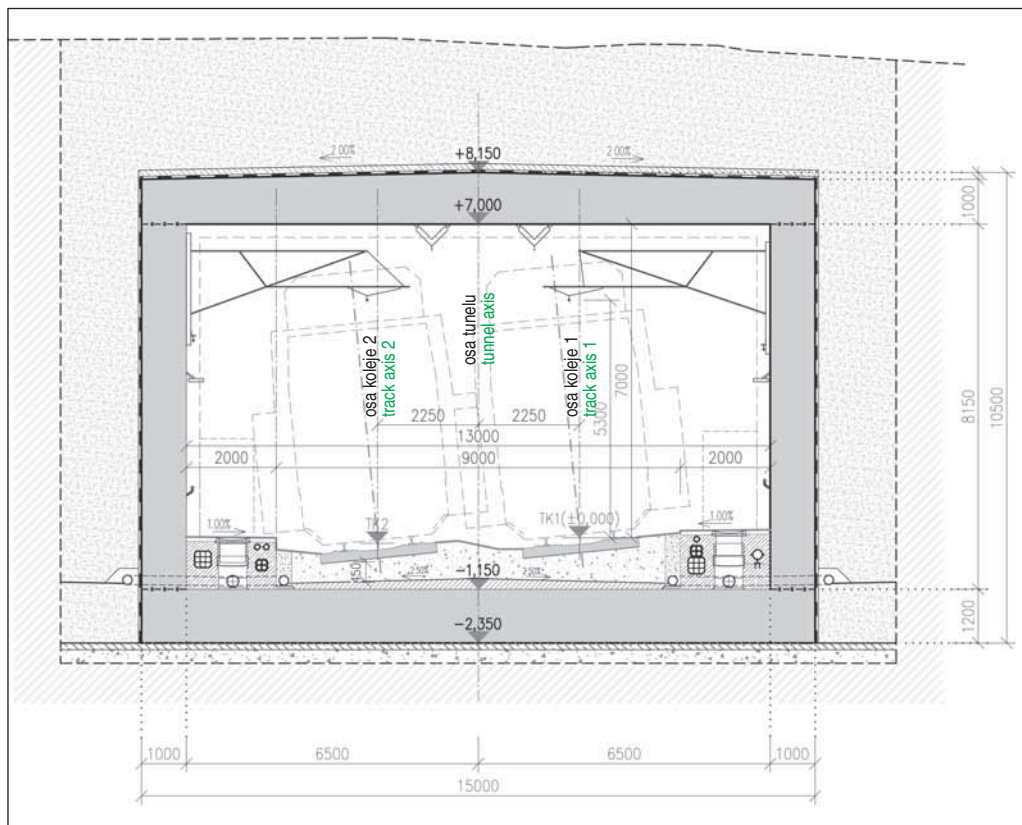
Result: The foundation base of the cut-and-cover tunnel construction will be located in an environment comprised of exclusively Neogene clay.

Groundwater is tied to permeable fluvial soils. It is a Quaternary groundwater body with a free, locally even slightly confined groundwater level. Water was encountered at a depth of 6.6 up to 14.5m and it settled at a depth of 7.9 to 12.6m. On the basis of laboratory analysis, the groundwater does not show aggressiveness towards concrete structures according to ČSN EN 206-1 – Concrete – Part 1: Specification, performance, production and conformity. For classification according to norm ČSN 03 8375 – Ochrana kovových potrubí uložených v půdě nebo vodě proti korozi, it shows a very low aggressiveness (level I.) due to pH, high aggressiveness (level IV.) as an effect of sulphides and chlorides, very low aggressiveness (level I.) as an effect of aggressive CO₂ and a high aggressiveness (level IV.) due to conductivity [4].

TECHNICAL SOLUTION OF THE TUNNEL

The tunnel axis is routed on the edge of Rajhrad city in the vicinity of a developed area, it is clamped together by the D52 motorway road bed and a busy class III. road No. 42510, underneath which it partially reaches. This road is an important service route, that will constantly be in operation during the construction in the shape of a diversion.

