

TUNEL PREŠOV, JEDEN Z CHÝBAJÚCICH TUNELOV NA DIAĽNICI D1

PREŠOV TUNNEL, ONE OF THE TUNNELS MISSING ON D1 MOTORWAY

ROMAN ŠÁLY, MILOSLAV FRANKOVSKÝ, FILIP JIŘIČNÝ

ABSTRAKT

Tunel Prešov dĺžky približne 2,2 km je súčasťou projektovaného úseku diaľnice D1 Prešov západ – Prešov juh, tvoriaceho obchvat krajského mesta Prešov z jeho južnej strany. Tunel bude vybudovaný s dvomi rúrami s jednosmernou premávkou, pričom bude razený v prostredí prevažne paleogénnych hornín flyšu – ílovcov a pieskovcov. Na výstavbu diaľničného úseku s tunelom Prešov v súčasnosti prebieha verejné obstarávanie, pričom sa v krátkom čase očakáva podpis zmluvy a následne začiatok prác.

ABSTRACT

The approximately 2.2km long Prešov tunnel is part of the Prešov West – Prešov South section of the D1 motorway under design, forming a by-pass of the county seat of Prešov from the southern side of the town. The tunnel will be developed as a twin-tube structure with unidirectional traffic operation. It will be driven through an environment mainly formed by flysh – claystone and sandstone Palaeogene rock types. The public procurement for the construction on the motorway section containing the Prešov tunnel is currently underway. The contract signature is waited for and the commencement of the works is expected subsequently.

ÚVOD

Veľmi často, keď sa hovorilo o finálnom termíne dokončenia diaľnice D1 Bratislava – Košice, akoby sa zabúdalo na stále chýbajúci diaľničný obchvat krajského mesta Prešov. Keď v médiach zneli vo výrokoch politikov roky ako 2010 alebo 2013, nikdy sa nebral do úvahy tento úsek, na ktorý bolo územné rozhodnutie vydané až v roku 2009. V nasledovnom období bola spracovaná dokumentácia na stavebné povolenie a na jej základe bolo v roku 2015 vydané stavebné povolenie. Ešte v tom istom roku Národná diaľničná spoločnosť začala verejné obstarávanie na zhotoviteľa stavby, pričom obálky s ponukami boli otvorené na jar 2016. V súčasnosti sa očakáva uzatvorenie zmluvy s víťazným uchádzačom. Ak by k nemu došlo, stavebné práce by pravdepodobne mohli začať v roku 2017.

Na rozdiel od siedmich diaľničných tunelov, ktoré sú v súčasnosti na Slovensku vo výstavbe, tento tunel nebude budovaný v zmluvnom režime Naprojektuj a postav. Zmluva na výstavbu diaľnice bude uzatvorená podľa podmienok čerenej knihy FIDIC, nakoľko dokumentácia na ponuku bola spracovaná v podrobnosti dokumentácie pre realizáciu stavby. Projektantom stavby je Dopravoprojekt, a. s., pričom projektové riešenie stavebnej časti tunela spracovával Terraprojekt a. s. a riešenie technologickej časti METRO-PROJEKT Praha a.s.

ZÁKLADNÉ PARAMETRE TUNELA

Tunel Prešov bude súčasťou úseku diaľnice D1 Prešov západ – Prešov juh, ktorá vytvorí diaľničný obchvat mesta z jeho južnej strany (obr. 1). Diaľničný úsek s celkovou dĺžkou 7,870 km nadväzuje na predchádzajúci úsek diaľnice D1 Svinia – Prešov v križovatke Vydumanec. Na východnej strane navrhovaný úsek končí v mieste križovatky Petrovany, kde sa diaľnica napája na existujúce diaľničné spojenie Prešov – Košice. Doprava bude v tuneli vedená dvomi tunelovými rúrami, pričom základne parametre tunela sú nasledovné:

