

REKONSTRUKCE STŘELENSKÉHO TUNELU

STRELNA TUNNEL RECONSTRUCTION

PETR MIKULÁŠEK

ABSTRAKT

Článek pojednává o rekonstrukci železničního traťového úseku mezi Horní Lideč a státní hranicí se Slovenskou republikou. Popisuje průběh výstavby jednotlivých stavebních etap. Také se dotýká problematiky rekonstrukce Střelenského tunelu a jeho historie. Stěžejním prvkem stavby, který je zde popsán, je bezpochyby zřízení pevné jízdní dráhy systému ÖBB-PORR. Tato konstrukce je první svého druhu v ČR a na širší využití teprve čeká. Generální dodavatel zamýšlí použít tento typ ve výrazně větším rozsahu na stavbě modernizace trati Rokycany – Plzeň. Druhá polovina článku je zaměřena na rekonstrukci předportálových zárubních zdí a portálů. V závěru je popsán celkový přínos stavby. Autor textu vychází z vlastních zkušeností, které nabyt při vrcholovém řízení stavby včetně koordinace prací všech dodavatelů. Pro názornost je článek doplněn fotografiemi, na základě kterých si čtenář sám může udělat představu o výsledku celé rekonstrukce.

ABSTRACT

The paper deals with the reconstruction of the railway track section between Horní Lideč and the state border with the Slovak Republic. It describes the course of individual construction stages. In addition it refers to the problems of the Střelna tunnel reconstruction and the tunnel history. The principal element of the construction which is described in the paper is, undoubtedly, the installation of the ÖBB-PORR – system slab track. This structure is the first of its type in the CR and still waits for wider use. The general contractor intends to use this type to a significantly greater extent on the project for the modernisation of the Rokycany – Plzeň railway line section. The second part of the paper is focused on the reconstruction of pre-portal revetment walls and portals. The overall contribution of the project is described in the conclusion. The author of the text uses his own experience he gathered in the top management of the construction, including the coordination of the work of all sub-contractors. For clarity, the paper is accompanied by photos. Readers can get an idea about the result of the entire reconstruction on the basis of the photos.

ÚVOD

Stavba je součástí trati č. 280 spojující Hranice na Moravě (ČR) s Púchovem (SR). Jedná se o páteřní, celostátní trať mezinárodního významu, zařazenou do vybrané evropské železniční sítě TEN-T. Trať se odpojuje od II. tranzitního koridoru ve směru na Valašské Meziříčí – Vsetín – Horní Lideč. Dále pak pokračuje na území Slovenské republiky. Rekonstruovaný úsek je vymezen v km 21,085 (státní hranice ČR/SR) do km 27,271 pro kolej č. 1 a v km 22,480 do km 23,750 pro kolej č. 2. Trať je dvoukolejná a elektrifikovaná. Prochází složitým terénem Lyského průsmyku, střídají se zde pasáže vedené na vysokých náspech, ale také ve složitých zářezích a odřezích. Oblast je také charakteristická vysokým úhrnem ročních srážek a velice nepříznivými klimatickými podmínkami v zimě.

HISTORIE STŘELENSKÉHO TUNELU A SOUČASNOST

Svou polohou se nachází v blízkosti česko-slovenské hranice, poblíž železniční stanice Horní Lideč. Zahájení prací 298,17 metru dlouhého tunelu se datuje do roku 1935. Podle dobových informací [1] stavbu realizovala firma Krýsa-Posista. Ražba byla realizována rakouskou metodou s osmi zálomovými pasy a byla vedena v masivu vrstevnatých břidlic, prostoupených pískovci s místy jílovitou vrstvou. Velká většina dělníků podílejících se na samotné stavbě byla z blízkého okolí, avšak na kamenických pracích se podíleli odborníci až z daleké Itálie. Dohled nad pracemi byl svěřen do rukou Ing. Dahintera, kterému se podařilo prorazit tunel 3. 12. 1935. První vlak tunelem projel o rok později, tedy roku 1936. Z dobových informací vyplývá, že si stavba tunelu vyžádala jedinou oběť, a to dělníka z nedaleké obce Študlov.

Střelenský tunel je veden jako dvoukolejný s evidenčním číslem 263 na trati Horní Lideč – Púchov v km 23,123–23,421. Tunelová trouba se skládá z 35 tunelových pasů, průměrné

INTRODUCTION

The structure is part of the railway line No. 280 connecting Hranice na Moravě (the CR) with Púchov (the SR). It is an arterial national track of international importance, which is included in the selected pan-European railway network TEN-T. The line deviates from the Transit Corridor II in the direction of Valašské Meziříčí – Vsetín – Horní Lideč. It continues further in the territory of the Slovak Republic. The reconstructed section is determined by chainage km 21.085 (the border between the CR and the SR) and chainage km 27.271 for track No. 1 and chainages km 22.480 and 23.750 for track No. 2. The line has two tracks and is electrified. It passes across a complicated terrain formed by the Lysá Pass; sections running on high embankments alternate with difficult open cuts and shelves. The area is in addition characterised by a large annual precipitation depth and very unfavourable climatic conditions in winter.

STŘELNÁ TUNNEL HISTORY AND PRESENT

The tunnel is located in the vicinity of the border between the Czech Republic and the Slovak Republic, near Horní Lideč railway station. The commencement of the work on the 298.17m long tunnel dates to 1935. According to information published at that time [1], the construction was carried out by Krýsa-Posista firm. The Austrian tunnelling method with eight cut blocks was used. The excavation proceeded through rock mass consisting of shale beds interlayered with sandstone, locally containing a clayey layer. The majority of workers participating on the construction came from the neighbourhood, with the exception of stone masonry work, in which professionals from distant Italy participated. The supervision over the work was entrusted to the hands of Eng. Dahinter, who succeeded in breaking the tunnel through on 03/12/1935. However, the first train passed through the tunnel a year later, in 1936. It follows from information available at that time that the tunnel

délky 7,85 m. Dále obsahuje celkem čtrnáct únikových výklenků umístěných 30–40 m od sebe. Ostění tunelu je tvořeno žulovými bloky, místy doplněné pískovcovými bloky. Vzniklé nadvýlomy jsou vyplněny mezerovitým betonem. Hydroizolace tunelu je provedena pomocí plošného asfaltového krytu s vložkou z měděného plechu tloušťky 0,2 mm, který je opatřen oboustranným asfaltovým nátěrem Elastic. Tato izolace je chráněna vrstvou mezerovitého betonu tloušťky 300 mm. Spodní protiklenba tunelu je tvořena kamenným záhozem, prolitým betonem. Tato není izolována. Větrání tunelu je řešeno přirozenou cestou.