Horizontally from the southern portal the tunnel is directed through a sag with a radius of 40000m, the remaining part towards the northern portal is an inclined shaft descending at 4%. Directionally the tunnel is routed initially in a left curve and subsequently straight ahead. The



Obr. 3 Vzorový příčný řez tunelem
Fig. 3 Typical cross-section of the tunnel

TECHNICKÉ ŘEŠENÍ VLASTNÍHO TUNELU

Osa tunelu je vedena na okraji města Rajhradu v blízkosti zástavby, je semknutá mezi těleso dálnice D52 a vytříženou komunikací III. třídy č. 42510, pod kterou částečně zasahuje. Tato komunikace je důležitou obslužnou trasou, která bude v době výstavby stále v provozu formou přeložky.

Horizontálně je tunel od jižního portálu vedený údolnicovým obloukem poloměru 40000 m, zbývající část k severnímu portálu je úpadnice klesající 4 ‰. Směrově je tunel vedený zpočátku v levém oblouku a následně v přímé. Tunel Rajhrad je navržen jako dvoukolejný, o celkové délce 948 m, v celém úseku je osová vzdálenost kolejí 4,5 m a maximální návrhová rychlost je 230 km/h – obr. 2.

Severní (vjezdový) portál je navržen v km 10,204, jižní (výjezdový) portál je navržen v km 11,152 připravované nové trati mezi Modřicemi a Šakvicemi. Na jižním rozhraní tunelu je navržena změna návrhové rychlosti; v tunelu je stanovena na 230 km/h, za výjezdem z tunelu směrem na Břeclav je návrhová rychlost 320 km/h. Před vjezdem do tunelu směrem od Brna je návrhová rychlost 230 km/h.

Definitivní ostění tunelu je navrženo z monolitického železobetonu v obdélníkovém profilu s šířkou stěny 1000 mm a největší tloušťkou střešovitěho stropu 1150 mm. Průjezdový průřez tunelu vychází z vydaného manuálu pro VRT, pro návrhovou rychlost v tunelu 230 km/h. Světla výška tunelu je tak 7,0 m nad temenem kolejnice (TK), světla šířka tunelu je 13,0 m. Upravený příčný řez má tak světlou plochu nad TK cca 90,9 m² a vyhovuje prostorové průchodnosti Z-GC (označení průchodnosti: Z – základní, G – gauge [průřez], C – označení třídy) (obr. 3).

Vzhledem k délce tunelu do 1 km není navržena žádná nezávislá úniková cesta. Tunel tak bude vybaven jen únikovými chodníky šířky 2000 mm na obou stranách tunelu. Únikové chodníky budou doplněny podélným madlem, ve kterém bude integrováno nouzové osvětlení, které bude napájeno ze zálohovaného zdroje.

V tunelu bude na základě kolejového řešení provedeno zapuštěné šterkové lože. Odvodnění lože bude realizováno pomocí vnitřních bočních drenáží doplněných čistícími a revizními šachtami, které budou umístěny v konstrukci únikového chodníku. Drenážní potrubí je na obou portálech ukončeno revizní šachtou vně tunelu, umístěnou ve zpevněných plochách před portály.

Pod oběma únikovými chodníky budou v betonové výplni umístěny kabelovody a chráničky pro vedení zabezpečovacích, sdělovacích a silnoproudých kabelů, dále zde bude kanalizační potrubí drenáží a v neposlední řadě nezavodněný požární vodovod min. DN100. Tento suchovod bude zavodněn v případě požáru. Zdrojem požární vody bude samostatná přípojka vody.

Větrání tunelu bude přirozené podélné, za využití pístového a komínového efektu. Rozdíl výšek mezi portály je cca 4,3 m.

Konstrukce hloubeného tunelu je po celé délce opatřena hydroizolačním souvrstvím proti podzemní vodě s podélnými rubovými drenážemi. Výškové vedení trasy v tunelu je ve spádu a umožňuje odvodnění tunelu gravitačně. Je navrženo hydroizolační souvrství z PVC v celkové tloušťce 30 mm, a to včetně signální vrstvy. Izolační souvrství bude ochráněné geotextilií, na stropní desce také vrstvou betonové mazaniny.

