

TUNEL DOLNÍ RADECHOVÁ – VÝZNAMNÝ PRVOK OBCHVATU NÁCHODA

DOLNÍ RADECHOVÁ TUNNEL – A KEY ELEMENT OF THE NÁCHOD BYPASS

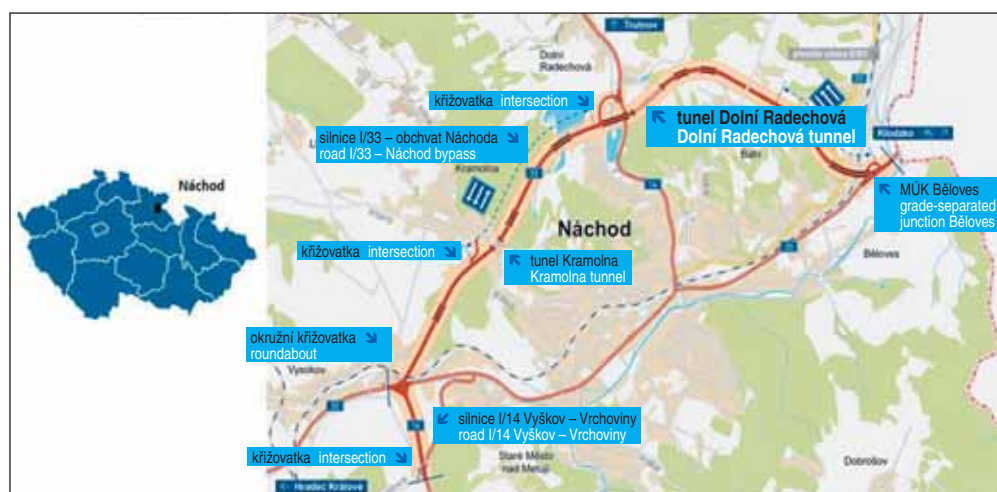
MICHAL MARIČÁK

ABSTRAKT

Tunel Dolní Radechová predstavuje významný stavebný objekt v rámci stavby I/33 Náchod – obchvat, ktorej cieľom je zlepšiť dopravnú situáciu v Náchode a jeho okolí. Tunel je navrhnutý ako jednorúrovňový obojsmerný tunel s celkovou dĺžkou 363 m. Článok približuje základné informácie o technickom riešení, geologických podmienkach, použitej technológii razenia a organizácii výstavby.

ABSTRACT

The Dolní Radechová Tunnel represents a significant construction element within the I/33 Náchod – bypass project, which aims to improve traffic conditions in Náchod and its surroundings. The tunnel is designed as a single-tube, bidirectional tunnel with a total length of 363 meters. This article presents basic information about the technical design, geological conditions, tunneling technology used, and construction organization.



Obr. 1 Prehľadná situácia stavby
Fig. 1 Plan view of the construction site

ÚVOD

Mesto Náchod, ktoré sa nachádza pri česko-poľskej hranici, dlhodobo zápasí s nadmernou dopravnou záťažou, ktorá negatívne ovplyvňuje kvalitu života obyvateľov i plynulosť dopravy. Medzinárodná cesta prvej triedy I/33, spájajúca Hradec Králové s poľským mestom Kudowa-Zdrój, je dôležitou dopravnou tepnou, avšak jej trasa cez centrum Náchoda spôsobuje dopravné zápchy, hlučnosť a zvýšenú emisnú záťaž.

Výstavba obchvatu Náchoda je strategickým riešením tejto situácie. Tunel Dolní Radechová [1] (obr. 1), ako jeden z významnejších objektov stavby, prekonáva výškový rozdiel a členitý terén severne od mesta a zároveň minimalizuje zásah do zastavaného územia. V tomto článku je podrobne predstavený návrh tunela, postup výstavby, ako aj prekážky, ktoré je potrebné počas realizácie prekonať.

Objednávateľom stavby je Ředitelství silnic a dálnic s. p. a zhotoviteľom je „Společnost obchvat Náchoda“, ktorá združuje firmy: EUROVIA CZ a.s., Stavby mostů a.s., Marti a.s. a EUROVIA SK, a.s. Spoločnosť Marti a.s. je zhotoviteľom stavebnej časti

INTRODUCTION

The town of Náchod, located near the Czech-Polish border, has long struggled with excessive traffic load, which negatively affects both the quality of life of its residents and the smooth flow of traffic. The international first-class road I/33, connecting Hradec Králové with the Polish town of Kudowa-Zdrój, is an important transport artery. However, its route through the center of Náchod causes traffic congestion, noise, and increased emissions.

The construction of the Náchod bypass is a strategic solution to this situation. The Dolní Radechová Tunnel [1] (Fig. 1), as one of the

major structures of the project, overcomes the elevation difference and rugged terrain north of the town while minimizing impact on the built-up area. This article provides a detailed overview of the tunnel design, construction process, and the challenges that must be overcome during construction.

The client of the project is the Directorate of Roads and Motorways (Ředitelství silnic a dálnic s. p.), and the contractor is the “Náchod Bypass Joint Venture,” which includes the companies: EUROVIA CZ a.s., Stavby mostů a.s., Marti a.s., and EUROVIA SK, a.s.

Marti a.s. is responsible for the structural part of the Dolní Radechová Tunnel, while EUROVIA CZ a.s. is responsible for the technological part of the tunnel.

The realization documentation (PDPS) was prepared by “ŘSD BIM MAX 2020 – SAS4RP” Joint Venture led by SATRA, spol. s r.o., in cooperation with AFRY CZ s.r.o., AF-Infrastructure AB, SAGASTA s.r.o., 4roads s.r.o., and Pontex spol. s r.o.

tunela Dolní Radechová, spoločnosť EUROVIA CZ, a.s. je zhotoviteľom technologickej časti tunela.

Dokumentáciu na vykonanie stavby (PDPS) vypracovala spoločnosť „Společnost ŘSD BIM MAX 2020 – SAS4RP“ s vedúcim spoločníkom SATRA, spol. s.r.o a spoločníkmi AFRY CZ s.r.o., AF-Infrastructure AB, SAGASTA s.r.o., 4roads s.r.o. a Pontex spol. s r.o. Zhotoviteľom realizačnej dokumentácie stavby (RDS) je spoločnosť „Sdružení I/33 4ROADS-SATRA-VALBEK-PONTEX“ s vedúcim spoločníkom 4roads s.r.o a spoločníkmi SATRA, spol. s.r.o, Valbek, spol. s.r.o. a Pontex spol. s r.o.

ZÁKLADNÉ INFORMÁCIE O TUNELI

Hlavným dôvodom návrhu tunela Dolní Radechová na trase cesty I/33 je potreba prekonať geomorfologicky členité územie juhovýchodne od obce Dolní Radechová. Tunel prekonáva dva chrbty s nadmorskou výškou 391,1 a 394,0 m, pričom nadložie dosahuje miestami výšku až 25 metrov. Medzi týmito chrbtami, približne v strede tunela, sa nachádza priečne údolie, kde sa bude tunel vzhľadom na nízke nadložie a nepriaznivé geologické podmienky budovať v otvorenej stavebnej jame. Tunelová rúra tak bude rozdelená na dva razené a tri hĺbené úseky (obr. 2).

V zmysle ČSN 73 7507 Projektování tunelů pozemních komunikací je tunel Dolní Radechová zaradený medzi krátke tunely. Tunelová rúra je rozdelená na úseky budované razením a hĺbením a bude prevádzkovaná obojsmerne s navrhovanou rýchlosťou 70 km/h. Celková dĺžka tunelovej rúry je 363 m.