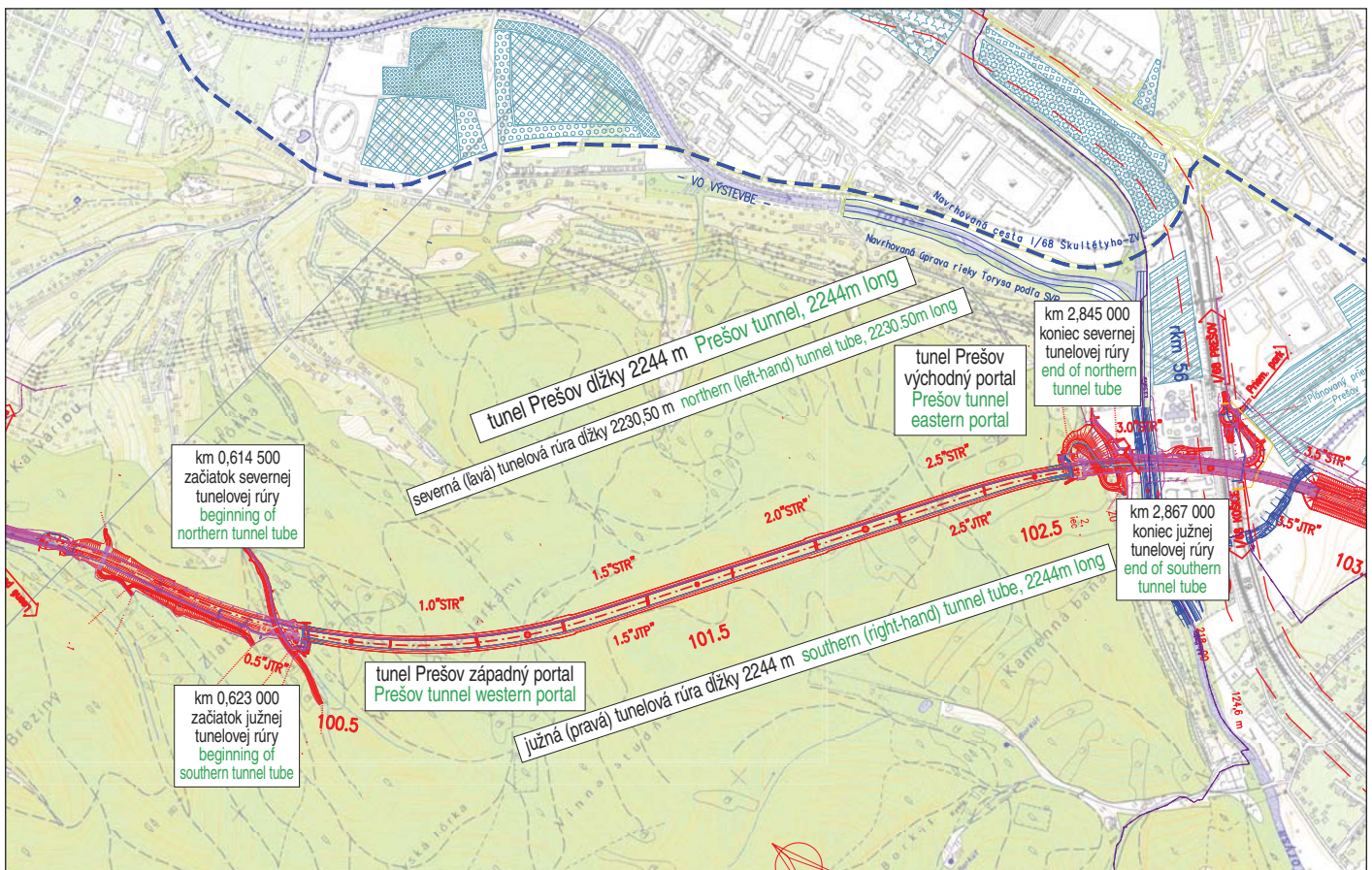
INTRODUCTION

It is a very frequent case that the still missing by-pass of the county seat of Prešov seemed to be forgotten when the final deadline for finishing the Bratislava – Košice section of the D1 motorway was being discussed. When statements of politicians about the years 2010 or 2013 were heard in the media, nobody took into consideration this section for which the zoning and planning decision was issued as late as 2009. In the following period the final design was carried out. The project permit was issued on its basis in 2015. It was still in the same year that the Národná diaľničná spoločnosť (the National Motorway Company) opened the public procurement proceedings for construction. The envelopes containing the tenders were opened in the spring 2016. Concluding the contract with the winning bidder is currently being expected. If it happens, the construction work could probably start in 2017.

In contrast with the seven motorway tunnels which are currently under construction, this tunnel will not be developed in the Design-Build contract regime. The contract for the construction of the motorway will be concluded in compliance with the FIDIC Red Book since the tender documents were carried out in a detail corresponding to the detail design. The construction is being designed by Dopravoprojekt a. s., with the civil engineering part of the tunnel design being carried out by Terraprojekt a. s. and the solution to the technological part being designed by METROPROJEKT Praha a.s.

BASIC TUNNEL PARAMETERS

The Prešov tunnel will be part of the Prešov West – Prešov East part of the D1 motorway, forming the by-pass of the town from the eastern side (see Fig. 1). The motorway section with the total length of 7.870km is a follow-up to the preceding Svinia – Prešov section of the D1 motorway at the Vydumanec intersection. On the eastern side, the section being designed ends at the location of the Petrovany inter-



Obr. 1 Situácia diaľničného obchvatu Prešova
Fig. 1 Prešov motorway by-pass layout

| | |
|--|-----------------|
| šírková kategória tunela podľa STN 73 7507 | 2T 7,5/100 |
| druh tunela podľa dĺžky: | stredný tunel |
| dĺžka tunela: severná tunelová rúra (STR) | 2230,5 m |
| južná tunelová rúra (JTR) | 2244 m |
| šírka vozovky medzi obrubníkmi: | 7,5 m |
| výška prejazdneho prierezu: | 4,80 m |
| pozdĺžny sklon: | 2,80 % |
| vetranie: | pozdĺžne |
| návrhová rýchlosť: | 100 km/h |
| najvyššia dovolená rýchlosť: | 100 km/h |
| dopravná prognóza 2025: | 14 234 voz/24 h |
| dopravná prognóza 2035: | 16 863 voz/24 h |

GEOLOGICKÉ A GEOTECHNICKÉ POMERY

Inžinierskogeologickým prieskumom trasy tunela boli overené: kvartérny deluviálny komplex, zosuvné delúvium s blokovanými deformáciami v oblasti východného portálu a podložné paleogénne flyšové komplexy zubereckého súvrstvia.

Vplyvom vertikálnych a horizontálnych pohybov jednotlivých blokov hornín pozdĺž zlomov sa do úrovne nivelety tunela dostali súvrstvia s rôznym zastúpením ílovcov a pieskovcov. Z uvedeného dôvodu bolo v zmysle TP 06-1/2006 vyčlenených niekoľko druhov horninového masívu:

- deluviálne zeminy a zosuvné delúvium v portálových úsekoch tunelových rúr;
- ílovcovo-pieskovcové vrstvy s prevahou ílovcov nad pieskovcami;
- ílovcovo-pieskovcové vrstvy s prevahou pieskovcov nad ílovcami;

section, where the motorway is connected to the existing Prešov – Košice motorway link. Traffic will run in the tunnel through two tunnel tubes. The basic parameters of the tunnel are as follows:

| | |
|---|------------------------------|
| tunnel width according to STN 73 7507 | 2T 7,5/100 |
| tunnel type according to the width: | medium-length tunnel |
| tunnel length: northern tunnel tube (NTT) | 2230,5m |
| southern tunnel tube (STT) | 2244m |
| kerb-to-kerb carriage width: | 7.5m |
| clearance height: | 4.80m |
| longitudinal gradient: | 2.80% |
| ventilation system: | longitudinal |
| design speed: | 100km/h |
| maximum permissible speed: | 100km/h |
| traffic volume prognosis 2025: | 14,234 vehicles per 24 hours |
| traffic volume prognosis 2035: | 16,863 vehicles per 24 hours |

GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL CONDITIONS

The engineering and geotechnical investigation of the tunnel route verified the following information: a Quaternary deluvial complex, a landslide diluvium with blocky deformations in the area of the eastern portal and underlying the Palaeogene flysch complexes of the Zuberec Member.

Formations with various percentages of claystone and sandstone got to the tunnel alignment level due to vertical and horizontal movements of individual blocks of rock along faults. For the above-mentioned reason, the following ground mass types were determined in accordance with the TP 06-1/2006 specifications:

- deluvial soils and landslide deluvium in the portal sections of the tunnel tubes;

- pieskovecovej vrstvy s lokálnymi polohami ílovcov;
- ílovcovej vrstvy s lokálnymi polohami pieskovecovej;
- zlepenecovej vrstvy s vložkami pieskovecovej a ílovcovej.