Portálové stěny tunelu jsou navrženy jako svislé, železobetonové. Vzhledem k hlubokým zářezům před vjezdem i na výjezdu z tunelu bude v případě severního (vjezdového) portálu stěna z obou stran navazovat na zárubní a opěrné zdi podél rajhradské ulice Stará pošta. Na jižním (výjezdovém) portálu bude portálová zeď mírně zalomená. Zalomená hrana bude tvořit konstrukci pro vyrovnání

Rajhrad tunel is designed as a twin rail tunnel with a total length of 948m, throughout the whole section the axial distance of tracks is 4.5m and the maximum design speed is 230km/h – Fig. 2.

The northern (entrance) portal is designed at km 10.204, the southern (exit) portal is designed at km 11.152 of the newly in preparation track between Modřice and Šakvice. On the southern boundary of the tunnel, a change in design speed is projected, in the tunnel it is established at 230km/h, after the exit from the tunnel in the direction of Břeclav the design speed is 320km/h. Prior to the entrance to the tunnel in the direction from Brno the design speed is 230km/h.

The secondary lining of the tunnel is designed to be from cast-in-situ reinforced concrete rectangular in cross-section with a wall 1000mm wide and the thickest roof ceiling of 1150mm. The tunnel gauge is based on the released manual for VRT, for a 230km/h design speed in the tunnel. The vertical clearance of the tunnel is therefore 7.0m above the running surface of the rail (TK), clearance width of the tunnel is 13.0m. The modified cross-section therefore has an area above the TK ca. 90.9m² and satisfies the spatial passability Z-GC (designation of passability: Z – basic, G – gauge, C – class marking) (Fig. 3).

In regards to the tunnel length being below 1km no independent escape routes have been designed. The tunnel will therefore only be equipped with escape pavements 2000mm wide on both sides. Escape pavements will be provided with a longitudinal handrail, in which emergency lighting will be integrated that will be powered from a backup supply.

