

Inžinierskogeologické a geotechnické pomery masívu Poľana

Polana tunnel, real engineering geological and geotechnical characteristic of the rock mass

Daniel Moravanský, Stanislav Szabó¹

Abstrakt

Tunel Poľana je súčasťou diaľničného úseku D3 Svrčinovec – Skalité s celkovou dĺžkou 12,3 km. Dĺžka jednotlivých tunelových rúr je 898,0 m pre južnú tunelovú rúru a 866,12 m pre severnú tunelovú rúru, projektovanú ako úniková štôľňa. Horninové prostredie v ktorom je tunel situovaný je tvorené magurským tektonickým celkom zastúpeným Račanskou litofaciálnou jednotkou – zlínskym súvrstvím. V profile trasy tunela súvrstvie paleogených hornín je tvorené vrstvami ílovcov (prevažne sivej/hnedej farby tenkolaminovaného, tenkodoskovitého až doskovitého vývoja) striedajúcich sa s pieskovecami (sivej, modrosivej farby, jemnozrnného až strednozrnného charakteru s vápnitým alebo kremíťm tmelom, miestami prežilnené kremeň-kalcitovými žilkami a s impregnáciami pyritovej mineralizácie. Zastúpenie jednotlivých facií v profile vrstiev v rôznych úsekoch a v rôznych štruktúrach je variabilné. Hlavné tektonické línie a niekoľko puklinových systémov sú smeru SZ-JV, V-Z a SSV-JJZ so sklonom k JZ, S a JJZ. Horninový masív sa vyznačuje značným prevrásnením, najmä v úsekoch 180-292, 500-670 a 780-896 m a na základe inžiniersko-geologických a geotechnických vlastností bol rozčlenený na 10 kvázi homogénnych celkov s výrazne odlišnými charakteristikami oproti zisteniam z podrobného inžiniersko-geologického prieskumu. Výrazné odlišnosti zistené počas výstavby tunelu je dôsledok vyhodnocovania bodového prieskumu bez orientovaných štruktúr v predchádzajúcich etapách IGHP a následného plošného vyhodnotenia výrubu.

Kľúčové slová

Tunel Poľana, Inžinierskogeologická a geotechnická charakteristika, RMR, QTS, Jablunkovské Medzihorie.

Abstract

The Polana tunnel is part of the D3 section of Svrčinovec - Skalité with a total length of 12.3 km. The length of each tunnel tube is 898.0 m for the southern tunnel tube and 866.12 m for the northern tunnel tube (emergency adit). The rock environment in which the tunnel is situated is part of the Magura nappe represented by the Rača litofacial unit - Zain's strata. In the profile of the tunnel, the layer of alloigenous rocks consists of layers of clay shales (predominantly gray / brown color with thin-laminae and beds) alternating with sandstones (gray / blue-gray color, finely grained to medium-grained nature with a cementing materials such as silica and calcium carbonate, sometimes with quartz-calcite veins and impregnations of pyrite mineralization. The representation of lithological types of rocks in the profile of layers in different sections and in different structures is variable. The main tectonic lines and several fissure systems are SZ-JV, V-Z and SSV-JJZ with a slope to JZ, S and JJZ. The rock massif is characterized by considerable folding, especially in sections 180.0-292.0, 500.0-670.0 and 780.0-896.0 m. According geological and geotechnical properties it was divided into 10 quasi-homogeneous units with distinctly different characteristics compared to the findings from the detailed

¹ DPP Žilina, s.r.o., Kominárska 2,4 , 831 04 Bratislava-mestská časť Nové Mesto, pracovisko Žilina, Legionárska 8203, 010 01 Žilina, daniel.moravansky@dppzilina.sk.

geological investigation. Significant differences detected during tunnel construction are the result of the evaluation of point samples without oriented structures in the previous stages of the IGHP and subsequent flatness evaluation of the excavation.

Key words

Soroska tunnel, Engineering geological and geotechnical characteristic, RMR, QTS, Jablunkovské medzihorie.

1 Úvod

Tunel Poľana je súčasťou diaľničného úseku D3 Svrčinovec – Skalité s celkovou dĺžkou 12,3 km. V zmysle STN 737507 bol naprojektovaný ako tunel kategórie 2T – 8,0 s dočasnou obojsmernou premávkou cez pravú tunelovú rúru (JTR) s dvoma núdzovými zálivmi. Ľavá tunelová rúra bola projektovaná ako úniková štôlna a s hlavnou tunelovou rúrou je prepojená troma priečnymi prepojeniami, ktoré budú slúžiť ako únikové cesty.