Hydrogeologické pomery sú ovplyvnené geologickou stavbou, pričom vnútorná stavba masívu je postihnutá tektonikou. Flyšoidné súvrstvie predstavuje ako celok málo zvodnené a veľmi nízko priepustné prostredie s puklinovou priepustnosťou vo veľmi silne zvetraných až rozložených polohách.

Horninové prostredie, v ktorom bude razený tunel Prešov, bolo v podrobnom inžinierskogeologickom prieskume charakterizované po dielčích celkoch – kvázihomogénnych úsekoch, s charakteristickými vlastnosťami podľa klasifikácie horninového masívu Z. T. Bieniawskiego (1976, 1989). Triedy horninového masívu boli zostavené podľa ratingového bodového ohodnotenia RMR zohľadňujúceho pevnosť hornín v prostom tlaku, index kvality hornín RQD, vzdialenosť a charakter diskontinuít, vplyv podzemnej vody a smer i úklon diskontinuít, hlavne vrstevnatosti k osi a smeru razenia.

TECHNICKÉ RIEŠENIE RAZENÉHO TUNELA

Trasa tunela je tvorená dvomi nezávislými trasami smerových pásov diaľnice, každý pre jednu tunelovú rúru. Smerovo je trasa vedená v tvare predĺženého „S“, zloženého z kruhových oblúkov s prechodnicami a priamky v strednej časti tunela. Tvar trasy umožňuje vhodné situovanie portálov vo vzťahu ku morfológii terénu a tiež vhodné svetelné pomery pri vjazde a výjazde z tunela. Výškové vedenie oboch tunelových rúr je definované jednosmerným pozdĺžnym sklonom od západného portálu smerom k východnému portálu v sklone 2,80 %.

Svetlý priečny profil tunela je na ľáci sekundárneho ostenia definovaný zloženým kruhovým oblúkom okolo prejazdného prierezu. Zároveň sú vedľa a nad prejazdným prierezom vytvorené priestory na umiestnenie technologického vybavenia tunela (dopravné značky, ventilátory, svietidlá atď.). V rámci spracovania dokumentácie na stavebné povolenie bolo ako prvý dokument spracované technicko-ekonomické a bezpečnostné hodnotenie dvoch šírkových kategórií tunela, kategórie 2T 7,5 a 2T 8,0. Na základe výsledkov hodnotenia bola zvolená kategória 2T 7,5, čiže tunel bude mať šírku vozovky medzi obrubníkmi 7,5 m (obr. 2), podobne ako viaceré ďalšie tunely na diaľnici D1 (tunely Višňové, Bôrik a Branisko).

Vzhľadom na smerové vedenie trasy a hodnoty polomerov smerových oblúkov je potrebná zmena priečného sklonu vozovky v oboch tunelových rúrach. Spolu s preklápaním vozovky sa preklápa celý profil tunela, čím je optimalizovaná plocha výrubu.

Nosná konštrukcia tunela je tvorená primárnym ostením s dočasnou statickou funkciou a sekundárnym ostením ako definitívnou nosnou konštrukciou. Sekundárne ostenie v dlhodobom časovom období prenesie zaťaženie od horninového masívu po postupnej degradácii prvkov primárneho ostenia.

Razenie a primárne ostenie

Razenie a vystrojenie tunela podľa princípov Novej rakúskej tunelovacej metódy je rozdelené do šiestich vystrojovacích tried, navrhnutých a označených v súlade

- claystone-sandstone layers with claystone proportion exceeding sandstone;
- claystone-sandstone layers with the proportion of sandstone exceeding the proportion of claystone;
- sandstone layers with local claystone interbeds;
- claystone layers with local sandstone interbeds;
- conglomerate layers with sandstone and claystone interbeds.

Hydrogeological conditions are influenced by the geological structure, where the inner structure of the rock mass is affected by faulting. The flysh-type member as the whole is little water-bearing and very little permeable, with fissure permeability in very heavily weathered up to decomposed interbeds.

The rock environment the Prešov tunnel will be driven through was characterised in the detailed engineering geological survey separately in partial units – quasi-homogeneous sections with characteristic properties classified according to Z. T. Bienawski (1976, 1989) rock mass classification method. The rock mass classes were determined according to the RMR rating method, taking into consideration the unconfined compressive strength, the RQD point-based classification, the spacing and character of discontinuities, the influence of groundwater and the trend and dip of discontinuities, first of all the bedding related to the axis and direction of the tunnel excavation.