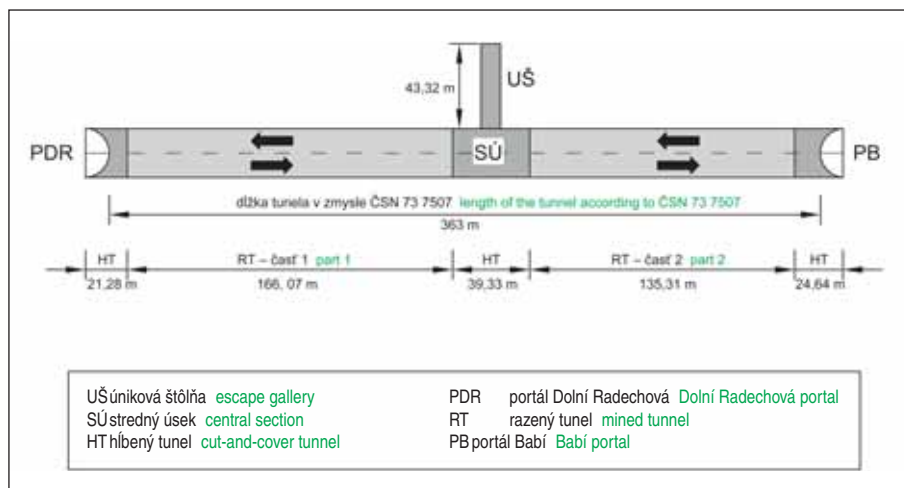
Súčasťou tunela je úniková štôľňa s dĺžkou približne 44 m, umiestnená zhruba uprostred dĺžky tunelovej rúry kolmo na tunelovú rúru. Monolitická konštrukcia štôľne (napojenie na hĺbený tunel) má dĺžku približne 4,4 m. Zvyšná časť je tvorená zo

“I/33 4ROADS-SATRA-VALBEK-PONTEX” Joint Venture led by 4roads s.r.o., with partners SATRA, spol. s r.o., Valbek, spol. s r.o., and Pontex spol. s r.o. is responsible for the detailed design documentation (RDS).

BASIC INFORMATION ABOUT THE TUNNEL

The main reason for designing the Dolní Radechová Tunnel along the I/33 road route is the need to overcome the geomorphologically rugged terrain southeast of the village of Dolní Radechová. The tunnel crosses two ridges with elevations of 391.1m and 394.0m, with the overburden reaching up to 25 meters in some places. Between these ridges, approximately in the middle of the tunnel, lies a transverse valley where, due to the low overburden and unfavorable geological conditions, the tunnel will be constructed in an open cut. The tunnel tube will thus be divided into two mined sections and three cut-and-cover sections (see Fig. 2).

According to ČSN 73 7507 – Design of Road Tunnels, the Dolní Radechová Tunnel is classified as a short tunnel. The tunnel tube is divided into sections constructed by mining and cut-and-cover



Obr. 2 Schematické znázornenie tunela Dolní Radechová
Fig. 2 Schematic representation of the Dolní Radechová tunnel

Tab. 1 Základné technické parametre tunela Dolní Radechová

Počet tunelových rúr	1
Vedenie premávky	obojsmerné
Kategória tunela podľa ČSN 73 7507	T – 9,5
Navrhovaná rýchlosť	70 km/h
Celková dĺžka tunela podľa ČSN 73 7507	363 m
Dĺžka razených úsekov tunela (časť 1 / časť 2)	166,07 m / 135,31 m
Dĺžka hĺbených úsekov tunela, portál Dolní Radechová / stredný úsek / portál Babí	21,28 m / 39,33 m / 24,64 m
Pozdĺžny sklon	premenlivý od 0,07 % do 3,95 %
Priečny sklon	s jednostranným klopením 2,5–3 % s obojstranným klopením 2,5 %
Úniková štôľňa	1 ks, kolmá na tunelovú rúru
Počet núdzových zálivov	0
Výška prejazdneho prierezu	4,8 m
Šírka chodníkov	1,0 m
Svetlá výška nad chodníkom	2,2 m

Table 1 Basic technical parameters of the Dolní Radechová tunnel

Number of tunnel tubes	1
Traffic flow	bidirectional
Tunnel category (ČSN 73 7507)	T – 9.5
Design speed	70km/h
Total tunnel length (ČSN 73 7507)	363m
Length of mined sections (part 1 / part 2)	166.07m / 135.31m
Length of cut-and-cover sections (Dolní Radechová portal / central section / Babí portal)	21.28m / 39.33m / 24.64m
Longitudinal gradient	variable from 0.07% to 3.95%
Cross slope	one-sided camber: 2.5–3%; two-sided camber: 2.5%
Escape gallery	1 piece, perpendicular to tunnel tube
Number of emergency bays	0
Clearance height	4.8m
Sidewalk width	1.0m
Headroom above sidewalk	2.2m

16 kusov systémových prefabrikátov. Na portál únikovej štólne nadväzuje približne 13,6 m dlhá úniková cesta v záreze. Steny zárezu budú z oboch strán zabezpečené opornou konštrukciou z gabiónov s premenlivou výškou 2,5–3,5 m. Na únikovú cestu nadväzuje zhromažďovacia plocha so šírkou 5,3 m a dĺžkou 13 m s prístupovou komunikáciou šírky 2,5 m a dĺžky 60,3 m. Tunelová rúra ďalej obsahuje osem výklenkov pre revízne šachty drenáže (štyri vpravo, štyri vľavo), štyri združené výklenky (dva vpravo, dva vľavo) pre osadenie SOS kabín, revízne šachty drenáže a taktiež vo výklenkoch na ľavej strane v smere staničenia budú umiestnené požiarné hydranty.

Základné technické parametre tunela Dolní Radechová sú uvedené v tab. 1.

GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ PODMIENKY TUNELA DOLNÍ RADECHOVÁ

Z geologického hľadiska je trasa tunela Dolní Radechová tvorená kvartérnym pokryvom a predkvartérnym podložím.

Kvartérny pokryv je najvýznamnejší v úseku strednej jamy (obr. 3), kde je zaznamenaná najväčšia mocnosť kvartérnych zemín, ktorá dosahuje až 5,2 m. Tento úsek je charakterizovaný morfologickým znížením terénu, tzn. menším údolím, ktoré umožnilo vznik hrubšej vrstvy kvartérnych sedimentov. Kvartér tvorí niekoľko vrstiev geologických formácií. Prvá vrstva – humózna pokrývka – je zložená predovšetkým z hnedých premenlivo piesočnatých hĺn, ktorých mocnosť sa pohybuje v rozmedzí 0,30 až 0,40 m. Ďalej nasleduje vrstva deluviofluviálnych zemín, ktoré sa vyznačujú variabilitou v granulometrii. Táto vrstva môže dosahovať mocnosť cez 2 m a je klasifikovaná ako geotyp Q2a alebo Q4.

V terénnych depresiách, kde sa miestne zvyšuje mocnosť kvartérnych zemín, je táto deluviofluviálna vrstva často pokrytá eolicko-deluviálnymi ílovito-prachovitými hlinami, ktoré majú eolický pôvod (spraše). Táto vrstva môže dosiahnuť až 2,8 m.

Pod kvartérnymi zeminami v trase tunela Dolní Radechová je spravidla prítomná eluviálna pokrývka skalného podložia, ktorá sa skladá z premenlivo hlinitých pieskov až piesčitých hĺn

metódami a budú operovať bidirekčne s dizajnovou rýchlosťou 70 km/h. Celková dĺžka tunelovej rúry je 363 metrov.

Tunel obsahuje únikovú galériu približne 44 metrov dlhú, nachádzajúcu sa približne v strede tunelovej rúry a orientovanú kolmo na ňu. Monolitická časť galérie (spojujúca galériu s tunelom) je približne 4,4 metrov dlhá. Zvyšok galérie sa skladá z 16 prefabrikovaných segmentov. Na portáli únikovej galérie je 13,6-metrov dlhá úniková trasa v zákopu. Steny zákopu budú zabezpečené z oboch strán gabiónovými ohradňovacími konštrukciami s výškou od 2,5 do 3,5 metrov.

Úniková trasa vedie do zostavovacieho priestoru s šírkou 5,3 metrov a dĺžkou 13 metrov, s prístupovou cestou širokou 2,5 metrov a dĺžkou 60,3 metrov.

Tunelová rúra tiež obsahuje osem výklenkov pre revízne šachty drenážneho systému (štyri na pravej strane, štyri na ľavej strane), štyri združené výklenky (dva na pravej strane, dva na ľavej strane) pre osadenie SOS kabín, revízne šachty drenáže, požiarné hydranty umiestnené vo výklenkoch na ľavej strane v smere staničenia.