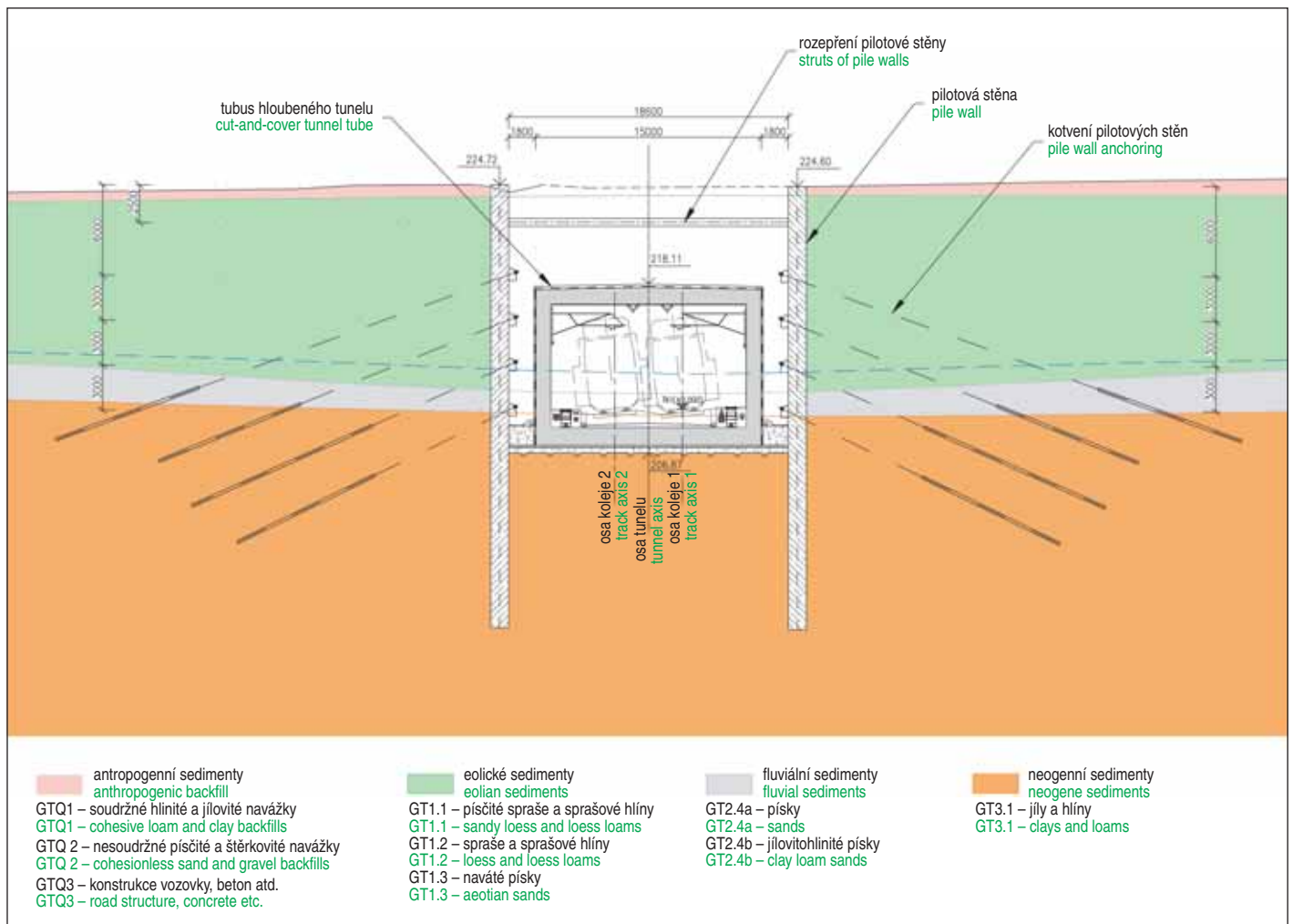
In regards to the rail solution an embedded ballast bed will be carried out in the tunnel. Drainage of the bed will be realised using inner lateral drainages supplemented by cleaning and inspection shafts that will be positioned in the structure of the escape pavement. Drainage piping ends at both portals with an inspection shaft outside of the tunnel, situated inside hard-surfaced areas in front of the portals.

Underneath both of the escape pavements in the infill concrete, cable ducts and line piping will be placed for the routing of interlocking systems, communication, and high voltage cables, next there will be drain sewerage piping, and last but not least dry fire water main min. DN100. This dry fire main will be irrigated in the case of a fire. The source of fire water will be an independent water connection.

Tunnel ventilation will be natural longitudinal with the use of the piston and chimney effects. The elevation difference between the portals is ca. 4.3m.

The cut-and-cover tunnel structure is equipped along its entire length with layered waterproofing against groundwater with longitudinal underside drains. The vertical route location in the tunnel is at a downgrade heading and allows gravitational tunnel drainage. Layered waterproofing from PVC is designed at a total thickness of 30mm, including a signalling layer. Layered waterproofing will be shielded by geotextile, on the ceiling slab also with a layer of concrete screed.

The portal walls of the tunnel are designed as vertical from reinforced concrete. In regards to deep cuts before the entrance and on the exit from the tunnel in the case of the northern (entrance) portal a wall on both sides will connect to revetment and retaining walls along Stará pošta Street in Rajhrad. The portal wall will be slightly bent on the southern (exit) portal. The bent edge will create a structure for levelling vertical differences between the original and grade-sloped terrain to the left of the tunnel. In the right part,



Obr. 4 Charakteristický příčný řez
Fig. 4 Characteristic cross-section

výškových rozdílů mezi původním a upraveným svahovaným terénem vlevo od tunelu. V pravé části bude portálová zeď navazovat na opěrnou zeď podél ulice Stará pošta.