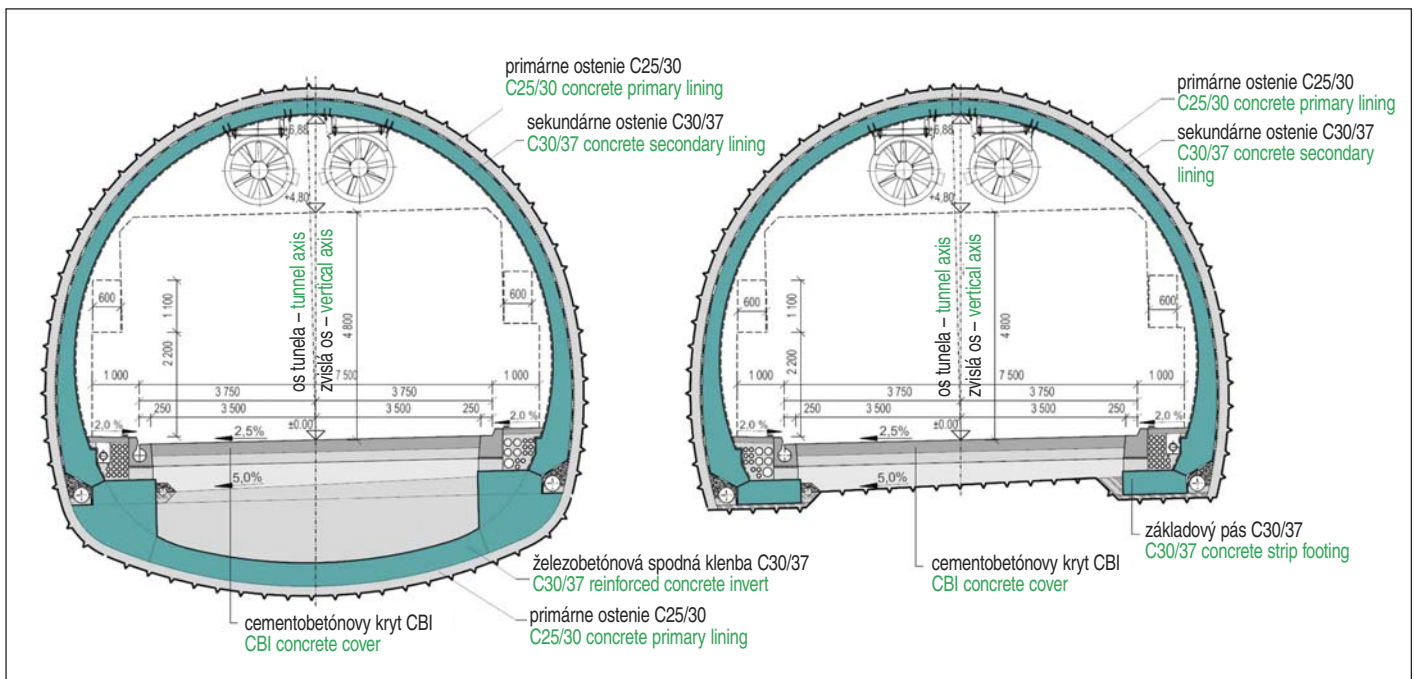
TECHNICAL SOLUTION TO THE DRIVEN TUNNEL

The tunnel route is formed by two independent motorway carriageways, each for one tunnel tube. The horizontal alignment has the shape of an extended “S” consisting of circular curves with transition curves and a straight part in the central part of the tunnel. The geometry of the alignment allows for appropriate placing of portals in relation to the terrain morphology and suitable lighting conditions at the tunnel entrance and exit. The vertical alignment of the two tunnel tubes is defined by the unidirectional 2.80% longitudinal gradient descending from the western portal toward the eastern portal.

The net tunnel cross-section at the inner surface of the secondary lining is defined by a compound circular curve around the clearance profile. At the same time spaces for the placement of tunnel equipment (traffic signs, fans, tunnel luminaries etc.) are created on the side and above the clearance profile. The technical, economic and safety assessments of two tunnel width categories, 2T 7.5 and 2T 8.0, were prepared as the first document within the framework of the preparation of the final design. The 2T 7.5 category was selected on the basis of the results of the assessment, where the kerb-to-kerb width will amount to 7.5m (see Fig. 2), similarly to several other tunnels on the D1 motorway (the Višňové, Bôrik and Branisko tunnels).

With respect to the horizontal alignment of the route and the values of the radii of horizontal curves, it is necessary to change the roadway crossfall in both tunnel tubes. The whole tunnel cross-section is revolved together with the roadway revolution. The excavated area is optimised in this way.

The carrying structure of the tunnel consists of the primary lining with a temporary static function and the secondary lining forming the definite load-bearing structure. The



Obr. 2 Priechne rezy tunelových rúr

Fig. 2 Cross-sections through tunnel tubes

s TP 06-1/2006 Cyklické razenie, vstrojovacie triedy. Navrhnuté sú vstrojovacie triedy s označením 3, 4, 5A, 5B, 6 a 7. Vystrojenie jednotlivých tried, teda primárne ostenie, je kombináciou striekaného betónu s oceľovou rozptýlenou výstužou alebo výstužou sieťami, kotiev maltovaných alebo hydraulicky upínaných, priehradových nosníkov a zaistením čela pomocou striekaného betónu a samozávrtných sklolaminátových kotiev. Počiatkový úsek tunelových rúr na oboch portáloch bude razený pod ochranou mikropilótových dáždnikov (vstrojovacia trieda 7). Pre razenie núdzových zálivov sú navrhnuté vstrojovacie triedy č. 4, 5 a 6.

Výrub tunela je horizontálne rozdelený na kalotu a stupň, v menej priaznivých pomeroch na spodnú klenbu. Výška kaloty je cca 6 m, vzájomná vzdialenosť (odstup) kaloty a stupňa, prípadne spodnej klenby sú určené výkresovou dokumentáciou pre jednotlivé vstrojovacie triedy.

Návrh primárneho ostenia je realizovaný v súlade so zásadami rakúskej Smernice pre geotechnický návrh podzemných konštrukcií razených cyklickým spôsobom. Kvázihomogénne celky, do ktorých bol horninový masív rozčlenený v rámci IG prieskumu, boli zoskupené do úsekov, v ktorých je predpokladaná obdobná odozva horninového masívu na razenie tunela. Rozdelenie tunela na úseky bolo vykonané s prihliadnutím na geomechanické parametre jednotlivých druhov horninového masívu, primárnu napätosť, vzájomnú orientáciu tunela a horninových štruktúr a vplyv podzemnej vody. Na základe predpokladanej odozvy horninového prostredia na razenie tunela boli k jednotlivým úsekom priradené vstrojovacie triedy.

Množstvo a kvalita navrhnutých vstrojovacích prostriedkov je posúdená spolu s overením odozvy horninového masívu na razenie tunela, pomocou analytických a numerických metód. Na overenie stability čelby tunela a ďalších lokálnych namáhaní boli použité metódy medznej rovnováhy. Pre posúdenie navrhnutých vstrojovacích prostriedkov prenášajúcich zaťaženia hlavne v priečnom smere tunela

secondary lining in the long-term will carry the load imposed by the rock mass after the gradual degradation of the elements of the primary lining.

Tunnel excavation and the primary lining

The tunnel excavation and support designed according to the New Austrian Tunnelling Method is divided into six excavation support classes, which are designed and marked in compliance with the TP 06-1/2006 specifications titled Cyclical Tunnelling, Excavation Support Classes. Excavation classes marked as 3, 4, 5A, 5B, 6 and 7 are designed for the tunnel. The excavation support for individual classes, i.e. the primary lining, is a combination of shotcrete reinforced with steel fibres or welded mesh, grouted or hydraulically expanded rock bolts and lattice girders with the excavation face supported with shotcrete and self-drilling glassfibre reinforced plastic (GRP) anchor bolts. The initial sections of the tunnel tubes at both portals will be driven under the protection of micropiles umbrella (excavation support class 7). Excavation support classes 4, 5 and 6 are designed for the excavation of emergency lay-bys.