Os tunela je orientovaná SZ-JV smerom, leží v nadmorskej výške 600 m n. m., pričom mocnosťou nadložia varíruje do 75 m. Tunel stúpa smerom od západného portálu k východnému v sklone 2 %. Celková dĺžka JTR je 898 m, dĺžka razenej časti je 860,60 m a dĺžka hĺbenej časti je 37,40 m. Celková dĺžka únikovej štôlne (STR) je 866,12 m. Výstavba sa oficiálne začala 25. 2. 2013, základný kameň bol položený 30. 10. 2013. Samotné razenie tunela (JTR) sa začalo 31. 7. 2014, slávnostné prerazenie JTR sa uskutočnilo 7. 9. 2015. Stavebné práce realizovalo združenie D3 Svrčinovec-Skalité, pričom raziace práce na tuneli vykonávalo „mini združenie“ Poľana v zložení Metrostav – Doprastav. Zhotoviteľom geotechnického monitoringu bola firma Geofos, s.r.o.

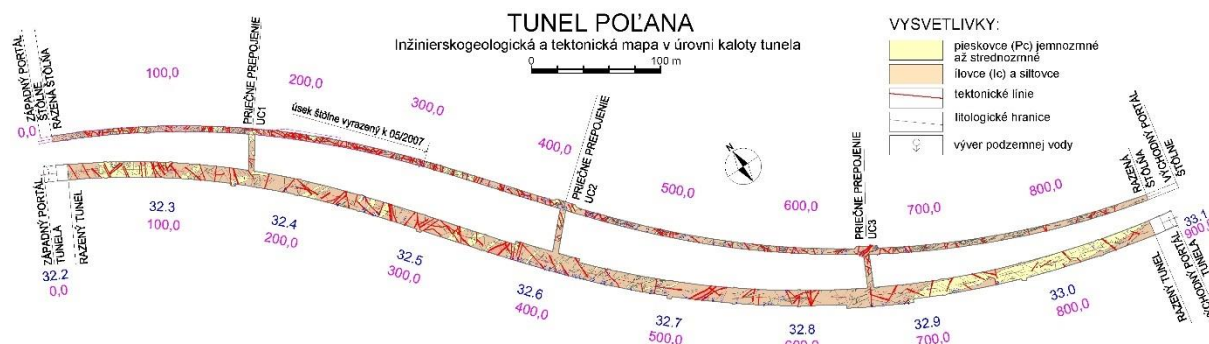
2 Začlenenie do geologického regiónu

Územie, ktorým prechádza tunel Poľana, patrí do oblasti Západných Karpát zasahujúcich do územia geomorfologickým celkom Jablunkovským medzihorím. Jeho horninové prostredie tvorí magurský tektonický celok zastúpený Račanskou litofaciálnou tektonickou jednotkou – zlínskym súvrstvím (stredný eocén, Potfaj, 2003). V rámci zlínskeho súvrstvia podľa Potfaja je územie v trase diaľnice budované vsetínskymi vrstvami. Tieto vrstvy sa vyznačujú prevahou hrubých vrstiev lastúrnato odlučných ílovcov s lavicami jemno- až strednozrnných pieskovcov s glaukonitom. Vzhľadom na rozdielnu citlivosť horniny na exogénne činitele je masív ílovcov a pieskovcov výrazne heterogénny, s rozdielnymi hĺbkami zvetrania, s rozličnou intenzitou a stupňom rozpadu, veľkosťou a typom bloku.

3 Stručná geologicko-tektonická charakteristika

V profile trasy tunela vystupuje súvrstvie paleogénnych hornín zastúpených vrstvami prevažne sivých, hnedých, tenkolaminovaných, tenkodoskovitých až doskovitých ílovcov, ktoré často prechádzajú do siltových ílovcov až siltovcov. Pieskovce sú sivé, modrosivé, jemno- až strednozrnné, s vápnitým a kremitým tmelom, miestami prežilnené kremeň-kalcitovými žilkami a impregnáciami pyritovej mineralizácie. Zastúpenie jednotlivých facií v profile vrstiev v rôznych úsekoch a štruktúrach je variabilné. Pri podrobnej geologickej a geotechnickej dokumentácii sa zistili hlavne tektonické línie v smere SZ-JV, V-Z, SSV-JJZ a niekoľko systémov puklín so sklonmi k JZ, S, J, SZ. Najväčšie zastúpenie majú zlomové a puklinové systémy v smere SSV-JJZ. Rozsah a stupeň tektonických prejavov v niektorých úsekoch profilu trasy tunela poukazuje na detailné tektonické prepracovanie (Obr. 1, 2, 4), ako aj na deštrukciu hornín vplyvom vrásnenia. Vzhľadom na nízku rigiditu vrstiev ílovcov mali niektoré úseky charakter tektonických zón. V týchto deformovaných zónach boli vrstvy výrazne prevrásnené, tektonicky prepracované, často s prítokmi vody. Hydrogeologické pomery sa podrobne overili