U jižního (výjezdového) portálu tunelu bude nástupní plocha pro složky IZS, se samostatným příjezdem z účelové komunikace. Zde se bude nacházet i technologický objekt tunelu, ve kterém bude umístěno zařízení pro provoz jak tunelu, tak i přilehlých částí VRT.

K severnímu (vjezdovému) portálu bude vzhledem k jeho poloze v úzkém zářezu v kolejišti zbudován pouze pěší přístup, a to schodištěm vedeným z účelové komunikace východně od severního (vjezdového) portálu. Prosáklá voda bude tunelovou vnitřní drenáží odváděna na tento portál, kde bude vyústění do šachty společně s odvodněním kolejového lože.

Výstavba hloubeného tunelu bude probíhat v pažené stavební jámě (obr. 4). Vzhledem k celkovému situačnímu uspořádání, harmonogramu výstavby, geologickým a geotechnickým podmínkám, je návrh stavební jámy uvažován především z pohledu možných zajištění stavební jámy:

- kotvená pilotová stěna – v místech bez očekávání velkých přítoků podzemní vody do stavební jámy a s větší požadovanou hloubkou vetknutí konstrukce vynucenou geologickými a geotechnickými poměry;
- kotvená stěna z převrtávaných pilot – v místech s očekáváním větších přítoků podzemní vody a s větší požadovanou hloubkou vetknutí konstrukce vynucenou geologickými a geotechnickými poměry;

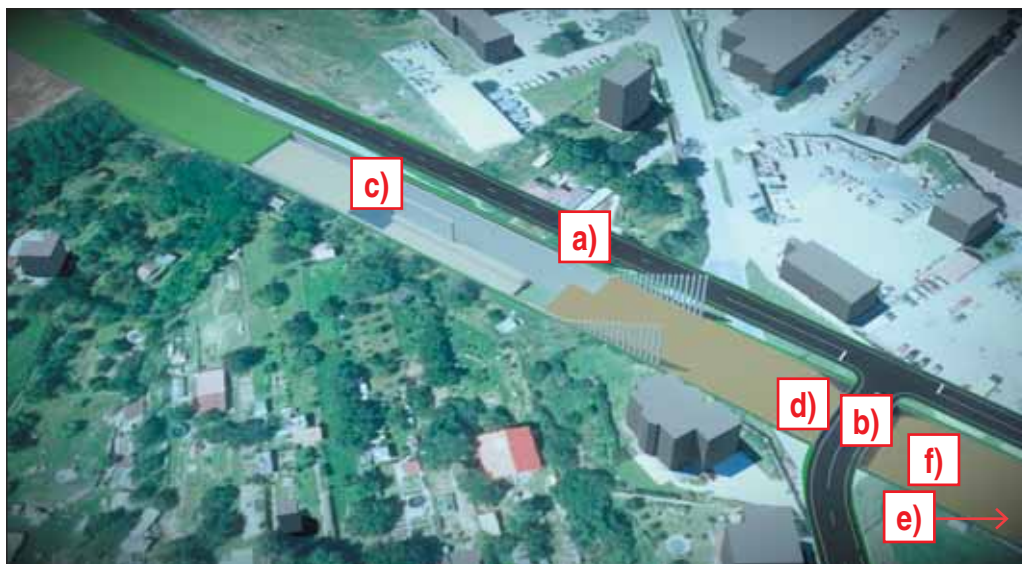
the portal wall will connect to the retaining wall alongside Stará pošta Street.

By the southern (exit) tunnel portal there will be a site for IRS services with a separate entrance from an access road. Here, a technical building of the tunnel will be located as well, in which technology for the operation of the tunnel and also adjacent parts of VRT will be installed.

To the northern (entrance) portal due to its location in a narrow cut in the rail, only pedestrian access will be built with a staircase leading from an access road to the east of the northern (entrance) portal. Seeping water will be directed to this portal via inner drainage where there will be an outlet to a shaft that is also for draining the trackbed.