GEOLOGICAL AND HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF DOLNÍ RADECHOVÁ TUNNEL

From a geological perspective, the route of the Dolní Radechová Tunnel consists of Quaternary cover and pre-Quaternary bedrock.

The Quaternary cover is most prominent in the central cut-and-cover section (Fig. 3), where the greatest thickness of Quaternary soils is recorded up to 5.2 meters. This section is characterized by a morphological depression in the terrain, i.e., a small valley that allowed for the accumulation of a thicker layer of Quaternary sediments. The Quaternary deposits consist of several geological formations. The first layer, the humic cover is composed mainly of brown, variably sandy clays, with a thickness ranging from 0.30 to 0.40 meters. This is followed by a layer of deluvio-fluvial soils, which are notable for their granulometric variability. This layer can exceed 2 meters in thickness and is classified as geotype Q2a or Q4.

In terrain depressions where the thickness of Quaternary soils increases locally, the deluvio-fluvial layer is often overlain by eolian-deluvial clayey-silty clays of aeolian origin (loess). This layer can reach up to 2.8 meters.

Beneath the Quaternary soils along the tunnel route, there is typically an eluvial cover of the bedrock, composed of variably clayey sands to sandy clays with a thickness of up to 1.6 meters (geotypes P1a, P1b). In some locations, however, this soil layer is absent, resulting in a direct transition to bedrock composed of reddish-brown Permian sandstones and conglomerates (geotypes P2 and P3), which exhibit intense weathering and fracturing. This layer has a variable thickness, usually up to 2 meters, but in areas affected by tectonic fissures, it can reach up to 5 meters.

In deeper layers, a slightly weathered to moderately weathered bedrock massif



Obr. 3 Výkopové práce v oblasti strednej jamy – priamy prechod kvartérneho pokryvu na skalné podložie
Fig. 3 Excavation works in the central trench area – direct transition from Quaternary cover to bedrock

s mocnosťou do 1,6 m (geotypy P1a, P1b). V niektorých miestach však táto vrstva zemín chýba, čo vedie k prechodu priamo na skalné podložie, ktoré je tvorené červenohnedými permiskými pieskovecami a zlepenkami (geotypmi P2 a P3), ktoré vykazujú intenzívne zvetrávanie a rozpukanie. Táto vrstva má premenlivú mocnosť, ktorá sa pohybuje obvykle do 2 m, ale v oblastiach postihnutých tektonickými puklinami môže dosiahnuť až 5 m. V hlbších vrstvách je overený mierne zvetraný až navetraný skalný masív prevažne tvorený červenohnedými permiskými zlepenkami a pieskovecami (geotypy P4 a P3), kde rozpukanie dosahuje až decimetre a niekedy aj viac ako 0,5 m.

V rámci menej zvetraného skalného masívu boli tiež identifikované zóny a vrstvy s intenzívnejším tektonickým rozrušením a následným zvetraním, ktoré boli klasifikované ako geotechnicky menej priaznivé (geotypy P2 a P3). Tieto vrstvy, obvykle o mocnosti rádovo jednotiek metrov, vznikli v dôsledku tektonického postihnutia masívu a prítomnosti ciest pre podzemné vody, ktoré sú kľúčovým faktorom pre zvetrávanie. Výskyt týchto vrstiev bol potvrdený ako geologickými vrtmi, tak geofyzikálnym prieskumom, ktorý identifikoval subvertikálne zóny.

Tieto geotechnické podmienky predstavujú zhoršené podmienky pre razenie tunela, a preto boli tieto úseky vyčlenené ako samostatné kvázihomogénne celky, čo umožňuje optimalizáciu postupu razenia.

V oblasti tunela Dolní Radechová bola identifikovaná aj lokalizovaná prítomnosť podzemnej vody, najmä v miestach tektonických porúch a deluviofluviálnych zemín. Podzemné vody môžu spôsobiť oslabenie geotechnických vlastností materiálov, čo bude vyžadovať opatrenia na odvodnenie a stabilizáciu tunelovej čelby počas výstavby (napr. skrátenie dĺžky záberu, ponechanie oporného jadra, kotvenie predpolia čelby, odvodnenie masívu pred čelbou odvodňovacími vrtmi, vertikálne delenie čelby) (obr. 4).

RAZENIE TUNELA

Konstruktúra razného tunela je tvorená dvojrstvovým ostením (primárnym a sekundárnym) s medziľahlou drenážnou a ochrannou vrstvou a plošnou hydroizoláciou. Razenie bude prebiehať

has been confirmed, predominantly composed of reddish-brown Permian conglomerates and sandstones (geotypes P4 and P3), where fracturing reaches dimensions of several decimeters and sometimes exceeds 0.5 meters.

Within the less weathered bedrock massif, zones and layers exhibiting more intense tectonic disruption and subsequent weathering were also identified. These were classified as geotechnically less favorable (geotypes P2 and P3). These layers, typically several meters thick, were formed as a result of tectonic deformation of the massif and the presence of pathways for groundwater, which is a key factor in the weathering process. The occurrence of these layers was confirmed both by geological boreholes and by geophysical surveys, which identified subvertical zones.

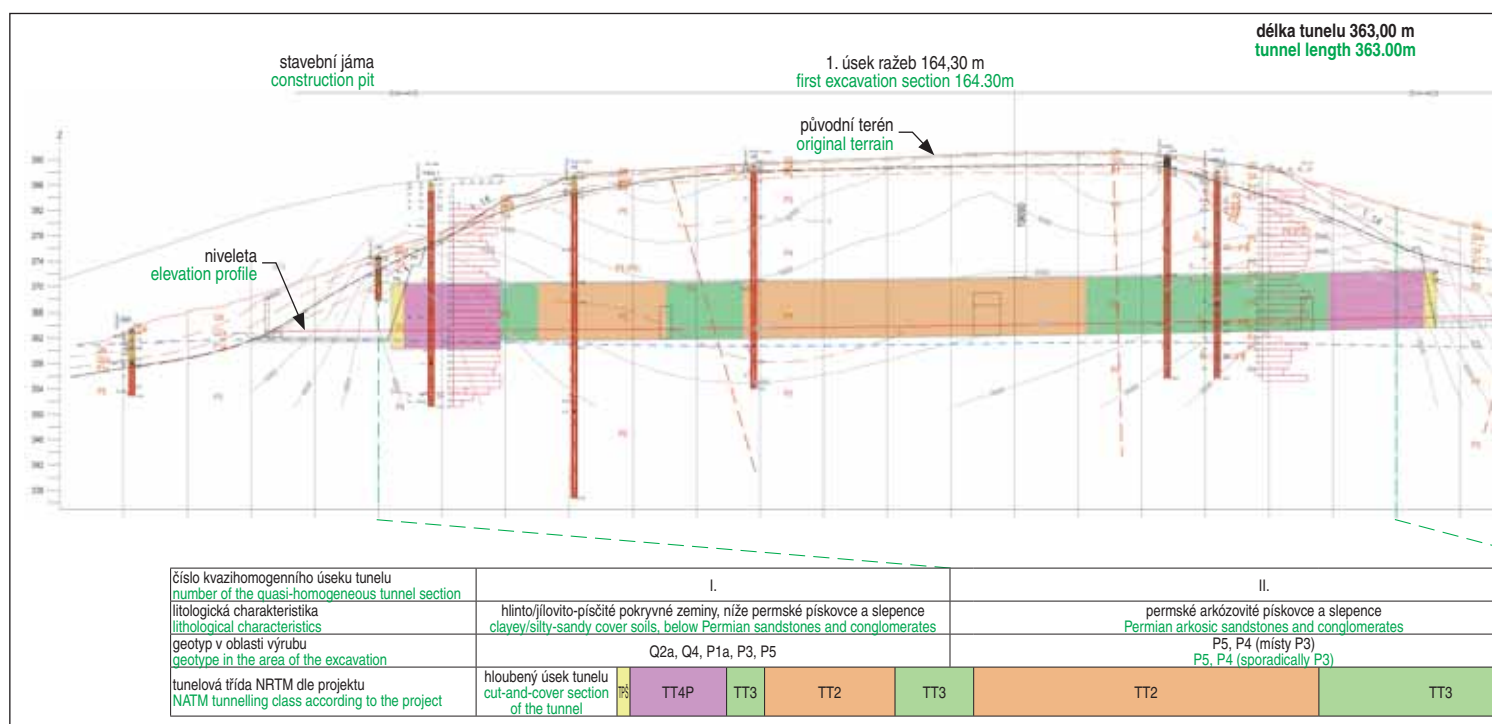
These geotechnical conditions represent more challenging circumstances for tunnel excavation. Therefore, these sections were designated as separate quasi-homogeneous units, allowing for optimization of the excavation process.