Technická data:

Investor:	Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
Projektant:	Generální projektant Moravia Consult Olomouc, a. s.
Zhotovitel:	Generální dodavatel Subterra, a.s.
Termín zahájení:	2. 9. 2011
Termín dokončení:	30. 9. 2013
Tunel:	dvoukolejný, elektrifikovaný, délka 298 m
Železniční svršek:	částečně klasický svršek – pražce B91/S1, upevnění pružné, bezpodkladnicové, kolejnice 60E2 a 60E2 HSH, svařeny do bezстыkové koleje částečně v tunelu – pevná jízdní dráha
Trakce:	stejnoseměrná soustava, 3 kV, sestava J
Mosty:	8 ks – pouze rekonstrukce
Propustky:	4 ks – nové, 2 ks – pouze rekonstrukce

FINANCOVÁNÍ STAVBY

Realizace stavby mohla proběhnout především díky spolufinancování Evropskou unií. To bylo zajištěno prostřednictvím Fondu soudržnosti v rámci Operačního programu Doprava. Výše podpory ze strany EU činila 81,98 % způsobilých výdajů stavby, což je 250 951 622 Kč. Zbývající část ve výši 18,02 % výdajů stavby byla dofinancována z prostředků Státního fondu dopravní infrastruktury.

POSTUP VÝSTAVBY

Stavba byla rozdělena do čtyř stavebních etap. Koncem roku 2011 byla zahájena tzv. nultá etapa, která probíhala v denních výlukách. V tomto kroku byly vybudovány základy nových trakčních stožárů a zahájeny práce na zabezpečovacím zařízení.

Od jara roku 2012 proběhla první a zároveň nejdelší stavební etapa, kdy byla provedena rekonstrukce 1. traťové koleje v km 21,085–27,271. Její součástí byla kompletní rekonstrukce železničního svršku a spodku včetně výstavby pevné jízdní dráhy, rekonstrukce tunelu a předportálových zdí, nové vybudování trakčního vedení, zabezpečovacího zařízení a všech mostních objektů na zmíněném úseku. Stavební etapa se dotkla i zřízení nového nástupiště u koleje č. 1 v zastávce Střelná, a to včetně vybudování nového přístřešku pro cestující. Práce v této etapě probíhaly v rámci nepřetržité výluky 1. traťové koleje, kdy v sousední koleji byl zachován provoz.

V závěru roku 2012, po dokončení první etapy, byla zahájena druhá etapa ve vyloučené 2. traťové koleji. Stávající kolej byla pouze přesypána šterkem frakce 32/63 nad úroveň temene kolejnice tak, aby byl umožněn potřebný přístup kolové techniky především k tunelu a jeho okolí. V rámci toho postupu byly realizovány práce na rekonstrukci mostů, propustků, sanaci části tunelové trouby a části předportálových zdí. V místě realizace mostů a propustků došlo k lokálnímu vytržení koleje. Závěr etapy byl ve znamení čištění a zprovoznění koleje, zpětného vložení kolejových polí vytržených na mostech.

construction claimed only one victim, a worker from the near village of Študlov.

The Střelná tunnel is registered as a double-track tunnel reg. No. 263, which is located on the Horní Lideč – Púchov line at chainage km 23.123–23.421. The tunnel tube consists of 35 tunnel blocks with the average length of 7.85m. It contains fourteen safety recesses at intervals of 30–40m. The tunnel lining is formed by granite blocks, which are locally supplemented by sandstone blocks. Overbreaks are filled with porous concrete. The tunnel waterproofing system is formed by an asphalt layer with an insert of 0.2mm thick cooper sheet provided with Elastic asphalt coat on both sides. This waterproofing layer is protected by a 300mm thick layer of porous concrete. The tunnel invert is formed by rubble with concrete poured in it. It is not provided with waterproofing. The tunnel ventilation is solved in the natural way.

Technical data:

Project owner:	Railway Infrastructure Administration, state organisation
Designer:	Moravia Consult Olomouc, the general designer
Contractor:	Subterra, a. s., the general contractor
Commencement date:	02/09/2011
Completion deadline:	30/09/2013
Tunnel:	double-track structure, electrified, 298m long
Trackwork:	partly classical trackwork - B91/S1 sleepers, elastic fixing without base plates, 60E2 and 60E2 HSH rails, continuously welded; slab track in a part of the tunnel
Traction:	direct current system, 3kV, assembly J
Bridges:	8 – only reconstruction
Culverts:	4 new, 2 to be reconstructed

PROJECT FUNDING

The project could be realised most of all thanks to the co-funding by the European Union. It was ensured through the Cohesion Fund within the framework of the Operational Programme “Transport”. The amount of the subsidy from the EU was 81.98% of eligible construction expenses, which means CZK 250,951,622. The remaining part, 18.02% of the construction expenses, was funded from the means of the State Fund of Transport Infrastructure.

COURSE OF CONSTRUCTION

The construction was divided into four construction stages. The so-called “stage zero” commenced at the end of 2011, with the work carried out in one-day track possession times. Foundations of new traction masts were built and work on the system was carried out during this stage.

The first and at the same time the longest construction stage, during which the track No. 1 was reconstructed at km 21.085–27.271, commenced in the spring of 2012. The work comprised the complete reconstruction of the trackwork and trackbed, including the construction of the slab track, the reconstruction of the tunnel and revetment walls, the installation of new power catenaries, the interlocking system and all bridge structures within the above-mentioned section. This construction stage in addition covered the construction of a new platform along track No. 1 at Střelná intermediate station, including the construction of a new shed for passengers. The work on this stage proceeded during an uninterrupted track No. 1 possession, whilst track No. 2 remained in service.

At the end of 2012, after finishing the first stage, the second stage commenced by working on the track No. 2 closed to

Třetí stavební etapa byla zahájena v březnu roku 2013, kdy došlo k rekonstrukci 2. tratě v km 22,480 do km 23,750. Součástí postupu byla realizace železničního spodku a svršku, zbývajících částí tunelové trouby, předportálových zdí, nástupiště a přístřešku.