The construction of the cut-and-cover tunnel will be carried out in a sheated excavation pit (Fig. 4). In regards to the overall situational layout, construction schedule, geological and geotechnical conditions, the design of the excavation pit is considered primarily from the standpoint of possible support of the excavation pit:

- anchored pile wall – in places without the expectancy of large influxes of groundwater into the excavation pit and with a higher required depth of the restraint demanded by geological and geotechnical conditions;
- anchored secant pile wall – in places with a higher expected influx of groundwater and a higher required depth of the restraint demanded by geological and geotechnical conditions;



Obr. 5 Rozfázovaný postup výstavby a) provedení přeložky silnice III. třídy č. 42510, b) výstavba provizorních mostů, c) výkop stavební jámy a začátek stavby tunelu, d) dosažení kritických míst křížení stavební jámy a silnic směrem do Rajhradu, e) dokončení tunelu, f) finální provedení zásypových konstrukcí

Fig. 5 Phased construction stages a) carrying out a relocation of the No. 42510 class III. road, b) construction of temporary bridges, c) excavation of the construction pit and the start of tunnel construction, d) reaching critical locations of crossings of the excavation pit and roads in the direction to Rajhrad, e) tunnel completion, f) final execution of backfill structures

- kotvená pilotová stěna doplněná rozepřením – v místech stavební jámy blíže povrchu, kde není možné navrhnout efektivně kotevní konstrukce.

Tabus tunelu bude ochráněn pískovým obsypem, na který bude navazovat zásyp finální. Ten bude provedený přednostně z vytěženého materiálu, pokud bude tento materiál vyhodnocen jako vhodný. Případně může být vytěžená zemina chemicky upravena a použita zpět do zásypů. Aby byla konstrukce tunelu zatěžována rovnoměrně, bude zásypové těleso prováděno a hutněno postupně po vrstvách. Rozdíl výšek zásypu vlevo a vpravo mezi konstrukcí tunelu a zajištěním jámy při zasypávání nesmí přesáhnout 1,0 m. Dočasné zajištění jámy bude demontováno a pilotové stěny budou ubourány do hloubky přibližně 2 m pod finální úroveň terénu.

Zpětné zásypy budou prováděny podle úrovně terénních úprav v trase a okolí tunelu. V blízkosti obou portálů se předpokládá přesypání nad úroveň stávajícího terénu. Využije se výkopek a pozitivně to přispěje k celkové bilanci nakládání s vytěženým materiálem.

POSTUP VÝSTAVBY

Podle navrženého technického řešení je postup výstavby prostý: provést piloty k zajištění stavební jámy, realizovat výkop s postupným kotvením (příp. rozepřením) pilotových stěn, vystavět železobetonový tubus tunelu, provést hydroizolace a zpětné zásypy. Do takto relativně jednoduchého postupu však v tomto případě vstupují další náročné aspekty prostředí, ve kterém má stavba probíhat.

Silniční křižovatky na silnici směrem do města Rajhrad zůstanou v provozu, z tohoto důvodu budou v předstihu vystavěny mostní provizorní konstrukce, které dopravu z přeložené silnice do města Rajhrad převedou. Frekventovaná severojižní trasa západně od Rajhradu tak bude zachována, příčné propojení směrem do města bude na zmíněných křižovatkách využitelné i v případě výstavby v těchto místech.

Přeložky inženýrských sítí v předstihu jsou pak samozřejmostí. Jednou z nich je i přeložení části vysokotlakého plynovodního potrubí u jižního portálu tunelu. Přibližně v polovině délky tunelu bude zřízena i konstrukce pro provizorní převedení části inženýrských sítí.

- anchored pile wall supported by bracing – in places where the excavation pit is closer to the surface, where it is not possible to design effective anchoring structures.

The tunnel tube will be protected by a sand pack which will be followed by a final backfill. That will be carried out preferentially from excavated material, provided that this material will be evaluated as suitable. Alternatively the excavated soil can be chemically cured and used back in the backfills. In order for the tunnel structure to be evenly loaded, the backfill body will be carried out and compacted step by step in layers. The variation of backfill height on the left and right amongst the tunnel construction and the securing of the excavation pit during filling must not exceed

1.0m. Temporary excavation pit securing will be disassembled and pile walls demolished up to a depth of approximately 2m beneath the final terrain level.