The tunnel excavation sequence is divided horizontally into top heading and bench, with an invert in less favourable conditions. The top heading is ca 6m high, the distances between the top heading and the bench or even the invert are determined by design drawings for individual excavation support classes.

The primary lining design is carried out in compliance with principles of the Austrian guidelines for Geotechnical Design of Underground Structures with Conventional Excavation. The quasi-homogeneous units into which the rock massif was divided within the framework of the EG survey were grouped into sections where a similar response to the tunnel excavation is assumed. The tunnel was divided into the sections taking into consideration the geomechanical properties of individual rock mass types, the state of stress, the orientation of rock mass structures in relation to the tunnel and the influence of groundwater. The excavation support classes were assigned to the individual sections on the

a overenie reakcie horninového masívu na razenie bola použitá metóda konečných prvkov (MKP). Na základe výsledkov analýz boli urobené úpravy vystrojovacích prostriedkov v jednotlivých vystrojovacích triedach. Kombinácia použitia analytických a numerických metód umožňuje nielen posúdenie a optimalizáciu navrhnutých vystrojovacích prostriedkov, ale aj realizáciu predikcie chovania systému horninový masív – primárne ostenie na medzi prijateľnosti, z ktorej sú následne odvodené varovné stavy.

Sekundárne ostenie

Horná klenba definitívneho ostenia je navrhnutá na základe výsledkov statického výpočtu zo železobetónu alebo z prostého betónu. Vo vystužených blokoch je doplnená pozdĺžna protizmrašťovacia výstuž v spodnej časti profilu. Ostenie tunela bude vystužené v úsekoch s nízkym nadložíom, v úsekoch geologických porúch a nadmerných nameraných, resp. neustálených deformácií výrubu počas razenia. Vystužené bude tiež ostenie núdzových zálivov a blokov s napojením priečnych prepojení. Výstuž výklenkov v ostení je navrhnutá ako doplnková, pričom sa inštaluje v blokoch ostenia z prostého betónu ako aj z vystuženého betónu. Vzhľadom na technológiu výstavby sekundárneho ostenia tunela je zvolená pravidelná dĺžka bloku 12 m. Hrúbka sekundárneho ostenia je navrhnutá 250 a 300 mm v štandardnom priereze a 400 mm v núdzovom zálive.

V priečnom reze bez spodnej klenby sú navrhnuté základové pásy z prostého betónu. V priečnom reze so spodnou klenbou pre vystrojovaciú triedu 5A a 5B je navrhnutá monolitická spodná klenba z prostého betónu a trieda 5B aj s primárnym ostentím. Pre ostatné triedy je navrhnutá vystužená spodná klenba hrúbky 500 mm.

Návrh sekundárneho ostenia je riešený podľa STN EN 1997-1. Posúdenie vystuženého a nevystuženého betónu je vykonané podľa STN EN 1992-1-1. Pre účely stanovenia namáhania je sekundárne ostenie tunela modelované pružne uloženým prúťovým modelom, pričom pružné uloženie pôsobí len v prípade deformácií tunela smerom do masívu. Veľkosť tuhosti uloženia je stanovená na základe tuhosti horninového masívu a krivosti sekundárneho ostenia. Šmykové spolupôsobenie systému ostenie – horninový masív je z výpočtu vylúčené z dôvodu fóliovej hydroizolácie umiestnenej na rube ostenia. Zataženie sekundárneho ostenia horninovým tlakom je stanovené na základe výpočtov MKP realizovaných pre posúdenie a overenie chovania primárneho ostenia s uvažovaním degradácie primárneho ostenia.

Pre posúdenie sekundárneho ostenia tunela z nevystuženého betónu je použitý výpočtový postup vystihujúci chovanie nevystuženého betónu – umožňujúci simuláciu vzniku trhlin v betóne a s tým súvisiace preskupenie napätí v sekundárnom ostení tunela.

Na základe požiadavky TP 11/2011, ktoré boli platné v čase spracovania dokumentácie, je overené chovanie sekundárneho ostenia v prípade požiaru v tuneli. Overenie chovania vystuženého ostenia je urobené pomocou zjednodušenej metódy podľa STN EN 1992-1-2 Navrhovanie betónových konštrukcií Časť 1-2 Všeobecné pravidlá – navrhovanie konštrukcií na účinky požiaru.

basis of the anticipated response of the rock mass to the tunnel excavation.

The quantity and quality of the means of the excavation support is assessed, together with the verification of the rock mass response to the tunnel excavation, using analytical and numerical methods. The stability of the excavation face was verified using the Limit Equilibrium Method. The Finite Element Method (FEM) was used for assessing the means of support designed for carrying the loads acting in the first place in the transversal direction of the tunnel and for verifying the rock mass response to the excavation. The means of support were modified for particular excavation support classes on the basis of the results of the analyses. The combination of the application of analytical and numerical methods not only to the assessment and optimisation of the proposed means of support, but also to the realisation of the prediction of the rock mass – primary lining system behaviour at the ultimate acceptability level, from which the warning states are subsequently derived.

Secondary lining

Reinforced concrete or unreinforced concrete is designed for the upper vault of the final lining on the basis of the structural analysis results. Anti-shrinkage longitudinal reinforcement is added in the bottom part of the profile in the reinforced blocks. The tunnel lining concrete will be reinforced in sections with low overburden, geological failure sections and sections with excessive measured deformations or non-stabilised deformations during the course of driving the tunnel. The concrete lining of emergency lay-bys and the blocks where cross passages are to be connected will also be reinforced. The concrete reinforcement at recesses in the lining is designed as a supplementary element for both unreinforced and reinforced concrete lining blocks. With respect to the technology of the construction of the secondary tunnel lining, the length of 12m was selected for the length of concrete casting blocks. The secondary lining thickness of 250mm and 300mm, respectively, is designed for the standard cross-section and 400mm for an emergency lay-by.

Unreinforced concrete strip footings are designed for the cross-section without the invert. Unreinforced concrete invert is designed for the excavation support classes 5A and 5B. It is in addition provided with a primary lining in excavation rock mass support class 5B. A 500mm thick reinforced concrete invert is designed for the other classes.