prieskumnou štôľňou razenou v trase severnej tunelovej rúry smerom od západného portálu na dĺžke 302,2 m. Úniková štôľňa zabezpečovala čiastočné odvodnenie masívu, čo sa prejavilo menšími prítokmi podzemných vôd v JTR. Obeh podzemnej vody v tuneli bol viazaný prevažne na tektonické zóny a rozhranie litologických typov hornín.



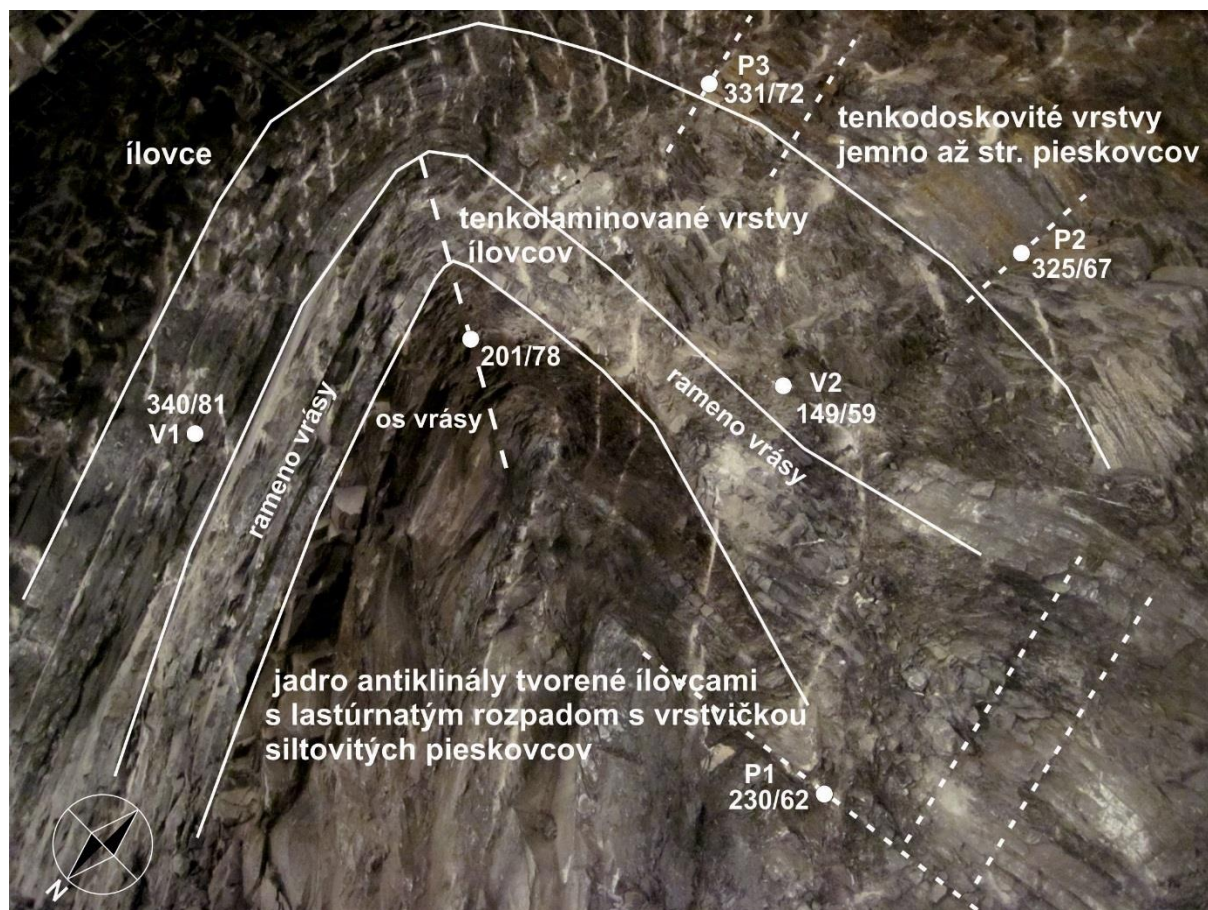
Obr. 1 Inžinierskogeologická a tektonická mapa tunela Polana (Szabó a Moravanský, 2016)
Fig. 1 Engineering geological and tectonic map of the tunnel Polana (Szabó & Moravanský, 2016)