Localized presence of groundwater was also identified in the Dolní Radechová tunnel area, particularly in zones of tectonic disturbance and deluvio-fluvial soils. Groundwater can weaken the geotechnical properties of the materials, which will require drainage and stabilization measures during tunnel face excavation. These may include shortening the excavation advance length, maintaining a support core, anchoring the tunnel face, pre-drainage of the rock mass using drainage boreholes, and vertical division of the tunnel face (see Fig. 4).

TUNNEL EXCAVATION

The structure of the mined tunnel consists of a two-layer lining (primary and secondary), with an intermediate drainage and protective layer, and a sheet waterproofing membrane. Excavation will be carried out according to the principles of the New Austrian Tunneling Method (NATM). The proposed tunneling classes and their anticipated distribution along the mined sections of the Dolní Radechová Tunnel are shown in Table 2.

In all excavation classes, the tunnel face is divided into the calotte (upper part) and the bench (lower part). For excavation class



Obr. 4 Geologický pozdĺžny profil tunela

Fig. 4 Geological longitudinal profile of the tunnel

Tab. 2 Navrhnuté technologické triedy výrubu a ich predpokladané zastúpenie v trase razeného tunela Dolní Radechová

Technologická trieda	Časť 1 – úsek medzi portálom Dolní Radechová a stredným úsekom		Časť 2 – úsek medzi stredným úsekom a portálom Babí		Spolu časť 1 + časť 2	
	dĺžka [m]	zastúpenie [%]	dĺžka [m]	zastúpenie [%]	dĺžka [m]	zastúpenie [%]
TT 2	74,3	25	0	0	74,3	25
TT 3	56	19	50	17	106	35
TT 4	0	0	49	16	49	16
TT 4P	30	10	30	10	60	20
TPŠ – tunelový predštítok	5,77	2	6,31	2	12,08	4
Spolu	166,07	55	135,31	45	301,38	100

Table 2 Proposed tunneling classes and their anticipated distribution along the mined sections of the Dolní Radechová tunnel

Tunneling class	Section 1 – between Dolní Radechová portal and central section		Section 2 – between central section and Babí portal		Total Section 1 + Section 2	
	length [m]	share [%]	length [m]	share [%]	length [m]	share [%]
TT 2	74.3	25	0	0	74.3	25
TT 3	56	19	50	17	106	35
TT 4	0	0	49	16	49	16
TT 4P	30	10	30	10	60	20
TPŠ – tunnel forepoling	5.77	2	6.31	2	12.08	4
Total	166.07	55	135.31	45	301.38	100

podľa zásad Novej rakúskej tunelovej metódy. Navrhnuté technologické triedy výrubu, ako aj ich predpokladané zastúpenie v trase razeného tunela Dolní Radechová, sú uvedené v tab. 2.

Pri všetkých technologických triedach sa čelba delí na kalotu a stupeň (opěří). V rámci technologickej triedy TT 4P sa v prípade potreby zrealizuje taktiež spodná klenba. Na obr. 5 a 6 je znázornený postup razenia a vystrojenia v najviac zastúpenej vystrojovacej triede TT 3 (s dĺžkou záberu v kalote 1,5 až 1,9 m, bez obmedzenia dĺžky odstupeň od kaloty).

Konštrukcia primárneho ostenia pozostáva zo striekaného betónu, výstužných prvkov (zvárané ocelové siete, ocelové priehradové nosníky typu ARCUS), systémového radiálneho kotvenia a z opatrení pre stabilizáciu obrysu výrubu, nadložia a predpolia čelby (kotvenie, ihľovanie a mikropilótové dáždniky). Na základe geologických podmienok sa očakáva, že rozpojovanie hornín bude

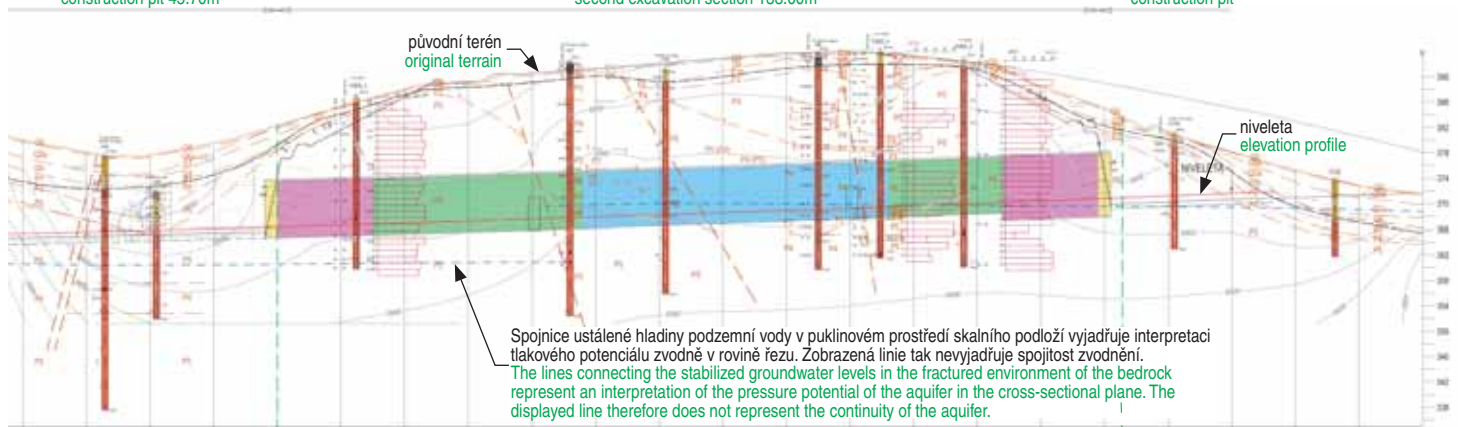
TT 4P, a lower invert arch may also be constructed if necessary. Figures 5 and 6 illustrate the excavation and support procedure for the most prevalent excavation class TT 3, with an advance length in the calotte ranging from 1.5 to 1.9 meters, and no restriction on the bench excavation offset distance from the calotte.

The primary lining of the mined tunnel consists of sprayed concrete, steel reinforcement (welded steel meshes and ARCUS-type steel lattice girders), systematic radial anchoring, and stabilization measures for the excavation walls, roof, and tunnel face (anchoring, spiling, and micropile umbrellas). Based on geological conditions, rock disintegration is expected to be carried out primarily using drilling and blasting techniques. In portal areas, especially in excavation class TT 4P, rock disintegration beneath the micropile umbrella will be performed mechanically.