Backfill will be carried out according to the level of terrain finish en route and in the vicinity of the tunnel. Nearby both of the portals a pour above the current level of terrain is expected. Excavated material will be utilised and that will positively add to the total balance sheet of handling the excavated material.

CONSTRUCTION PROCEDURE

According to the proposed technical design the procedure of construction is simple: carry out piles for the securing of the excavation pit, realise the pit with sequential anchoring (eventually bracing) of the pile wall, build the reinforced concrete tube of the tunnel, carry out waterproofing and backfills. Into such an uncomplicated advance nevertheless come in this case other challenging aspects of the area in which the construction is set to take place.

The intersections on the road in the direction of Rajhrad City will remain in operation, for that reason temporary bridge structures will be built in advance, which will reroute traffic into Rajhrad City from the diverted road. Busy north-southern route to the west of Rajhrad will therefore be preserved, and transverse interconnections into the city will be usable on the aforementioned intersections even in the case of construction in these places.

Relocation of infrastructural networks in advance are commonplace, one of them even being a diversion of high-pressure gas line piping at the southern portal of the tunnel. Approximately at half the length of the tunnel even a structure for provisionally diverting a part of infrastructural services will be constructed.

To make the construction procedure clearer, an animation was prepared that clearly displays the procedure of construction in a timely horizon. This animation is mainly intended to introduce the construction to the broader public and explain the construction timetable of the tunnel and adjacent structures. In question are six vital phases of construction, whose description and location are obvious from Fig. 5.

Pro zpřehlednění postupu výstavby byla zpracována animace, která názorně zobrazuje postup výstavby v časovém sledu. Tato animace je určena především pro představení stavby širší veřejnosti a vysvětlení harmonogramu výstavby tunelu i souvisejících staveb. Jde o šest zásadních fází výstavby, jejichž popis a umístění jsou patrné z obr. 5.

SLOŽITOSTI PROJEKTOVÉHO ŘEŠENÍ

Projektování hloubených tunelů se může jevit v podzemním stavitelství jako jednodušší než projektování tunelů ražených. Při výstavbě v otevřené jámě nemusí investor, projektant ani zhotovitel řešit řadu problémů, které se vyskytují pouze v podzemí. I stavba mělkých tunelů má svá specifika, která mohou značně ovlivnit finální návrh hloubené konstrukce, a to především tam, kde je projekt komplikovanější, finančně nákladnější a projektant se proto musí vypořádat s řadou překážek.

Projekt tunelu Rajhrad se musel vypořádat s několika problémy. K nemalým lze zařadit např. geologické podmínky lokality, popsané výše. Již první návrh zajištění stavební jámy jednoduchou záporovou stěnou vzal za své vzhledem k parametrům zastížených zemín – miocenních jíílů. Od použití technologie výstavby s podzemními stěnami bylo po ekonomickém a technickém posouzení také upuštěno. Zvolené zajištění kombinací kotvených pilotových stěn a rozepření jámy se výsledně jevílo jako neefektivnější, a to s ohledem na ekonomické a technické možnosti.

Pro další fáze projektu bude zapotřebí provést podrobný hydrogeologický průzkum lokality. Již jen proto, aby se vyloučilo riziko ovlivnění režimu podzemních vod vlivem výstavby. Tuto obavu vyslovili obyvatelé města Rajhradu. Také investor, který si je tohoto nebezpečí vědomý, očekává další návrhy, jak ochránit přilehlé okolí tunelu, včetně vodního režimu širší oblasti.

Naposlední komplikací je požadavek na zachování dosavadní dopravní obslužnosti města Rajhrad v koordinaci výstavby a nepřerušování provozu na vytížených ulicích Stará pošta, Syrovická a Štefánikova. Pro ochranu těchto, pro obyvatelstvo důležitých, dopravních tepen a zachování hromadné dopravy bude ještě před zahájením stavby tunelu provedena přeložka ulice Stará pošta a zřízení mostních provizorií.