REKONSTRUKCE TUNELU

Práce na rekonstrukci tunelu vycházely z jeho důkladné pasportizace, provedené firmou AMBERG Engineering Brno a. s. metodou *TunnelMap* [2]. Z výsledků pasportizace vyplynulo, že samotná izolace tunelu je v dobrém stavu, avšak v místech dělicích spar dochází k výraznějšímu zatékání. Proto došlo k vyřezání a vybourání žlábků v ose dělicích spar na šířku 200 mm a hloubku 300 mm. Do vzniklého žlábků byly vloženy svodnice typu Omega, které byly přichyceny k ostění pomocí nastřelovacích hřebů. Z důvodu možného promrznání byl také vložen do žlábků polyuretanový pásek průměru 20 mm, aby nedošlo k samotnému poškození svodnic. V úrovni cca 1 m nad šterkovým ložem byly svodnice doplněny čistící tvarovkou. Samotná svodnice je v patě zakončena přechodovým dílem na kruhovou drenážní trubku Eurodrain DN 60 mm, která svede vodu do středové stoky tunelu. Celá drážka byla po osazení odvodňovacího systému překryta nenasákavým polystyrenem a zaplněna stříkaným betonem SikaRep 4 N. Jelikož původní odvodňovače rubu ostění byly funkční, došlo k jejich důkladnému pročištění. Plocha ostění byla očištěna a byl rovněž odstraněn degradovaný povrch za pomoci vysokotlakého vodního paprsku. V tomto kroku došlo k mechanickému odstranění původního vyspárování, a to až na hloubku 50–100 mm. Ke spárování byla použita spárovací hmota SIKA MonoTop – 622 Evolution.

Pasportizace také objevila lokální zamokření ostění. Tento problém byl řešen za pomoci těsnících injektáží. Ty byly prováděny z lešňové konstrukce postavené na spodní protiklenbě. Nejprve byly zřízeny vrty pro obturátory průměru 14 mm za pomoci elektrických kladiv. Do vrtů poté byly osazeny mechanické obturátory o průměru 13 mm. Samotná injektáž byla prováděna polyuretanovou pryskyřicí Carbopur WF pomocí injektážního čerpadla DV 97.

Dalším krokem, který bylo nutno realizovat, bylo sepnutí trhlin v obezdívce tunelu. To bylo řešeno za pomoci drážek dlouhých 1000 mm, vzdálených cca 300 mm od sebe, orientovaných kolmo na směr trhliny. Do těchto drážek se pomocí polymercementové malty vlepila nerezová, heliakální výztuž průměru 8 mm [3].

Posledním úkolem byla oprava jednoho z výklenků, který byl částečně zřícen, respektive jeho zadní strana. Tato zadní stěna byla rozebrána tak, aby byl vytvořen průlez do prostoru za ostěním. Ručně bylo z tohoto prostoru odstraněno množství zvodnělé zeminy a zřízeno odvodnění za rubem ostění výklenku. Prostor po odstranění materiálu byl zpětně vyplněn novým, propustným materiálem. Zadní stěna výklenku byla vyzděna na cementovou maltu. V závěrečné fázi dostal tunel téměř po osmdesáti letech vlastní osvětlení (obr. 1).

PORTÁLY A PŘEDPORTÁLOVÉ ZÁRUBNÍ ZDI

K samotným portálům tunelů přiléhají předportálové zárubní zdi. Zárubní zdi české strany jsou koncipovány jako gravitační, částečně po délce rozepřené za pomoci železobetonových žeber se šikmými náběhy. Zdi jsou rozděleny na 31 celků po cca 6 m. Nad úroveň rozpěrných trámů, které jsou pouze u prvních 18 dilatačních celků, je umístěna korunní zídka s podélným odvodněním směrem od portálu tunelu. Zdi jsou doplněny šesti páry únikových výklenků. Celková délka zárubních zdí je 187 m. Výška zárubních zdí směrem od portálu k zastávce Sřelná klesá. Ve svém nejvyšším místě mají zárubní zdi výšku 9,15 m, která postupně klesá až na 0,75 m.

traffic. The existing track was only covered with gravel fraction 32/63 reaching above the tops of rails so that the required access was possible for wheeled equipment, first of all to the tunnel and its surroundings. The work on the reconstruction of bridges, culverts and rehabilitation of a part of the tunnel tube and a part of the revetment walls was carried out within the framework of this procedure. The rail track in the locations of the bridges and culverts was removed. The end of this stage was into token of clearing the track and bringing it into service, laying back the track lengths removed from the bridges and culverts.

The third construction stage started in March of 2013. The track No. 2 section between chainage km. 22.480 and 23.750 was reconstructed during this stage. Part of the process was the realisation of trackbed and trackwork, remaining parts of the tunnel tube, the revetment walls, the platform and the shed.

TUNNEL RECONSTRUCTION

The work on the tunnel reconstruction was based on a thorough condition survey carried out by AMBERG Engineering Brno a. s. using the *TunnelMap* [2] technique. It followed from the condition survey results that the tunnel waterproofing was in a good condition, but more significant leakage existed in the locations of dividing joints. For that reason a 200mm wide and 300mm deep channel was cut and broken out on the axes of the dividing joints. Omega-type collecting ducts were inserted into the channels. They were fixed to the lining by means of cartridge nails. With respect to the possibility of freezing, a 20mm-diameter polyurethane strip designed to prevent damaging of the collecting ducts was inserted into the channel. An inspection piece was inserted into the duct at the level of about 1m above the gravel ballast. The collecting duct is terminated at the toe by a piece allowing for the transition to a Eurodrain DN 60mm circular pipe, which will divert water to the central tunnel drain. The whole channel was covered with non-absorbing polystyrene and was filled with SikaRep 4 N shotcrete. Because the original system draining the outer surface of the tunnel was functional, it was only thoroughly cleared. The surface of the lining was cleared and the degraded surface layer was blasted away by high-pressure water-jet. In this step, the original pointing of joints was removed mechanically up to the depth of 50–100mm. SIKA MonoTop – 622 Evolution mortar was used for the new pointing.