stavební jáma 45,70 m
construction pit 45.70m

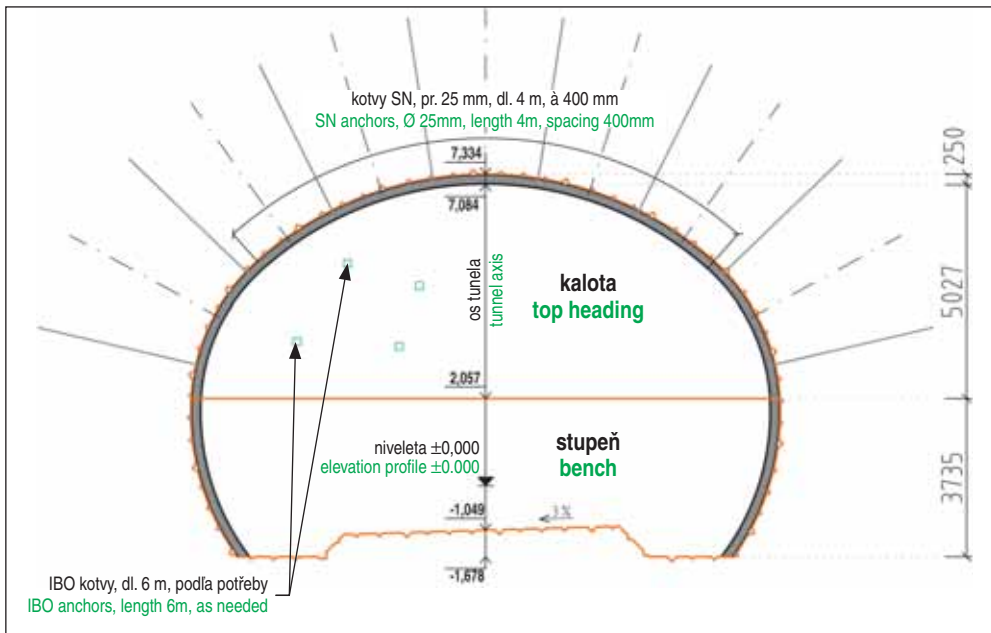
2. úsek ražeb 133,00 m
second excavation section 133.00m

stavební jáma
construction pit



Spojnice ustálené hladiny podzemní vody v puklinovém prostředí skalního podloží vyjadřuje interpretaci tlakového potenciálu zvodně v rovině řezu. Zobrazená linie tak nevjadřuje spojitost zvodnění.
The lines connecting the stabilized groundwater levels in the fractured environment of the bedrock represent an interpretation of the pressure potential of the aquifer in the cross-sectional plane. The displayed line therefore does not represent the continuity of the aquifer.

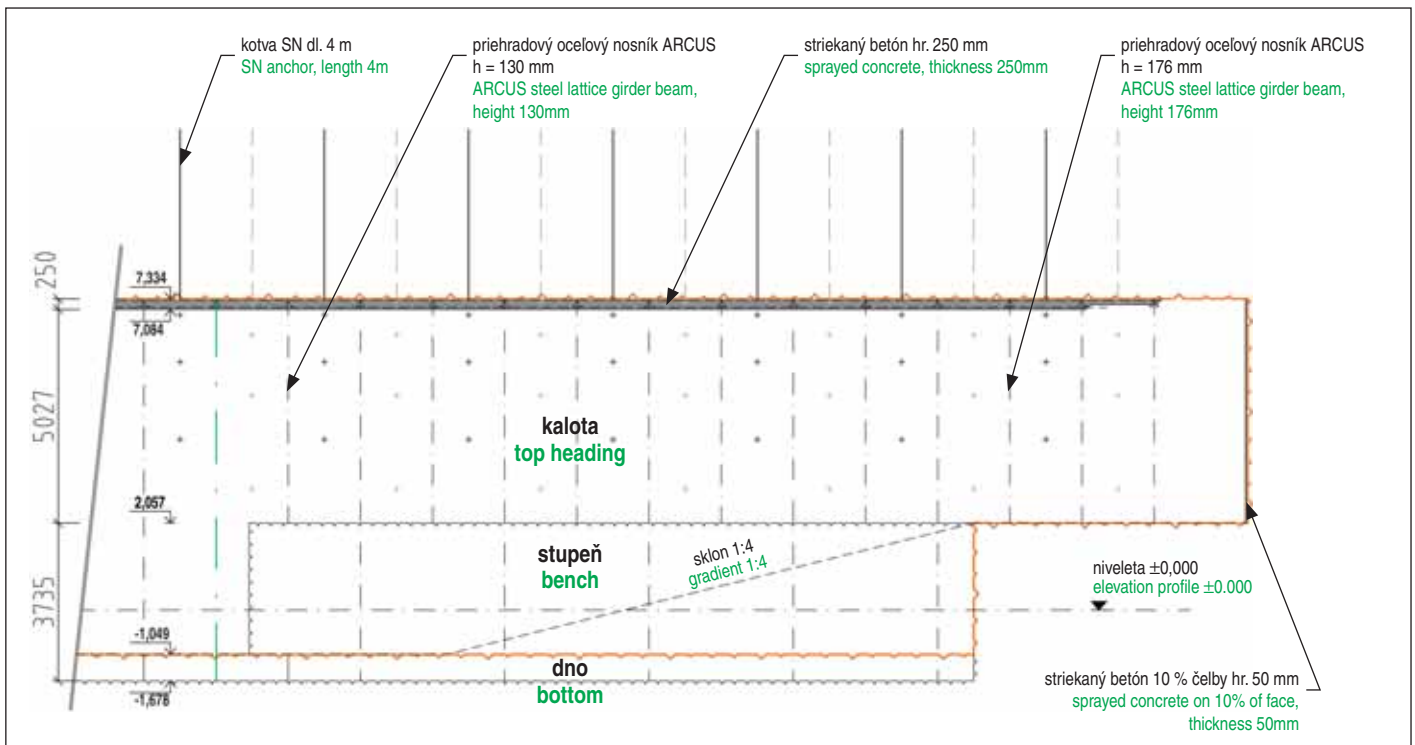
III.		IV.		V.	
pisčité zeminy, permské arkózovité pískovce a slepence sandy soils, Permian arkosic sandstones and conglomerates kalota místy Q4, P1a; jinak P2, P3 (počva P5) top heading sporadically Q4, P1a, otherwise P2, P3 (invert P5)		permské arkózovité pískovce a slepence Permian arkosic sandstones and conglomerates P2, P3, P4, P5		hlinito/jilovito-písčité pokrývnyé zeminy, níže permské pískovce a slepence clayey/silty-sandy cover soils, below Permian sandstones and conglomerates Q2a, P1b, Q6a, P2, P3, P4, P5	
TT4P	hloubený úsek tunelu cut-and-cover section of the tunnel	TT4P	TT3	TT4	TT3
				TT4P	hloubený úsek tunelu cut-and-cover section of the tunnel



Obr. 5 Postup razenia a návrh vystrojenia TT 3 (pričný rez)
 Fig. 5 Excavation procedure and support design for TT 3 (cross-section)

Drilling rigs Atlas Copco E2C will be deployed for drilling blast holes as well as for installing support elements (anchors, spiles, micropile umbrellas). Excavated rock will be removed using front-end wheel loaders and dumpers, which will transport the muck to designated disposal sites. After disintegration and removal, the reinforcement phase follows, i.e., construction of the primary lining. Sprayed concrete will be applied using MEYCO Potenza spraying equipment, with a theoretical output of 20m³ of sprayed concrete per hour.

An overview of the excavation equipment for tunnel construction is provided in Table 3.