The secondary lining design is solved in compliance with the STN EN 1997-1 standard. The assessment of the reinforced and unreinforced concrete is carried out according to the STN EN 1992-1-1 standard. For the purpose of the determination of the stress, the secondary lining of the tunnel is modelled as an elastically born beam-based model, where the elastic bearing acts only in the case of the tunnel deformation in the direction toward the rock mass. The magnitude of the bearing toughness is determined on the basis of the rock mass toughness and the curvature of the secondary lining. The ground-structure shear interaction is excluded from the calculation because of the waterproofing membrane installed on the outer surface of the lining. The load on the secondary lining induced by the rock mass pressure is determined on the basis of the FEM analyses realised for the

Bezpečnostné stavebné prvky

Bezpečnostné stavebné prvky sú tvorené viacerými prvkami v zmysle článkov STN 73 7507, ktorých účel priamo súvisí so zabezpečením prevádzkovej bezpečnosti v tuneli. Návrh bezpečnostných stavebných úprav zodpovedá požiadavkám nariadenia vlády č. 344/2006 a tiež požiadavkám TP 11/2011 Protipožiarna bezpečnosť cestných tunelov. Vzájomné vzdialenosti jednotlivých bezpečnostných stavebných úprav sú násobkami dĺžky bloku sekundárneho ostenia, tj. 12 m.

Núdzové zálivy sú navrhnuté s maximálnou vzájomnou vzdialenosťou, resp. vzdialenosťou od portálov v hodnote 748 m, pričom STN 73 7507 požaduje vzdialenosť 500–750 m. Šírka pruhu núdzového zálivu je 3 m. Horné ohraničenie priechodného prierezu je vo výške 4,2 m. Vzhľadom na potrebu umiestnenia tlmiča nárazu pred čelnou stenou zálivu sú zálivy predĺžené na dĺžku 52 m. Na začiatku zálivu v smere jazdy je umiestnená SOS kabína vytvorená zo železobetónových stien.

Razené tunelové rúry sú navzájom prepojené ôsmimi priečnymi prepojeniami tvoriacimi chránené únikové cesty. Ich vzájomná vzdialenosť je 240 až 252 m. Priečne prepojenia sú navrhnuté nasledovne:

- priechodné prepojenie 2 ks
- priechodné prepojenie s technologickými miestnosťami 3 ks
- priechodné prepojenie s miestnosťami pre redukciu tlaku v požiarnom vodovode 1 ks
- prejazdne prepojenie 2 ks

Účelom SOS výklenkov je umiestnenie zariadenia núdzového volania (SOS kabína) a ďalších súvisiacich technických zariadení, akými sú napr. hasiace prístroje a prostriedky prvej pomoci. SOS výklenky sú štandardne vytvorené v sekundárnom ostení tunela po pravej strane profilu v smere jazdy. V núdzovom zálive je SOS kabína umiestnená v priestore vytvorenom vertikálnymi betónovými priečkami. Svetlé rozmery výklenkov sú: šírka 1,8 m, výška 2,3 m a hĺbka 1,5 m. Vnútny priestor výklenku je od dopravného priestoru oddelený železobetónovou priečkou. Vzájomná vzdialenosť SOS výklenkov je 108 až 140 m, pričom nariadenie vlády č. 344/2006 požaduje maximálnu vzdialenosť 150 m. Celkový počet SOS výklenkov je 17 v severnej tunelovej rúre a 17 v južnej tunelovej rúre.

V požiarnych výklenkoch sú umiestnené hydranty požiarneho vodovodu. Požiarné výklenky sú štandardne vytvorené v sekundárnom ostení tunela po ľavej strane vozovky v smere jazdy. Svetlé rozmery výklenkov sú: šírka 2,2 m, výška 2,3 m a hĺbka 1 m. Výklenok je v súlade so vzorovými listami VL 5 navrhnutý ako otvorený, bez umiestnenia výbavy. Výbava bude nahradená výstrojom v zmysle čl. 11.4.5 TP 11/2011 umiestneným v priečných prepojeniach. Vzájomná vzdialenosť požiarnych výklenkov je 108 až 140 m, pričom TP 11/2011 požaduje maximálnu vzdialenosť 150 m. Celkový počet požiarnych výklenkov je 17 v severnej tunelovej rúre a 17 v južnej tunelovej rúre.

purpose of assessing and verifying the behaviour of the primary lining taking into account the primary lining degradation.

A calculation procedure giving a true picture of the behaviour of unreinforced concrete was applied to the assessment of the tunnel secondary lining. It allowed for the simulation of the origination of cracks in concrete and the stress redistribution in the tunnel lining associated with it.

The behaviour of the secondary lining in the case of a fire is verified on the basis of requirements of the TP 11/2011 specifications applicable at the time of the work on the documents. The verification of the reinforced concrete lining is carried out using the simplified method according to the STN EN 1992-1-2 standard: Design of concrete structures Part 1-2 General rules – structural fire design.

Safety construction elements

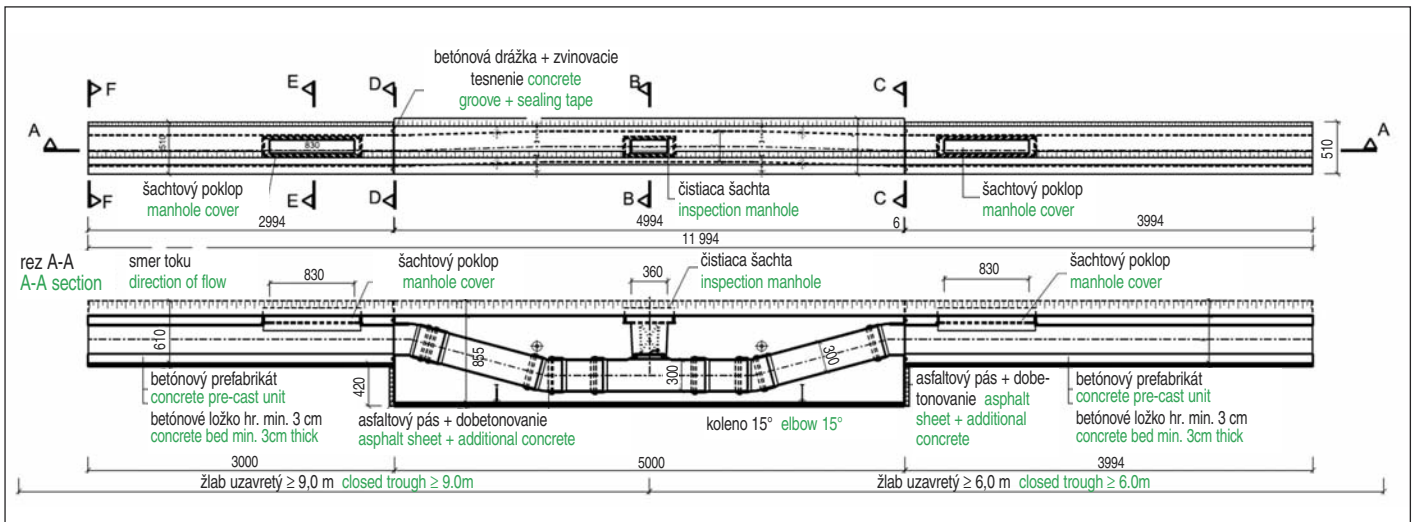
Safety construction elements are formed by several elements in the meaning of the paragraphs of the STN 73 7507 standard the purpose of which is directly related to the operational safety in tunnels. The safety construction works design corresponds to the requirements of the Decree of the Government No. 344/2006 and also requirements of the TP 11/2011 specifications on Fire Safety in Road Tunnels. The spacing between individual construction safety structures corresponds to multiples of the secondary lining casting block length of 12m.