Obr. 1 Pohled na sanovanou tunelovou troubu
Fig. 1 A view of the rehabilitated tunnel tube



Obr. 2 Portál tunelu a zárubní zdi, pohled ze slovenské strany
Fig. 2 Tunnel portal and revetment walls, viewed from the Slovak side

Zárubní zdi ze slovenské strany jsou též koncipovány jako gravitační, avšak nejsou rozepřeny jako na české straně. Jsou tvořeny 13 dilatačními celky proměnné šířky 3–13 m. Jelikož je zde dodržen volný pochůzí prostor mezi kolejí a lícem zdi, nejsou v těchto zdech zřízeny únikové výklenky. Výška zdí je opět proměnná a klesá směrem od portálu, kde dosahuje maximální výše 9 m až do úrovně šterkového lože. Celková délka těchto zdí je 120 m (obr. 2).

Zárubní zdi a portály tunelů byly před rekonstrukcí v kritickém stavu. Pohledová vrstva zdí byla značně hlubokově narušena. To bylo způsobeno proměnnou kvalitou betonu při výstavbě. Provedené vývrty ukázaly kolísající kvalitu betonu v rozmezí tříd C 4/5–C 30/37. K tomuto faktu se nepříznivě přidala i skutečnost, že byly po dlouhou dobu vystaveny extrémním klimatickým podmínkám.

Na základě těchto zjištění byla degradovaná vrstva betonu v tloušťce 200 mm mechanicky odstraněna celoplošně. Následně po odfrézování této vrstvy došlo k očištění povrchu stlačeným vzduchem a tlakovou vodou. V dilatačních spárách byly proříznuty rýhy v šířce 200 mm. Do nich se osadily svodnice, které byly zaústěny do středové stoky. Sanace stěn po odstranění degradované vrstvy probíhala tak, že byly navrtány trny v rastru 500x500 mm. Na trny byly zavěšeny výztužné



Obr. 3 Sanace předportálové zárubní zdi
Fig. 3 Rehabilitation of pre-portal revetment walls

The condition survey in addition disclosed locally wetted areas of the lining. This problem was solved by means of sealing grouting. It was carried out from a scaffolding structure erected on the invert. Holes for packers 14mm in diameter were drilled first, using electrical hammers. Mechanical packers 13mm in diameter were subsequently installed in the drillholes. The grouting itself was carried out using CarboPur WF polyurethane resin injected by DV 97 grouting pump.

The next step which had to be taken was to clamp cracks in the tunnel lining. It was solved by means of 1,000mm long grooves spaced at 300mm, oriented perpendicularly to the crack. An 8mm-diameter helical stainless steel rod was glued into the groove using polymer-cement mortar [3].

The last task was to repair one of the safety recesses, to be more precise its rear side, which was partially broken. This rear side was dismantled to create an opening to the space behind the lining. A lot of water-saturated ground was manually removed from this space and drainage was installed behind the lining of the rear side of the recess. After removing the material, the space was backfilled with new permeable material. The rear wall masonry of the recess was renewed using cement mortar. In the closing phase, nearly after eighty years of its existence, the tunnel was provided with its own lighting (see Fig. 1).

PORTALS AND PRE-PORTAL REVETMENT WALLS

Pre-portal revetment walls are connected to the tunnel portals. The revetment walls on the Czech side are designed as gravity structures, partially braced against each other along the length with transverse haunched reinforced concrete ribs. The walls are divided into 31 blocks about 6m long each. A parapet wall drained longitudinally away from the portal is installed above the level of the bracing beams, which are installed only on initial 18 expansion blocks. Six pairs of safety recesses are provided in the walls. The total length of the revetment walls amounts to 187m. The height of the revetment walls decreases in the direction from the portal toward the Střelná intermediate station. At the highest point the revetment walls are 9.15m high; the height gradually diminishes down to 0.75m.

Revetment walls on the Slovak side are also designed as gravity structures, but they are not braced as those on the Czech side are. They are formed by 13 expansion blocks with the width ranging from 3 to 13m. No safety recesses are provided there because of the fact that a free walkway space is maintained between the track and the inner surface of the walls. The height of the walls is again variable, dropping in the direction away from the portal, where it reaches the maximum of 9m, down to the gravel ballast level. The total length of the walls amounts to 120m (see Fig. 2).

The revetment walls and tunnel portals were in a critical condition before the reconstruction. The visible surface of the walls was significantly damaged to some depth. It was caused by variable quality of concrete during the construction. Core samples taken from the walls proved the variable quality of concrete ranging from grade C 4/5 to grade C 30/37. The fact that the walls were exposed to extreme climatic conditions for such the long time unfavourably contributed to this condition.

With respect to these findings, the 200mm layer of the degraded concrete was mechanically removed from the whole surface. Subsequently after milling this layer away, the surface was cleaned with compressed air and high-pressure water. Grooves 200mm wide were cut in expansion joints. Water collecting ducts were installed in these grooves. They

nekovové kompozitní síť průměru 6 mm s oky 100x100 mm. O použití kompozitních sítí bylo rozhodnuto z důvodu bludných proudů, které by v případě užití kovových sítí způsobovaly korozi materiálů. Přesah sítí činil minimálně 200 mm (obr. 3). Nová sanační vrstva byla provedena pomocí stříkaného betonu třídy SB25 (C20/25 XF1) typ II/J2. Celková vrstva stříkaného betonu byla cca 150 mm, přičemž krytí výztužné sítě bylo cca 120 mm. Původní dilatační celky byly zachovány.

Stávající odvodňovací systém byl řešen soustavou odvodňovačů průměru 80 mm, které byly po výšce zárubní stěny ve třech řadách. Průzkum prokázal, že jsou funkční, pouze částečně zanesené. Vyčistěním tlakovou vodou byla obnovena jejich funkce [4].

Stejný postup rekonstrukce jako u zárubních zdí byl použit i pro oba portály tunelu.