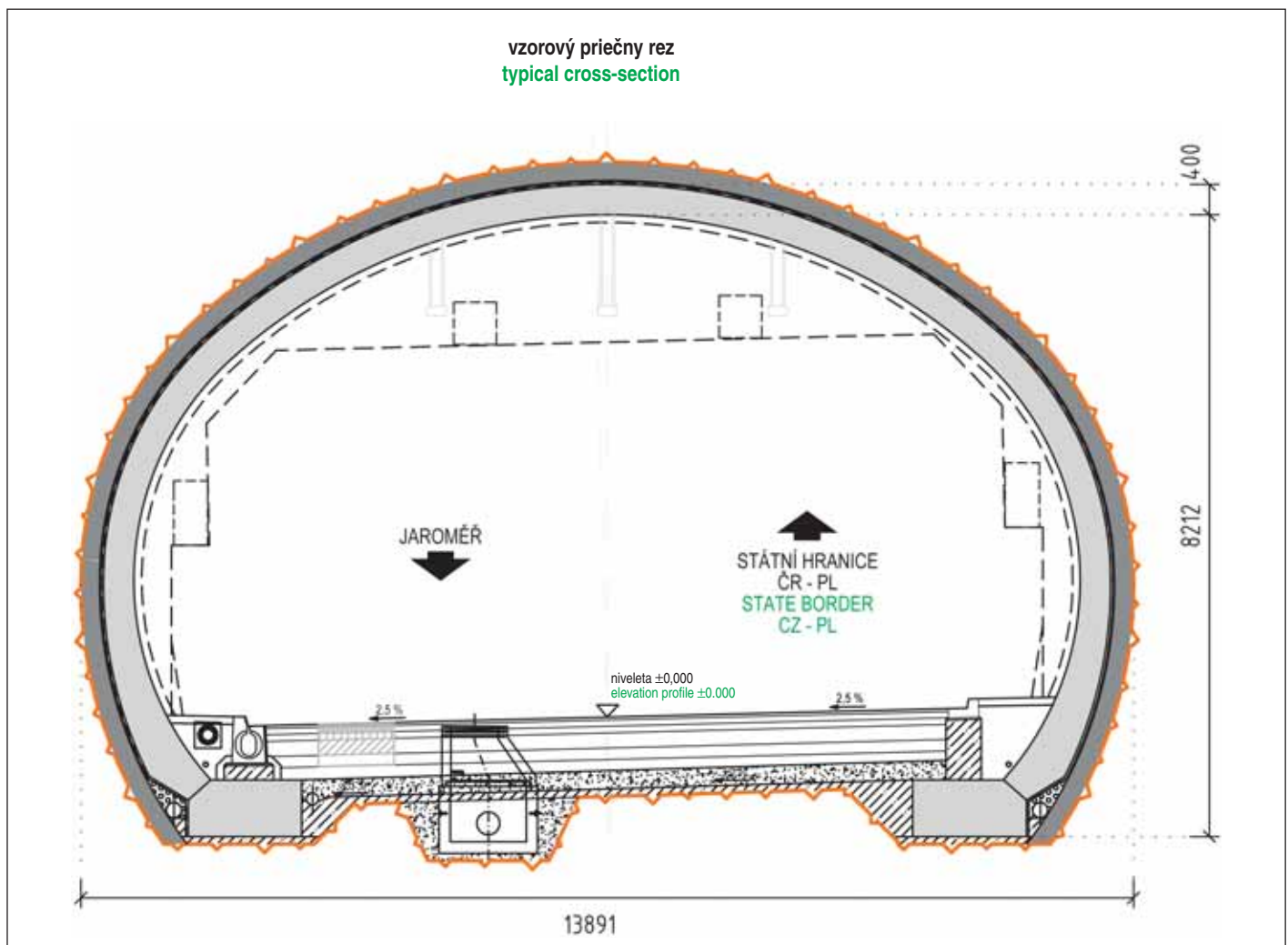
Obr. 6 Postup razenia a návrh vystrojenia TT3 (pozdĺžny rez)
 Fig. 6 Excavation procedure and support design for TT 3 (longitudinal section)

Tab. 3 Strojno-technické vybavenie na razenie tunela Dolní Radechová

Skupina	Názov mechanizmu	Počet nasadených kusov
Báger	tunnelbager Liebherr R950	1
	tunnelbager Liebherr R944	1
	minibager CAT 305	1
Striekací stroj	Meyco Potenza	2
Dumper	Volvo A25	3
Nakladač	Liebherr L566	2
Vrtný voz	Atlas Copco E2C	2
Plošina	GTA Normlifter 1600D	2
Manipulátor	Merlo TF30	1

Table 3 Machinery and equipment for excavation of the Dolní Radechová tunnel

Group	Equipment name	Number of units deployed
Excavator	tunnel excavator Liebherr R950	1
	tunnel excavator Liebherr R944	1
	mini excavator CAT 305	1
Spraying Unit	Meyco Potenza	2
Dumper	Volvo A25	3
Loader	Liebherr L566	2
Drill Rig	Atlas Copco E2C	2
Platform	GTA Normlifter 1600D	2
Telehandler	Merlo TF30	1



Obr. 7 Vzorový priečný rez – bežný profil v razenom tuneli
Fig. 7 Typical cross-section – standard profile in the mined tunnel

prebiehať najmä pomocou vrtno-trhacích prác. V priortálových úsekoch, najmä v TT 4P, bude rozpojovanie hornín pod mikropilóto-
vým dáždnikom prebiehať mechanicky.

Na víťanie vývrtov pre nálože trhavín, ale aj pre aplikáciu zabezpečovacích prvkov (kotiev, ihiel, mikropilótového dáždника) budú nasadené vrtné vozy Atlas Copco E2C. Odťažba rozpojenej horniny bude realizovaná čelnými kolesovými nakladačmi a dumpami, ktoré rúbaninu vyvezú na určené miesto. Po rozpojení a odťažení nasleduje fáza vystužovania, resp. budovania primárneho ostenia. Striekací betón bude aplikovaný pomocou striekacích zariadení MEYCO Potenza s teoretickým výkonom 20 m³ striekajúceho betónu/h. Prehľad strojno-technického vybavenia pre razenie tunela je uvedený v tab. 3.

Vzhľadom na krátku dĺžku tunelovej rúry sa bude tunel raziť z jednej strany – z portálu Dolní Radechová. Razenie bude prebiehať v nepretržitej prevádzke 24 hodín denne sedem dní v týždni. V procese razenia tunela sa na príprave, organizácii a realizácii bude podieľať 14 technických pracovníkov, 26 tunelárov a podporných pracovníkov, 11 pracovníkov strojnej a elektro údržby, subdodávateľia na geodetické merania a geotechnický monitoring (obstarávaný objednávatelom ŘSD s.p.).

SEKUNDÁRNE OSTENIE

Definitívnu nosnú konštrukciu razeného tunela tvorí sekundárne ostenie pozostávajúce z dvoch základných častí – zo základových konštrukcií a horných klenieb.

Due to the short length of the tunnel tube, excavation will proceed from a single side specifically from the Dolní Radechová portal. Excavation will be carried out in continuous operation, 24 hours a day, seven days a week.

The tunnel excavation process will involve 14 technical staff, 26 tunnel workers and support personnel, 11 mechanical and electrical maintenance workers, subcontractors for geodetic surveying and geotechnical monitoring (procured by the client ŘSD s.p.).

SECONDARY LINING

The final load-bearing structure of the mined tunnel consists of a secondary lining composed of two main components: the foundation structures and the upper vaults.

Given the expected geological conditions at the foundation level (weathered to sound Permian sandstones, conglomerates, and siltstones), reinforced concrete strip foundations made of C 30/37 XA2 are designed along the entire tunnel length. These strip foundations are 1500mm wide and 750mm high.

Together with the construction of the strip foundations, the tunnel drainage system will be implemented. The design includes lateral drains behind the lining and a central collector.

Before reinforcing the upper vaults, an intermediate sheet waterproofing membrane will be installed between the primary and secondary linings.

Tab. 4 Skladba konštrukcie vozovky v tuneli Dolní Radechová

Konštrukčná vrstva	Hrúbka vrstvy	Norma
Asfaltový koberec mastixový modifikovaný s posypom predobaleným kamenivom, SMA 11S PMB 45/80-65	40 mm	ČSN EN 13108-5 ČSN 73 6121
Spojovací postrek z polymérom modifikovanej kationaktívnej asfaltovej emulzie 0,35 kg/m ² , PS-CP	–	ČSN EN 13808 ČSN 73 6129
Asfaltový betón pre ložné vrstvy modifikovaný, ACL 22S PMB 25/55 – 60	80 mm	ČSN EN 13108-1 ČSN 73 6121
Spojovací postrek z polymérom modifikovanej kationaktívnej asfaltovej emulzie 0,35 kg/m ² , PS-CP	–	ČSN EN 13808 ČSN 73 6129
Asfaltová zmes s vysokým modulom tuhosti, VMT 22 TSA 20/30	90 mm	ČSN EN 13108-1 ČSN 73 6140
Postrek infiltračný z kationaktívnej asfaltovej emulzie 0,6 kg/m ² s posypom HDK fr. 2/4 (3,0 kg/m ²), PI-C	–	ČSN EN 13808 ČSN 73 6129
Mechanicky spevnené kamenivo, fr. 0/32 GA, MZK	200 mm	ČSN 73 6126-1, ČSN EN 13285, ČSN EN 3242+A1
Štrkodrava, fr. 0/32 GB, ŠDA	min. 150 mm	ČSN 73 6126-1, ČSN EN 13285, ČSN EN 3242+A1
Celkom	min. 560 mm	

Vzhľadom na očakávané geologické prostredie na úrovni základovej škáry (zvetrané až zdravé permské pieskovce, zlepenca a prachovce) sú v celej dĺžke tunela ako základové konštrukcie navrhnuté základové pásy zo železobetónu C 30/37 XA2. Základové pásy sú široké 1500 mm a vysoké 750 mm. Spolu s výstavbou základových pásov sa začne realizovať drenážny systém tunela, ktorého návrh pozostáva z postranných drenáží za rubom ostenia a stredového zberača.