ZÁVĚR

V době přípravy článku pokračuje práce na dalších fázích projektu, probíhá vyjednávání s dotčenými úřady, majiteli pozemků, zástupci samosprávy, včetně prezentací projektových řešení široké veřejnosti. Přípomínky a podněty investor analyzuje a podle potřeby zadává zpracovatelům podněty na změny projektové dokumentace. Ty budou bezprostředně zapracovány do podrobné dokumentace ve stupni DPS již podle nového Stavebního zákona.

*Ing. ALEŠ VEVERKA, ales.veverka@mottmac.com,
Ing. KATARÍNA RÉVAY, katarina.revay@mottmac.com,
Mott MacDonald CZ spol. s r.o.*

Recenzoval *Reviewed by:* doc. Ing. Vladislav Horák, CSc.

DIFFICULTIES OF THE DESIGN SOLUTION

Designing cut-and-cover tunnels within underground construction can seem less sophisticated than designing mined tunnels. During construction in an open pit, the investor, designer, or even contractor do not have to deal with a series of problems that occur only underground. Even the construction of shallow tunnels has its own particularities that can significantly influence the final design of a cut-and-cover structure, namely where the project is more complicated and financially costly, and the designer therefore has to overcome a series of obstacles.

The Rajhrad tunnel project had to cope with several problems. To those considerable ones belong for example geological conditions of the location described above. Already the first concept for excavation pit securing by a simple sheeting wall has taken its toll due to the parameters of encountered soils – Miocene clays. Using construction technology with underground walls was also abandoned after an economical and technical evaluation. The chosen support of excavation by a combination of anchored pile walls and strut bracing has in the end shown as the most effective with regards to economic and technical capabilities.

For further project phases, a detailed hydrogeological survey of the location has to be carried out. Even just for ruling out the risk of influencing the groundwater regime as a result of the construction. This concern was expressed by the inhabitants of Rajhrad City. As well as the investor, who is aware of this risk, expects further proposals on how to protect the nearby vicinity of the tunnel including the water regime of the broader region.

The last complication is a request to preserve the existing transport services of Rajhrad city in coordination with the construction and to not interrupt the traffic on busy streets Stará pošta, Syrovická, and Štefánikova. For the protection of these arterial roads that are vital for the inhabitants and for preserving mass transit even before the commencement of the tunnel construction a relocation of Stará pošta Street will be carried out and temporary bridges established.

CONCLUSION

At the time of preparation of this article works on the further phases of the project continue, and negotiations with concerned authorities, land owners, and self-government representatives are being held, including presentations of the project solutions to the general public. The investor analyses remarks and objections and as needed assigns the objections for changes in the design documentation to the authors. Those will immediately be incorporated into a thorough documentation at the DPS level already according to the new law.

*Ing. ALEŠ VEVERKA, ales.veverka@mottmac.com,
Ing. KATARÍNA RÉVAY, katarina.revay@mottmac.com,
Mott MacDonald CZ spol. s r.o.*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Vysokorychlostní trať v České republice, Praha: Správa železnic, státní organizace. [cit. 2025-01-26]. Dostupné z: www.vrtky.cz.
- [2] Správa železnic, státní organizace *Studie proveditelnosti vysokorychlostní trati Praha – Brno – Břeclav*. Důvěrný dokument, 12/2020.
- [3] Správa železnic *Manuál pro projektování VRT ve stupni DÚR*. (Online). 2021. Dostupné z <https://www.spravazeleznic.cz/documents/50004227/50156832/01172+-+p%C5%99%C3%ADloha-OVxb5rbc.pdf/7f1bb672-d1b5-45f0-9ad1-1f228425cdfc>, [citováno 2025-01-26].
- [4] AZ-Geo RS 2 VRT – Modřice – Šakvice – *předběžný inženýrskogeologický průzkum*. 09/2022.