PEVNÁ JÍZDNÍ DRÁHA – UNIKÁTNÍ KONSTRUKCE V ČR

Z technického hlediska však stavba bezesporu drží jeden prímát. V tunelu a přilehlé části bylo navrženo použití pevné jízdní dráhy (PJD) systému ÖBB-PORR. Toto řešení je novinkou v ČR. Jelikož se jedná o první realizaci u nás, je konstrukce ve fázi provozního ověřování a dlouhodobého sledování a vyhodnocování ze strany SŽDC s.o. Vliv na návrh tohoto technického řešení měla skutečnost, že původní stav tunelu a jeho prostorové uspořádání nabízelo velmi stísněné podmínky. Stávající tunel byl v minulosti pouze sanován, a tudíž jeho průjezdný profil zůstal zachován. Taktéž spodní klenba tunelu zůstala zachována. Původně byl svršek v tunelu a předportál tvořen dřevěnými pražci, které v tak extrémních podmínkách horského charakteru oblasti a nedostatečné údržby byly v naprosto žalostném stavu. Nové řešení tedy vycházelo z použití trvanlivějších betonových a především modernějších materiálů. Použití betonových pražců za předpokladu zachování stávající nivelety koleje nebylo možné z důvodu dodržení minimální normové tloušťky šterkového lože pod pražcem. Proto, aby zůstal zachován průjezdný průřez tunelu (tudíž zůstala zachována původní niveleta koleje) a aby zároveň nenastal problém s tloušťkou šterkového lože, bylo navrženo použití PJD. Její délka je 415,760 metru v každé koleji a je z větší části situována v téměř celé délce tunelu. Dále pak pokračuje v místech zárubní zdí na české straně portálu tunelu. PJD je v celé délce navržena v přímém úseku trati (obr. 4).

Technické řešení PJD systému ÖBB-PORR vychází z rakouského patentu rakouských spolkových drah a firmy Porr Bau GmbH. Jde o konstrukci železničního svršku bez šterkového lože. Systém desek vychází z modulu základního, obdélníkového prvku o rozměrech 5160x2400 mm. Jedná se o nepředpjatý, vyztužený prefabrikát. Deska obsahuje 8 párů integrovaných kolejových podpor typu Vossloh 300-1 v osové vzdálenosti 650 mm. Součástí desky jsou dva odvodušňovací otvory umístěné v polovině její délky. Také je zde pět otvorů obsahujících závitová pouzdra, která slouží k osazení rektifikačních šroubů. Pro podlévání desek betonovou směsí slouží dva zalévací otvory o rozměrech 870x600 mm. Z důvodu vodivého propojení jednotlivých desek jsou při okraji desky osazena závitová pouzdra, na která se pomocí šroubů přípevné měděné propojky a spojí se s nimi sousední deska. Napojení PJD na železniční svršek klasické konstrukce se šterkovým ložem je řešeno přechodovou oblastí, která zajišťuje plynulý nárůst tuhosti ze svršku klasické konstrukce na betonovou konstrukci a naopak. Přechodová oblast je částečně tvořena speciálními přechodovými deskami. Ty mají poloviční délku oproti standardním deskám PJD, tj. 2560x2400 mm. Opatřeny jsou čtyřmi zalévacími otvory. Přechodové desky obsahují 4 páry integrovaných kolejových podpor typu Vossloh 300-1

were connected to the central drain. After removing the degraded surface layer, the rehabilitation of the walls continued by drilling holes at 500x500mm grid and dowels were fixed in them. Non-metallic composite mesh mats with the diameter of 6mm and mesh of 100x100mm were fixed to the dowels. The decision to use the composite mesh was made taking stray currents into consideration, which would have caused the corrosion of the material in the case of using metallic mesh. The minimum overlapping of the mesh mats was 200mm (see Fig. 3). The new repair layer was applied using shotcrete grade SC25 (C20/25 XF1) type II/J2. The complete shotcrete layer was 150mm thick; the concrete cover of the mesh was about 120mm thick. The original expansion blocks were maintained.

The existing drainage system was solved by a system of 80mm-diameter drains, which were installed in three tiers on the revetment walls. The survey proved that they were functional, only partially clogged. Their function was restored by clearing the drains with high-pressure water [4].

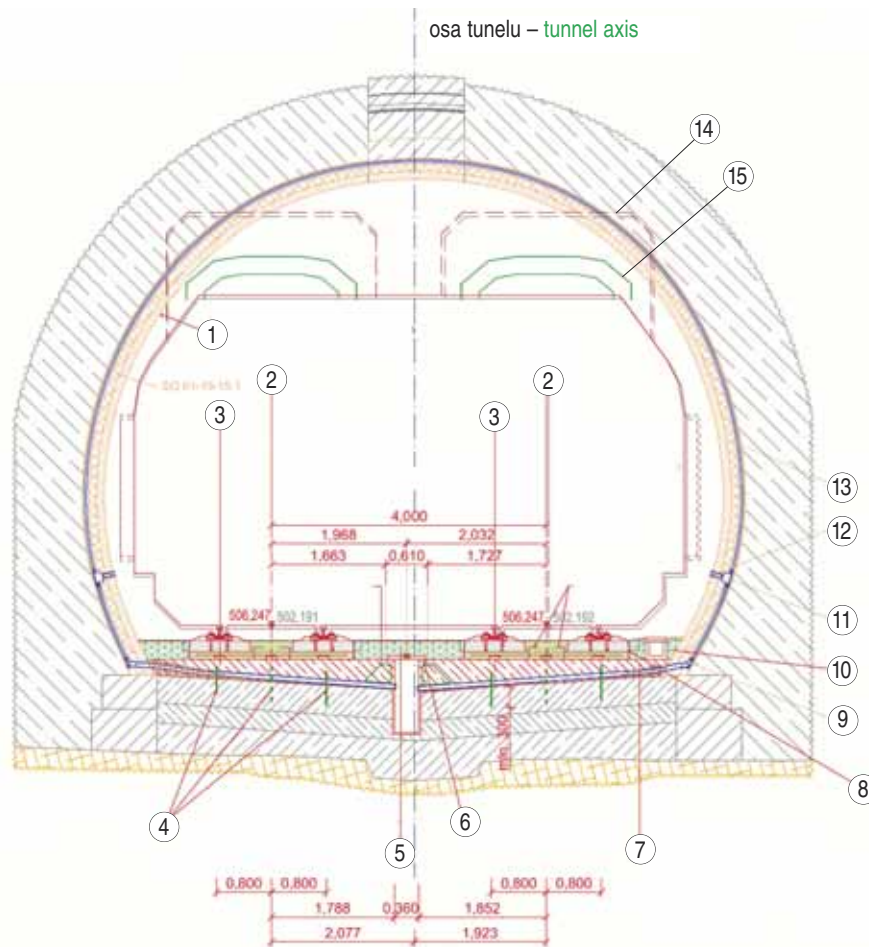
The same procedure as that applied to the reconstruction of revetment walls was applied to the tunnel portals.