Pred armovaním horných klenieb sa položí medzilahlá fóliová izolácia medzi primárnym a sekundárnym ostentím.

Horné klenby sekundárneho ostenia sú navrhnuté zo železobetónu triedy C35/45 XF4, XA2 XD3. Betón je vystužený betonárskou oceľou B500B a zváranými sieťami Ø 8/150/150 mm. Štandardná dĺžka bloku je 12,5 m. Minimálna hrúbka sekundárneho ostenia je 400 mm, u pätiiek sa zväčšuje až na 600 mm (obr. 7).

Sekundárne ostenie sa vzhľadom na to, že ide o krátky jednorúrovňový tunel, začne realizovať po prerazení druhej časti tunela. S prácami na betonáži sa začne, rovnako ako pri razení, od portálu Dolní Radechová smerom na stredný úsek. Tam sa vynechá hĺbený úsek a debniaci voz bude pokračovať až na portál Babí. Nosná konštrukcia ostenia v hĺbených úsekoch tunela (úseky na oboch portáloch a taktiež v strednej jame) má rovnaký svetlý profil ako pri razenom tuneli. Oproti razenej časti je však minimálna hrúbka ostenia 600 mm, pri základoch sa zväčšuje až na 1300 mm. Hĺbené úseky sa začnú realizovať po ukončení betonáže horných klenieb v razenej časti. Najprv sa zrealizuje úsek na portáli Babí, následne

Tab. 5 Uvažované množstvá nosných materiálov a vyťaženej horniny

Materiál	Merná jednotka	Množstvo
Vyrazená hornina z razenia	m ³	31 843
Hornina z výkopov portálov	m ³	55 059
Striekaný betón	m ³	5 275
Zaisťovacie prvky – kotvy, ihly	ks	3 626
Mikropilóty	m	2 805
Oceľ	t	1 317
Betón	m ³	7 105

Table 4 Pavement structure composition in the Dolní Radechová tunnel

Structural Layer	Layer Thickness	Standard
Stone mastic asphalt with pre-coated aggregate, SMA 11S PMB 45/80-65	40mm	ČSN EN 13108-5, ČSN 73 6121
Bonding spray of polymer-modified cationic asphalt emulsion, 0.35kg/m ² , PS-CP	–	ČSN EN 13808, ČSN 73 6129
Modified asphalt concrete for base layers, ACL 22S PMB 25/55–60	80mm	ČSN EN 13108-1, ČSN 73 6121
Bonding spray of polymer-modified cationic asphalt emulsion, 0.35kg/m ² , PS-CP	–	ČSN EN 13808, ČSN 73 6129
High-stiffness asphalt mix, VMT 22 TSA 20/30	90mm	ČSN EN 13108-1, ČSN 73 6140
Infiltration spray of cationic asphalt emulsion, 0.6kg/m ² with HDK aggregate 2/4mm (3.0kg/m ²), PI-C	–	ČSN EN 13808, ČSN 73 6129
Mechanically stabilized aggregate, 0/32mm GA, MZK	200mm	ČSN 73 6126-1, ČSN EN 13285, ČSN EN 3242+A1
Crushed stone base, 0/32mm GB, ŠDA	min. 150mm	ČSN 73 6126-1, ČSN EN 13285, ČSN EN 3242+A1
Total	min. 560mm	–

The upper vaults of the secondary lining are designed using reinforced concrete of class C35/45 XF4, XA2, XD3. The concrete is reinforced with B500B reinforcing steel and welded meshes Ø 8/150/150mm. The standard block length is 12.5 meters. The minimum thickness of the secondary lining is 400mm, increasing to 600mm at the springlines (see Fig. 7).

Since this is a short single-tube tunnel, the secondary lining will be constructed after breakthrough of the second tunnel section. Concrete works will begin just like the excavation from the Dolní Radechová portal heading toward the central section. The cut-and-cover section in the middle will be skipped, and the formwork carriage will continue toward the Babí portal.

The load-bearing structure of the lining in the cut-and-cover sections (at both portals and in the central trench) has the same clear profile as the mined tunnel. However, compared to the mined section, the minimum lining thickness is increased to 600mm, and at the foundations it reaches up to 1300mm.

The cut-and-cover sections will be constructed after completion of the upper vault concreting in the mined section. The sequence will begin at the Babí portal, followed by the central section, and finally the Dolní Radechová portal. The same formwork carriage used in the mined section will be employed, onto which reinforcement will be tied and then enclosed with counter-formwork.

For the construction of the concrete vaults, Marti a.s. will use a set of specialized carriages (repair, reinforcement, and formwork units), which the company owns.

Table 5 Estimated quantities of structural materials and excavated rock

Material	Unit	Quantity
Excavated rock from tunneling	m ³	31,843
Rock from portal excavations	m ³	55,059
Sprayed concrete	m ³	5,275
Support elements – anchors, spiles	pcs	3,626
Micropiles	m	2,805
Steel	t	1,317
Concrete	m ³	7,105

v strede tunela a nakoniec na portáli Dolní Radechová. Pre ich realizáciu bude použitý ten istý debniaci voz ako pri razenej časti, na ktorý sa vyviaže výstuž a následne sa zaklopí protidebnením.

Na zhotovenie betónových klenieb spoločnosť Marti a.s. použije zostavu špeciálnych vozov (vysprávkový, armovací, debniaci), ktoré má vo vlastníctve.

OSTATNÉ STAVEBNÉ OBJEKTY

Súčasne s postupom betonáže sekundárneho ostenia Zhotoviteľ začne s osádzaním obrubníkov a štrbinových žlabov. Tieto prvky sú súčasťou odvodnenia vozovky a samotnej vozovky. Vybudovanie týchto konštrukcií vytvorí priestor pre ukladanie a následnú betonáž káblových chráničiek a zároveň vznikne kanál pre potrubie požiarneho suchovodu. Požiarne suchovod zabezpečí vodu na hasenie a v prípade požiaru bude aktivovaný (naplnený) vodou z požiarnej nádrže na požadovaný pretlak do 240 s od obdržania signálu z požiarneho hlásiča. Na hasenie musí byť zabezpečená dodávka vody v množstve 30 l/s po dobu najmenej 60 minút. Požiarne nádrž s objemom 117 m³ je súčasťou suterénu prevádzkovo technologického objektu.

Vozovka v tuneli Dolní Radechová je totožná s príľahlou vozovkou hlavnej trasy obchvatu Náchoda (SO 102). Konštrukcia je navrhnutá v súlade s TP 170 v zložení podľa tab. 4.

Vyťažená hornina z razenia tunela Dolní Radechová bude vyvázaná na medzidepóniu v blízkosti portálu Dolní Radechová, kde sa predrví a použije do konštrukčných vrstiev násypových telies. Uvažované množstvá nosných materiálov na výstavbu tunela, ako aj objem vyťaženej horniny, sú uvedené v tab. 5.

ORGANIZÁCIA VÝSTAVBY

Tunel Dolní Radechová pozostáva zo stavebnej a technologickej časti. Stavebnú časť tvorí 23 stavebných objektov a technologickej časť 15 prevádzkových súborov. Razenie tunela sa bude realizovať dovrhne z portálu Dolní Radechová (obr. 8). Vzhľadom na to, že razená časť pozostáva z dvoch relatívne krátkych častí, a taktiež na technickú a časovú náročnosť výstavby jamy v strednom úseku

OTHER CONSTRUCTION STRUCTURES

Simultaneously with the progress of secondary lining concreting, the contractor will begin installing curbs and slot drains. These elements are part of the road drainage system and the pavement itself. The construction of these components will create space for the placement and subsequent concreting of cable ducts, and will also form a channel for the fire dry riser pipeline.