The maximum spacing and the distance from portals, respectively, of the emergency lay-bys are designed at the value of 748m, whilst the STN 73 7507 standard requires 500–750m. The emergency lay-by is 3m wide. The upper boundary of the transition cross section is 4.2m high. With respect to the need for installing crash cushions in front of the front wall of the lay-by, the lengths of the lay-bys are extended to 52m. An SOS cabin formed by reinforced concrete walls is located at the beginning of the lay-by in the direction of travel.

The driven tunnel tubes are interconnected with cross passages, forming protected escape routes. Their spacing ranges from 240m to 252m. The cross passages are designed as follows:

- cross passage passable for pedestrians 2 pcs
- cross passage passable for pedestrians, with technical rooms 3 pcs
- cross passage passable for pedestrians, with rooms for the reduction of pressure in the fire main 1 pc
- cross passage passable for vehicles 2 pcs

The purpose of the SOS recesses is to allow placing the emergency call facilities (SOS cabins) and other associated technical equipment, such as extinguishers and the means of first aid. SOS recesses are created in the secondary lining of the tunnel as a standard on the right-hand side of the profile (in the direction of travel). In the emergency lay-bys, SOS cabins are located in a space formed by vertical concrete partitions. The net dimensions of the recesses are as follows: the width of 1.8m, the height of 2.3m and the depth of 1.5m. The inner space of the recess is separated from the road space by a reinforced concrete partition. The spacing of the SOS cabins ranges from 108 to 140m, with the Decree of the



Obr. 3 Odvodnenie vozovky – pôdorys a pozdĺžny rez štrbinového žľabu v mieste zhybky

Fig. 3 Roadway surface drainage – ground plan and cross-section through the slotted drainage trough in the location of the inverted siphon

Ďalšie časti stavby

Technické riešenia odlišné od v minulosti navrhovaných sú navrhnuté vo viacerých ďalších častiach stavby, napríklad v drenážnom odvodnení, odvodnení vozovky alebo v riešení portálov.

Vzhľadom na očakávané pomerne malé množstvá vody pritekajúce z horninového masívu je hlavný zberač drenážnych vôd DN 400 navrhnutý iba v jednej tretine dĺžky tunela, a preto sú potrubia bočných drenáží navrhnuté ako prietochné DN 300. Konečná dĺžka zberača by mala byť realizovaná na základe skutočne nameraných prítokov počas razenia. Výhodou je absencia revízných šachiet vo vozovke vo veľkej časti tunela.

Odvodnenie vozovky je navrhnuté z masívneho štrbinového žľabu s kruhovým prierezom potrubia s neprieběžnou štrbinou, spájaným pomocou neoprénového tesnenia. Namiesto sifónových šachiet sú navrhnuté rúrové zhybky (obr.3). Odvodnenie vozovky je v mieste zmeny priečného sklonu navrhnuté zdvojené.

Pre uzatvorenie definitívnych úprav v mieste tunelových portálov bol zvolený odlišný postup ako v minulosti. Po skúsenostiach so strmými zelenými svahmi (tunely Sitina a Bôrik), kotveným oporným múrom (tunel Horelica), či ukončením portálovou budovou (tunel Branisko), bol pre tunel Prešov navrhnutý oporný múr z gabiónovej stavebni-

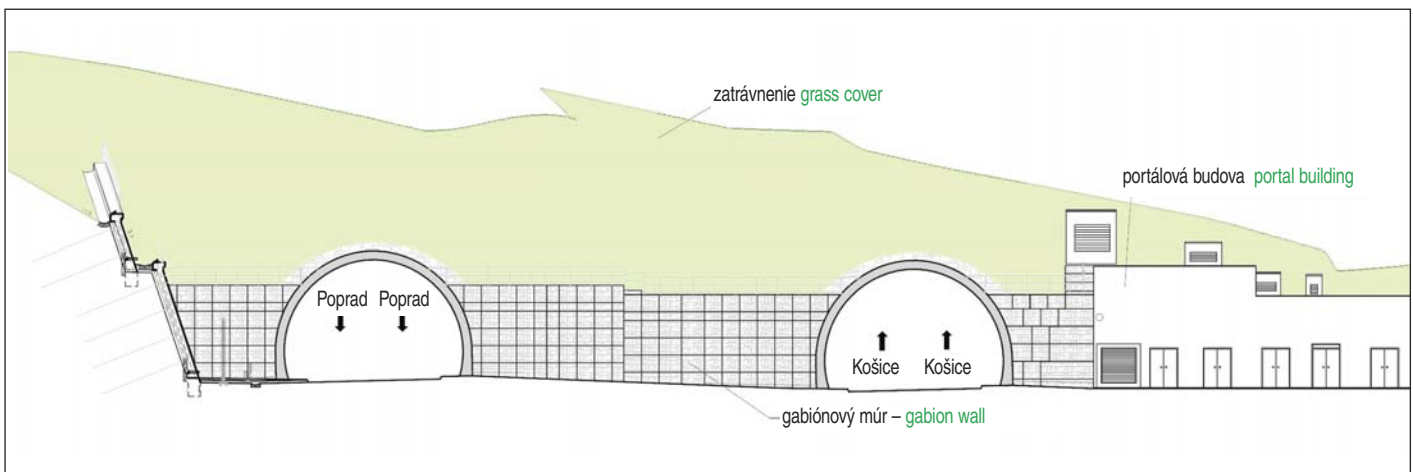
Government No. 344/2006 requiring the maximum distance to be 150m. The total number of the SOS cabins amounts to 17 in the northern tunnel tube and 17 in the southern tunnel tube.