SLAB TRACK – UNIQUE STRUCTURE IN THE CR

From the technical point of view, the project undisputedly holds one primacy. The design prescribed the use of the ÖBB-PORR system of slab track (ST) in the tunnel and the adjacent track section. This solution is a novelty in the CR. Because this is the first application in the Czech Republic, the structure is in the phase of the verification and long-term observation and assessment by the Railway Infrastructure Administration, state organisation. The proposal for this technical solution was affected by the fact that the original condition of the tunnel and its spatial arrangement offered very restrained conditions. The existing tunnel was rehabilitated in the past, therefore its clearance profile remained unchanged. The tunnel invert also remained unchanged. The trackwork in the tunnel and the pre-portal section was originally formed by wood sleepers, which were originally in an absolutely piteous condition due to so extreme mountain-character conditions and insufficient maintenance. The new solution was based on the use of more durable concrete and, above all, more modern materials. The use of concrete sleepers was not possible if the existing vertical alignment was to be maintained because of necessity for maintaining the minimum standard thickness of ballast under sleepers. For that reason the use of the ST was proposed, so that the tunnel clearance profile was maintained (thus also the original vertical alignment was maintained) and the problem with the thickness of ballast was prevented. The slab track is 415.760m long on each track and the major part of its length covers nearly the entire tunnel length. On the Czech side of the tunnel it continues in the locations of the revetment walls. The whole length of the ST lies on a straight section of the track (see Fig. 4).

The technical solution to the ÖBB-PORR ST system is based on a patent of the Austrian federal railways and Austrian firm Porr Bau GmbH. It is a trackwork structure without ballast. The system of slabs is based on the 5,160x2,400mm modulus of the basic rectangular element. It is a non-pre-tensioned pre-cast slab. It contains 8 pairs of integrated Vossloh 300-1-type rail supports spaced at 650mm. Part of the slab are two air release holes located in the middle of its length. In addition, there are five holes in the slab, containing threaded sleeves for the installation of rectification bolts. Two 870x600mm filling holes are in the

Řez P 80 – varianta v místě pracovní spáry – P 80 cross-section – variant at a construction joint



- 1 zaměřený líc ostění = líc ostění po sanaci
surveyed inner face of lining = face after rehabilitation
- 2 osa koleje – track's axis
- 3 - kolejnice 60E2 – 60E2 rail
- uzel upevnění vossloh 300-1
Vossloh 300-1 fixation node
- PJD - kolejová nosná deska
slab track – load-carrying track slab
- záливkový beton C20/25 vyztužený kari sítí
2,2 x 5,5 m (oka 150 x 300 mm, \varnothing 6 mm)
C20/25 filling concrete reinforced with
2.2 x 5.5 KARI mesh mats
(mesh 150 x 300mm, 6mm dia)
- distanční třmínek kari sítě, výška 60 mm,
 \varnothing 5 mm – distance-setting stirrup 60mm
high, 5mm dia
- 13 - podkladní beton C30/37
C30/37 blinding concrete
- 11 - 4x podélná výztuž \varnothing 12 mm
4x longitudinal reinforcing rod 12mm dia
- 10 - třmínek \varnothing 5 mm – stirrup 5mm dia
- 4 ocelové trny \varnothing 20 mm dl. 0,35 - 0,50 m
steel dowels 20mm dia, 0.35 – 0.50m long
- 5 - zásyp štěrskem fr. 16/32
backfill with gravel fraction 16/35
- poklop příkopového žlabu U
U channel ditch cover
- sanované dno stávající stoky
rehabilitated bottom of existing duct
- vrstvy stávající betonové protiklenby tunelu
existing tunnel invert concrete layers

6 drážka pro odvedení vody do středové stoky cca 0,25 m, šířky 10 mm – groove diverting water to central drainage à ca 0.25m, 10mm wide

7 - podkladní beton C30/37 – C30/37 blinding concrete

- odřezování betonu spodní protiklenby pro uložení drenážní trubky – milling the concrete invert away for installation of drainage pipe

- flexibilní drenážní trubka DN 60 - uložena na povrchu spodní klenby – flexible drainage pipe DN 60 – placed on the invert surface

- ošetření stykové plochy stávající protiklenby a podkladního betonu – treatment of the contact area between invert and blinding concrete

8 izolační nátěr – waterproofing coat

9 tvarovka pro napojení svodnice tvaru omega na drenážní trubku – piece for connecting Omega collecting duct to drainage pipe

10 zásyp štěrskem fr. 16/32 – grit backfill fraction 16/32

11 čistící tvarovka - clearing piece

12 trubka DN 60 s krytem; vstup pro čištění drenáže – DN 60 tube with cover, drainage clearing entrance