The fire dry riser will provide water for firefighting and, in the event of a fire, will be activated (filled) with water from the fire reservoir to the required pressure within 240 seconds of receiving a signal from the fire detector. For effective firefighting, a water supply of 30 liters per second must be ensured for at least 60 minutes. The fire reservoir, with a volume of 117m³, is located in the basement of the operations and technological facility.

The pavement in the Dolní Radechová Tunnel is identical to the adjacent pavement of the main bypass route of Náchod (SO 102). The structure is designed in accordance with TP 170 and consists of the layers listed in Table 4.

The excavated rock from the Dolní Radechová Tunnel will be transported to a temporary depot near the Dolní Radechová portal, where it will be crushed and reused in the structural layers of embankment bodies. The estimated quantities of structural materials for tunnel construction, as well as the volume of excavated rock, are listed in Table 5.

CONSTRUCTION ORGANIZATION

The Dolní Radechová Tunnel consists of a structural and a technological part. The structural part includes 23 construction objects, while the technological part comprises 15 operational systems. Tunnel excavation will be carried out uphill from the Dolní Radechová portal (see Fig. 8). Given that the mined section consists of two relatively short segments and considering the technical and time demands of constructing the central trench, the central excavation pit will be built first. This will be followed by the construction of the excavation pit at the Dolní Radechová



Obr. 8 Pohľad na trasu tunela (v popredí portál Dolní Radechová, následne stredný úsek v blízkosti cintorína)

Fig. 8 View of the tunnel route (foreground: Dolní Radechová portal, followed by the central section near the cemetery)

sa ako prvá začne budovať práve stavebná jama v strednom úseku. Následne sa bude pokračovať s výstavbou stavebnej jamy – portál Dolní Radechová a ako posledná sa vybuduje jama na portáli Babí. Všetky tri jamy sú naplánované tak, aby boli pripravené v dostatočnom časovom predstihu, aby nedošlo k obmedzeniu raziacich prác.

Po vybudovaní stavebnej jamy na portáli Dolní Radechová sa pristúpi k samotnému razeniu tunela. Počas razenia prvej časti tunela sa budú dokončovať práce na zaistení strednej jamy a budú prebiehať práce na výstavbe stavebnej jamy – portál Babí. Po prerazení prvej časti tunela sa demontuje vedenie lúčového ťahu a presunie sa ventilátor, ktorý je súčasťou separátneho vetrania, do strednej jamy. To umožní, aby sa v prvej prerazenej časti mohlo pristúpiť k prácam na profilácii primárneho ostenia a po ustálení konvergencií k realizácii základových pásov sekundárneho ostenia. Po prerazení druhej časti tunela tak bude v prvej časti tunela pripravené pracovisko pre realizáciu drenážneho odvodnenia a hydroizolačného súvrstvia, ktoré predchádzajú realizácii sekundárneho ostenia. Následne sa osadia štrbinové žlaby a obrubníky. Vznikne priestor pre uloženie požiarneho suchovodu a káblových chráničiek. Po ukončení uvedených prác bude možné realizovať samotné chodníky, vozovku, náter ostenia, budovu prevádzkovo technologického objektu, ako aj káblovody na oboch stranách tunela. Po výstavbe objektov stavebnej časti, ale aj v súbehu s ich výstavbou, sa začne s technologickou časťou tunela Dolní Radechová.

Prevádzkovo technologický objekt predstavuje pozemnú stavbu na združenú plochu pri portáli Dolní Radechová. Ide o jednopodlažný, železobetónový presypaný objekt s plochou strechou obdĺžnikového pôdorysu s rozmermi 14,7 x 5,8 m. V objekte bude umiestnené technologické vybavenie potrebné pre prevádzku tunela (napr. velín, slaboprúdová rozvodňa, rozvodňa nízkeho napätia, UPS, dieselaagregát, čerpacia stanica, GSM zariadenia). Pod objektom bude taktiež umiestnená požiarňa nádrž.

ZÁVER

Tunel Dolní Radechová síce patrí medzi kratšie tunely, no aj napriek tomu predstavuje pre Zhotoviteľa technicky náročnú stavbu. Technickým problémom je najmä skutočnosť, že nad všetkými stavebnými jamami sa nachádzajú vedenia vysokého a veľmi vysokého napätia, čo komplikuje nasadzovanie zdvíhacej techniky a mechanizácie s väčšou výškou.

Portál Dolní Radechová sa nachádza v tesnej blízkosti priemyselného areálu, ktorý bude počas výstavby v plnej prevádzke. Trhacie práce preto bude nutné vykonávať tak, aby ich seizmické účinky boli minimálne a neovplyvnili okolité objekty. Stavebná jama v strednom úseku zase susedí s cintorínom, čo si vyžaduje citlivý prístup a prispôbenie pracovných postupov s dôrazom na rešpektovanie pietneho charakteru miesta.

V čase písania článku sa začalo s výstavbou stavebnej jamy na strednom úseku. Zhotoviteľ verí, že vďaka profesionálnemu prístupu všetkých zúčastnených strán sa podarí toto dielo zrealizovať v plánovanom termíne (03/2028) a v požadovanej kvalite.

*Ing. MICHAL MARIČÁK,
michal.maricak@martias.sk,
Martí a.s.*

Recenzoval Reviewed: Ing. Tomáš Ebermann, Ph.D.

portal, and finally, the pit at the Babí portal. All three pits are scheduled to be completed well in advance to avoid any delays in tunneling operations.

Once the excavation pit at the Dolní Radechová portal is completed, tunneling will begin. During excavation of the first tunnel section, work will continue on securing the central pit and constructing the Babí portal pit. After breakthrough of the first tunnel section, the ducting system will be dismantled and the ventilation fan part of the separate ventilation system will be relocated to the central pit. This will allow profiling of the primary lining in the first section and, after convergence stabilizes, construction of the secondary lining's foundation strips.

Following breakthrough of the second tunnel section, the first section will be ready for installation of the drainage system and waterproofing layers, which precede the secondary lining. Slot drains and curbs will then be installed, creating space for the fire dry riser and cable ducts. Once these works are completed, sidewalks, pavement, tunnel lining coating, the operations and technical building, and cable routes on both sides of the tunnel can be constructed.

After completion of the structural components, and in parallel with their construction, the technology installation in the Dolní Radechová Tunnel will begin.

The operations and technological building are a surface structure located on a shared site near the Dolní Radechová portal. It is a single-storey, reinforced concrete, cut and cover structure with a flat roof and a rectangular footprint measuring 14.7 x 5.8 meters. The building will house the tunnel's operational technology (e.g., control room, low-voltage switchgear, UPS, diesel generator, pumping station, GSM equipment). A fire water reservoir will also be located beneath the building.

CONCLUSION

Although the Dolní Radechová Tunnel is classified as a short tunnel, it nonetheless presents a technically demanding challenge for the contractor. One of the main technical issues is the presence of high-voltage and very high-voltage power lines above all excavation pits, which complicates the deployment of lifting equipment and taller machinery.

The Dolní Radechová portal is located in close proximity to an industrial complex that will remain fully operational during construction. Blasting operations will therefore need to be carried out in such a way that seismic effects are minimized and do not impact surrounding structures. The central excavation pit borders a cemetery, requiring a sensitive approach and adaptation of work procedures with respect for the solemn nature of the site.

At the time of writing, construction of the central excavation pit has commenced. The contractor is confident that, thanks to the professional approach of all involved parties, the project will be completed within the planned timeframe (March 2028) and to the required quality standards.

*Ing. MICHAL MARIČÁK,
michal.maricak@martias.sk,
Martí a.s.*

LITERATURA / REFERENCES

- [1] Společnost ŘSD BIM MAX 2020 – SAS4RP *Dokumentace pro provedení Stavby (PDPS)*, Dostupné z <https://tenderarena.cz/dodavatel/seznam-profilu-zadavatele/detail/Z0003026/zakazka/711131>.