The fire protection niches house hydrants installed on the fire main. The fire protection niches are created in the secondary lining on the left-hand side of the roadway (viewed in the direction of travel). The net dimensions of the niches are as follows: the width of 2.2m, the height of 2.3m and the depth of 1m. The niche is designed in compliance with the VL 5 standard sheets as an open structure without equipment installed in it. The equipment will be replaced with installations in the meaning of paragraph 11.4.5 of the TP 11/2011 specifications located in cross passages. The spacing of fire protection recesses ranges from 108m to 140m, whereas the TP 11/2011 specifications require the maximum spacing to be 150m. The total number of fire protection niches is 17 in the northern tunnel tube and 17 in the southern tunnel tube.

Other construction parts

Technical solutions different from the solutions designed in the past are designed for several other parts of the construction, for example in the drainage system, roadway drainage or in the solution to portals.

With respect to the anticipated relatively small amount of water flowing from the rock mass, the main DN 400 draina-



Obr. 4 Pohľad na riešenie portálu tunela s gabiónovým oporným múrom

Fig. 4 A view of the tunnel portal design with the gabion retaining wall



zdroj / source Dopravoprojekt a. s.

Obr. 5 Vizualizácia východného portálu tunela Prešov
Fig. 5 Visualisation of the eastern portal of the Prešov tunnel

ce so šikmým čelom, v kombinácii s kamenným opevnením (obr. 4). Podobné riešenie je realizované na tuneli Šibenik, s tým rozdielom, že pre tunel Prešov je oporný múr navrhnutý približne do dvoch tretín výšky tunelovej rúry (obr. 5).

ZÁVER

Počas realizácie slovenských diaľničných tunelov v minulosti dochádzalo ku zmenám technického riešenia spravidla spôsobeným technologickými možnosťami zhotoviteľa, ktoré sa museli riešiť zmenami stavby pred jej dokončením zmenami stavebného povolenia v zmysle stavebného zákona. Tak tomu bolo pri výstavbe tunelov Branisko, Horelica, Sitina aj Bôrik, ktoré boli budované podľa zmluvných podmienok červenej knihy FIDIC, resp. porovnateľných starších zmluvných podmienok. Obdobná je tiež situácia pri výstavbe tunelov podľa zmluvných podmienok žltej knihy FIDIC, kde technické riešenia podľa platných stavebných povolení nie sú záväzné a skutočné riešenia tunelov sa od nich niekedy aj veľmi výrazne odlišujú. Pri výstavbe tunela Prešov sa pochopiteľne dá predpokladať určitá miera odlišností vyplývajúca zo skutočne zastihnutých geotechnických podmienok. Bude však zaujímavé, či sa tunel Prešov stane prvým slovenským diaľničným tunelom, ktorý bude realizovaný a kolaudovaný v súlade s pôvodne vydaným stavebným povolením.

*Ing. ROMAN ŠÁLY, saly@terraprojekt.sk,
Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
frankovsky@terraprojekt.sk, Terraprojekt a.s.,
Ing. FILIP JIRIČNÝ, filip.jiricny@if.com,
ILF Consulting Engineers s.r.o.*

*Recenzovali Reviewed: Ing. Ján Kušnír,
Ing. Pavel Růžička, Ph.D.*

ge water collector is designed only for one third of the tunnel length. For that reason DN 300 pipes are designed for the side drains. The final length of the collector should be realised on the basis of inflows actually measured during the course of the tunnel excavation. The advantage lies in the absence of manholes in the roadway in a large part of the tunnel.

The roadway surface drainage is designed to be formed by a massive slotted drainage trough with a circular cross-section and a discontinuous slot. The trough elements will be joined with neoprene sealing sleeves. Tubular inverted siphons are designed instead of inverted siphon manholes (see Fig. 3). A different procedure than in the past was chosen for closing the final works at tunnel portals. With the experience with steep green slopes (the Sitina and Bôrik tunnels), an anchored retaining wall (the Horelica tunnel) or the termination provided by a portal building (the Branisko tunnel) using a gabion building set with an inclined front end, in combination with masonry facing (see Fig. 4) was designed for the Prešov tunnel. A similar solution is being realised at the Šibenik tunnel. The difference is that the retaining wall for the Prešov tunnel is designed up to the height of approximately two thirds of the tunnel tube height (see Fig. 5).

CONCLUSION

During the realisation of Slovak motorway tunnels in the past, the technical solution was changed usually with respect to the technological capability of the contractor. The changes had to be solved by modifications of the project before its completion using change of the building permit in the meaning of the Building Code. It was so during the construction of the Branisko, Horelica, Sitina and Bôrik tunnels, which were constructed according to the FIDIC Red Book conditions of contract or comparable older conditions of contract. The situation in the construction of tunnels according to the FIDIC Yellow Book contract conditions, where technical solutions according to valid building permits are not obligatory and the real solutions to tunnels sometimes very significantly differ from them, is similar. Naturally, a certain measure of difference following from the geotechnical conditions encountered can be assumed during the Prešov tunnel construction. Nevertheless, we will be curious whether the Prešov tunnel will become the first Slovak motorway tunnel to be realised and to pass the final inspection in compliance with originally issued building permit.

*Ing. ROMAN ŠÁLY, saly@terraprojekt.sk,
Ing. MILOSLAV FRANKOVSKÝ,
frankovsky@terraprojekt.sk, Terraprojekt a.s.,
Ing. FILIP JIRIČNÝ, filip.jiricny@if.com,
ILF Consulting Engineers s.r.o.*

LITERATURA / REFERENCES

- FRANKOVSKÝ, M., ŠÁLY, R. *Tunel Prešov na diaľnici D1 v Prešove*. Praha : Zborník konferencie Podzemní stavby 2013
ŠÁLY, R. et al. *Návrh konštrukcie primárneho a sekundárneho ostenia diaľničného tunela Prešov*. Žilina : Zborník konferencie Tunely a podzemné stavby 2015
KUBIŠ, M. et al. *Tunel Prešov – interpretácia výsledkov inžinierskogeologického prieskumu*. *Tunel*, 2016, č. 3