13 drenážní svodnice tvaru omega – Omega drainage collecting duct

14 nevyhovující průjezdný průřez ZG-ČD – inadequate ZG-ČD clearance profile

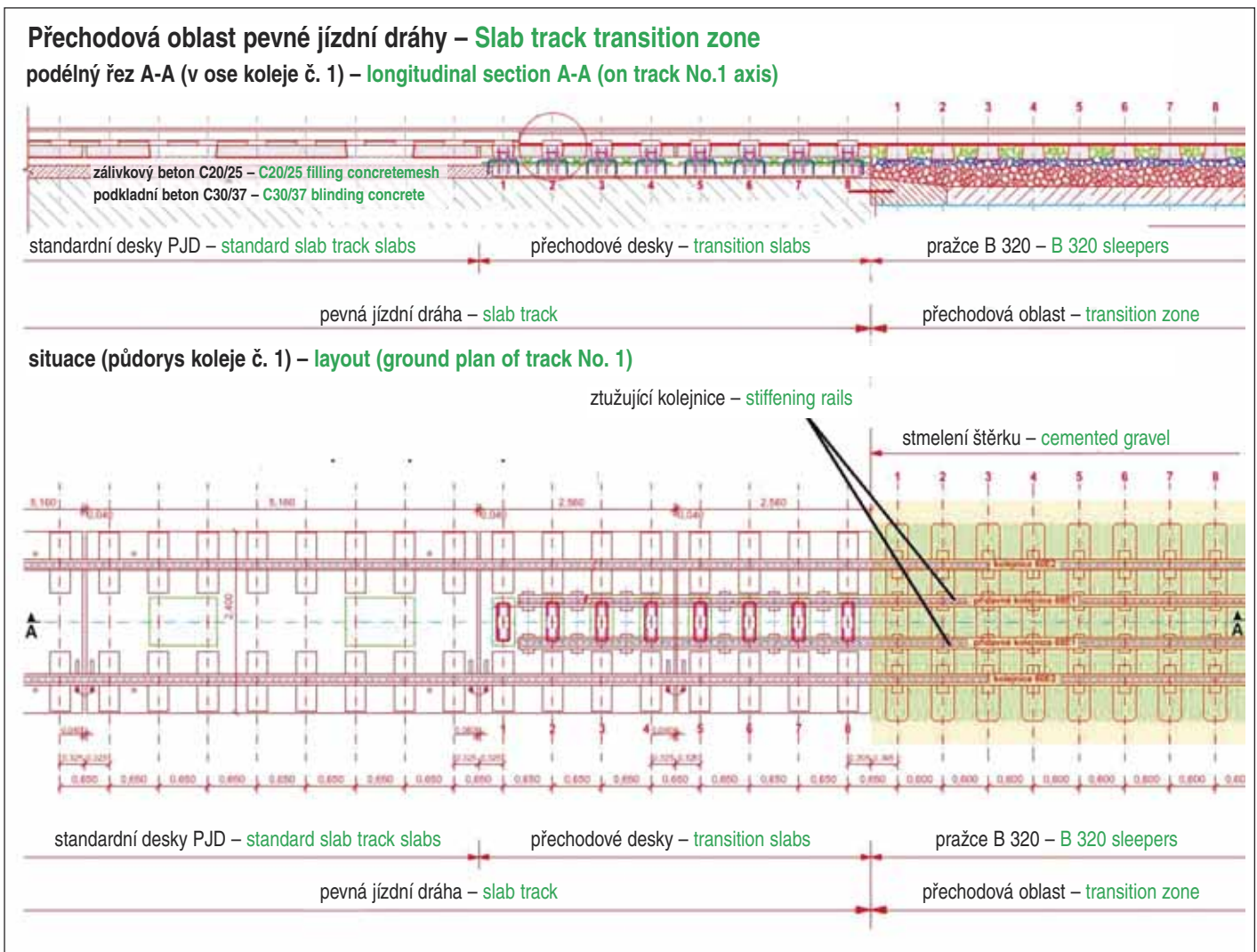
15 redukováný průjezdný průřez pro pantografovou oblast – reduced clearance profile for pantograph area

Obr. 4 Řez v místě pevné jízdní dráhy

Fig. 4 Cross-section through the tunnel with the slab track

opět v osové vzdálenosti 650 mm. Navíc oproti standardním deskám jsou zde 3 páry integrovaných podkladnic, které slouží pro osazení ztužujících kolejnic, které zajišťují podélnou a příčnou tuhost celé konstrukce. Na úsek přechodových desek navazuje úsek klasického svršku se štěrkovým ložem. Pražce v tomto úseku byly užity shodně jako u PJD systému RHEDA, typ B 320 německého výrobce Rail One GmbH. Na přechodové desky PJD navazují předpjaté pražce B 320 U60 – Ü. Pražce jsou osazeny upevněním Vossloh 300 – 1 – U pro pojízdné kolejnice 60E2 a pro ztužující kolejnice je zde upevnění Vossloh 310. Ztužující kolejnice tedy probíhají z přechodových desek na pražce B 320 U60 – Ü. Na tyto navazuje úsek předpjatých pražců B 320 U60 s upevněním Vossloh 300 – 1 – U (obr. 5).

slab to allow pouring concrete under it. Threaded sleeves are installed at the edges of the slabs. Cooper coupling pieces are fixed in the sleeves with bolts and the individual slabs are conductively coupled with them. The connection of the ST to the classical ballasted trackwork structure is solved by means of a transition zone which ensures the fluent increase in the stiffness from the classical structure trackwork to the concrete structure and vice versa. The transition zone is partially formed by special transition slabs. Their length is half of the length of standard ST slabs, i.e. 2560x2400mm. They are provided with four filling holes. The transition slabs contain 4 pairs of Vossloh 300-1 integrated rail supports, again spaced at 650mm. In addition, in contrast to the standard slabs, there are 3 pairs of integrated bearing plates there,



Obr. 5 Schéma přechodové oblasti
 Fig. 5 Transition zone chart

Pro zajištění plynulého nárůstu pružnosti kolejové jízdní dráhy mezi PJD a klasickou konstrukcí kolejového roštu jsou navrženy pružné podložky pod patu kolejnice s různou hodnotou tuhosti. Ve směru od PJD směrem ke klasickému svršku jsou osazeny podložky s tuhostí $C_{stat} = 24 \text{ kN/mm}$, dále následuje úsek s tuhostí $C_{stat} = 40 \text{ kN/mm}$ a poté úsek s tuhostí $C_{stat} = 60 \text{ kN/mm}$.

Štěrkové lože je v přechodových oblastech stmeleno dvou-složkovou pryskyřicí MC -Ballastbond 70. Stmelení se provádí ve dvou fázích. První je provedena při realizaci prací po rozprostření a ztuhnutí štěrkové vrstvy, kdy je niveleta lože snížena o 80 mm tak, aby bylo umožněno provedení podbití a zároveň aby nebyla zasažena stmelená vrstva. Druhá fáze následuje po roce provozu, kdy dojde ke stmelení v mezipražcových prostorech a za hlavami pražců. Po stmelení štěrkového lože v mezipražcových prostorech a za hlavami pražců už nedojde v těchto úsecích k další směrové a výškové úpravě.

Konstrukce PJD byla zhotovitelem realizována pod dohledem supervize rakouské firmy PORR, která je spolu s ÖBB autorem technického řešení konstrukce.

Nespornou a hlavní výhodou pevné jízdní dráhy je její vysoká životnost, prakticky bezúdržbová konstrukce, nízká konstrukční výška a oproti klasickému svršku vysoká stabilita geometrické polohy koleje. Systém PJD ÖBB-PORR také přináší nespornou výhodu v tom, že se díky vysoké míře prefabrikace zkracuje samotný čas výstavby a také ulehčuje

which are used for the installation of stiffening rails ensuring the longitudinal and lateral stiffness of the whole structure. The zone of transition slabs is followed up by a classical ballasted trackwork section. Sleepers used in this section are identical with the sleepers of the RHEDA B 320 U60 – Ü type of ST manufactured by Germany-based Rail One GmbH. Pre-tensioned sleepers B 320 U60 – Ü follow after the transition slab tracks. The sleepers are provided with Vossloh 300 – 1 – U fixation system for 60E2 running rails and Vosloh 310 for the stiffening rails. The stiffening rails therefore pass from the transition slabs to B 320 U60 – Ü sleepers. The section with B 320 U60 pre-tensioned sleepers with the Vossloh 300 – 1 – U fixation system follows (see Fig. 5).

Elastic rail pads with various values of toughness are designed to be placed under the foot of rail to secure fluent increasing of the stiffness of the trackwork between the ST and the classical track grating structure. Viewed in the direction from the ST toward the classical trackwork, there are pads with the toughness $C_{stat} = 24 \text{ kN/mm}$ there, followed by a section with the toughness $C_{stat} = 40 \text{ kN/mm}$ and a section with toughness $C_{stat} = 60 \text{ kN/mm}$ is at the end.

The gravel ballast in the transition zones is cemented with MC -Ballastbond 70 two-component resin. The cementation is carried out in two phases. The first phase is realised during the work on the spreading and compacting of the ballast, when the trackbed surface height is reduced by 80mm so that



Obr. 6 Dokončená pevná jízdní dráha v předportáli tunelu z české strany
Fig. 6 Finished slab track in the tunnel pre-portal area on the Czech side

samotná výstavba. Nevýhodou jsou vysoké zřizovací náklady a vyšší náklady na opravu v případě vykolejení vlakové soupravy (obr. 6).

ZÁVĚR

Po dokončení samotných stavebních prací se zhotovitel věnoval především dokladové stránce. Proběhlo odborné měření hluku, které potvrdilo, že nejsou potřebné dodatečné stavební úpravy přilehlých vytypovaných objektů určených k bydlení. Především díky kompletní výměně železničního svršku a svaření kolejnic do bezстыkové koleje došlo ke snížení hluku železniční dopravou pod předepsané limity dané nařízením vlády č.148/2006 Sb.

Veškeré stavební objekty, kterých se dotkla stavební činnost, byly geodeticky zaměřeny a byla zpracována podrobná geodetická dokumentace skutečného provedení. Vzhledem k tomu, že se jedná o stavbu financovanou z prostředků Evropské unie, nechal zhotovitel zpracovat posouzení interoperability pro subsystémy TSI CR INS 2011/275/EU, TSI SRT 2008/163/ES a TSI PRM 2008/164/ES.

V rámci prodloužené záruky na dílo se zhotovitel zavázal, že bude do roku 2020 v součinnosti s odborem SŽDC OTH sledovat a vyhodnocovat pevnou jízdní dráhu, jakožto zcela nové použité konstrukce železničního svršku. Sledovat se bude nejen vizuální stav konstrukce, ale i parametry geometrické polohy koleje. Na základě výsledků dlouhodobého sledování rozhodne investor o dalším využití pevné jízdní dráhy typu PORR v rámci ostatních staveb v ČR.

**ING. PETR MIKULÁŠEK, pmikulasek@subterra.cz,
SUBTERRA, a.s.**

**Autor fotografií: MILOSLAV OTTA, Dis.,
motta@subterra.cz, SUBTERRA, a.s.**

Recenzovali: Ing. Mojmír Nejezchleb, Ing. Martin Lidmila

tampering is possible without touching the cemented layer. The second phase will follow after one-year operation, when the cementation is reached between sleepers and behind the ends of sleepers. When the cementation of the ballast between sleepers and behind ends of sleepers is finished, no other adjustment of the horizontal and vertical alignment will take place in this section.

The ST structure was realised by the contractor under the supervision by Austrian PORR, which is, together with the ÖBB, the author of the technical solution to the structure.

The indisputable and main advantage of the slab track is its high durability, a virtually maintenance-free structure, low structural height and the high stability of the geometrical position of the track in comparison with classical trackwork. The ÖBB-PORR ST system in addition brings an indisputable advantage in the fact that it reduces the construction time and facilitates the installation owing to the high degree of prefabrication. On the other hand, high installation costs and higher costs of repairs in the case of train derailling are disadvantageous (see Fig. 6).

CONCLUSION

After finishing the construction work itself, the contractor dedicated himself mainly to the documentation. The professional measurement of noise which was carried out confirmed that the construction measures applied to adjacent selected residential buildings were not sufficient. The level of noise induced by railway traffic was reduced under the limits prescribed by the Government Decree No.148/2006 Coll. first of all thanks to complete replacing the trackwork and creating a continuously welded rail.

All civil engineering objects which had been touched by construction activities were measured by surveying and detailed survey documentation of the as-constructed state was carried out. With respect to the fact that the project was funded from the means of the European Union, the contractor had the assessment of interoperability for TSI CR INS 2011/275/EU, TSI SRT 2008/163/ES and TSI PRM 2008/164/ES sub-systems carried out.

The contractor bound himself on the basis of an extended guarantee to monitor and assess the slab track and the newly used trackwork structures, all of that in collaboration with the Rail Track Management Department of the Railway Infrastructure Administration. Subjected to the monitoring will be not only the visual condition of the structure, but also the parameters of the geometrical position of the track. The project owner will decide on the basis of the long-term monitoring results on the future use of the PORR-type of slab track within the framework of other projects in the CR.

**ING. PETR MIKULÁŠEK, pmikulasek@subterra.cz,
SUBTERRA, a.s.**

**Author of photos: MILOSLAV OTTA, DIS.,
motta@subterra.cz, SUBTERRA, a.s.**

LITERATURA / REFERENCES

- [1] MATOCHA, J. *Střelná naše otčina rodná*. Pamětní kniha. Střelná, 1994
- [2] MATĚJČEK, J. Zkušenosti z realizace sanací železničních tunelů. *Tunel*, 2009, č. 4, s. 10-15
- [3] MATĚJČEK, J. Projektová dokumentace SO 01-19-15.1 *Tunelová trouba*. Technická zpráva. Brno, 12/2009, 14 s.
- [4] MATĚJČEK, J. Projektová dokumentace SO 01-19-15 *Předzářezové zárubní zdi a portály*. Technická zpráva. Brno, 12/2009, 28 s.
- [5] LOUMA, L. Projektová dokumentace, výkresová část, SO 01-17-01.2 *Rekonstrukce Střelenského tunelu, kolejový svršek*. Přechodová oblast PJD v km 23,575 200–23,602 245, příloha č. 11.2. Brno, 6/2012, 1 s.