4 Úložné pomery v profile trasy južnej tunelovej rúry

V smere od západného portálu sú vrstvy ílovcov a pieskovcov uložené subhorizontálne a sú silne zvetrané. V ďalšom priebehu, približne od 180 m, nastáva plynulé zostrmenie vrstiev do sklonov 45 až 75° smerom k severu, dosah zóny zvetrávania je v tesnom nadloží kaloty. Masív je v úseku od 180 po 292 m výrazne prevrásnený so zmenou orientácie vrstevnatosti (Obr. 4). V tomto úseku vystupuje výrazná antiklinálna štruktúra (Obr. 2). V ďalšom pokračovaní sú vrstvy strmo uložené v sklone 45 až 80° k severu. Približne od 680 m sú vrstvy v sklone 40 až 60° smerom k SV. V oblasti východného portálu prevládajú pieskovce (Obr. 3) s niekoľkými systémami puklín vyplnenými ílovou, prípadne piesčitou výplňou so sklonom vrstiev 40 až 60° smerom k SV. Na úseku od 780 do 896 m sú vrstvy pieskovcov a ílovcov silne zvetrané.

5 Inžinierskogeologické a geotechnické pomery zistené trase pravej tunelovej rúry

V oblasti pravej tunelovej rúry sa masív na základe priebežnej dokumentácie vyrazených záberov rozčlenil na desať úsekov – kvázi homogénnych blokov – s podobnými inžinierskogeologickými a geotechnickými charakteristikami horninového masívu. Medzi najdôležitejšie patria zastúpenie jednotlivých litologických typov hornín, stupeň pevnosti, zvetranie, tektonické porušenie, vrstevnatosť, roztvorenosť a výplň puklín, RQD, klasifikácia podľa RMR a QTS (Bieniawski, 1989, Tesař, 1989), prítomnosť podzemnej vody, geologicky podmienené nadvýlomy a konvergenčné merania. Tieto charakteristiky majú najväčší vplyv na spôsob razenia, dĺžku jednotlivých záberov a stabilitu masívu. Vyčlenené kvázi homogénne bloky sú zobrazené v Tab. 1.



Obr. 2 Vľavo: Kalota ZK-197 – antiklinálna štruktúra (P-pukliny, V – vrstevnatosť). Jadro antiklinály tvoria ílovce s lastúrnatým rozpadom, v ramenách vrásky vystupujú tenkolaminované ílovce, hrebeň antiklinály tvoria tenkodoskovité jemnozrné až strednozrné pieskovce. Staničenie kaloty: 213,0 m (foto: Szabó)

Fig. 2 Left side: Top heading ZK-197 – anticlinal rock structure (P-joints, V – bedding). In the core of this anticlinal rock structure are present claystone with scallop-shaped disintegration, in the arms – thinly laminated claystones and in the crest – thin bedded fine to medium-grained sandstones. Chainage of top heading: 213,0 m (photo: Szabó)

Priebeh a dĺžku razenia pravej tunelovej rúry ovplyvnili značne rozsiahle tektonické zóny v KHB. Nepriaznivé podmienky razenia v prevrásnenom masíve boli počas výstavby tunela hlavne v KHB 2, 3, 5, 6, 7 a 10. Tektonické poruchy boli viazané na rozhranie pieskovcov s ílovcami alebo na miesta s veľkou hustotou diskontinuit. V takých zónach bol masív značne pretvorený a s prítokmi podzemnej vody do tunelovej rúry (prítoky vody boli na úrovni 0,1 až 1,0 l/s). Masívne bloky hornín (až 1 000 mm) sa rozpadali pozdĺž puklín na úlomky (s veľkosťou až 20 – 60 mm) až bloky (s veľkosťou 100 – 300 mm), na plochách diskontinuit boli povlaky ílu, prípadne piesok. V KHB 6 a 7 (úsek TM 500 až 670) sa nepriaznivé geologické podmienky prejavovali veľmi výrazne na priebehu konvergenčných meraní. Počas razenia došlo k podkopaniu viacerých tektonických zón (s prevažne sledným charakterom) a následnému rozvoľneniu masívu. Navyše v uvedenom úseku bol horninový masív natoľko pretvorený, že deformácie dosiahli limitné varovné stavy. Najväčšie deformácie sa zmerali v zvislom smere, pričom pri niektorých sa dosiahol dvojnásobok hodnôt varovných stavov (hodnota varovného stavu sa stanovila na $A = 60$ mm). V tomto úseku bol priebeh deformácií

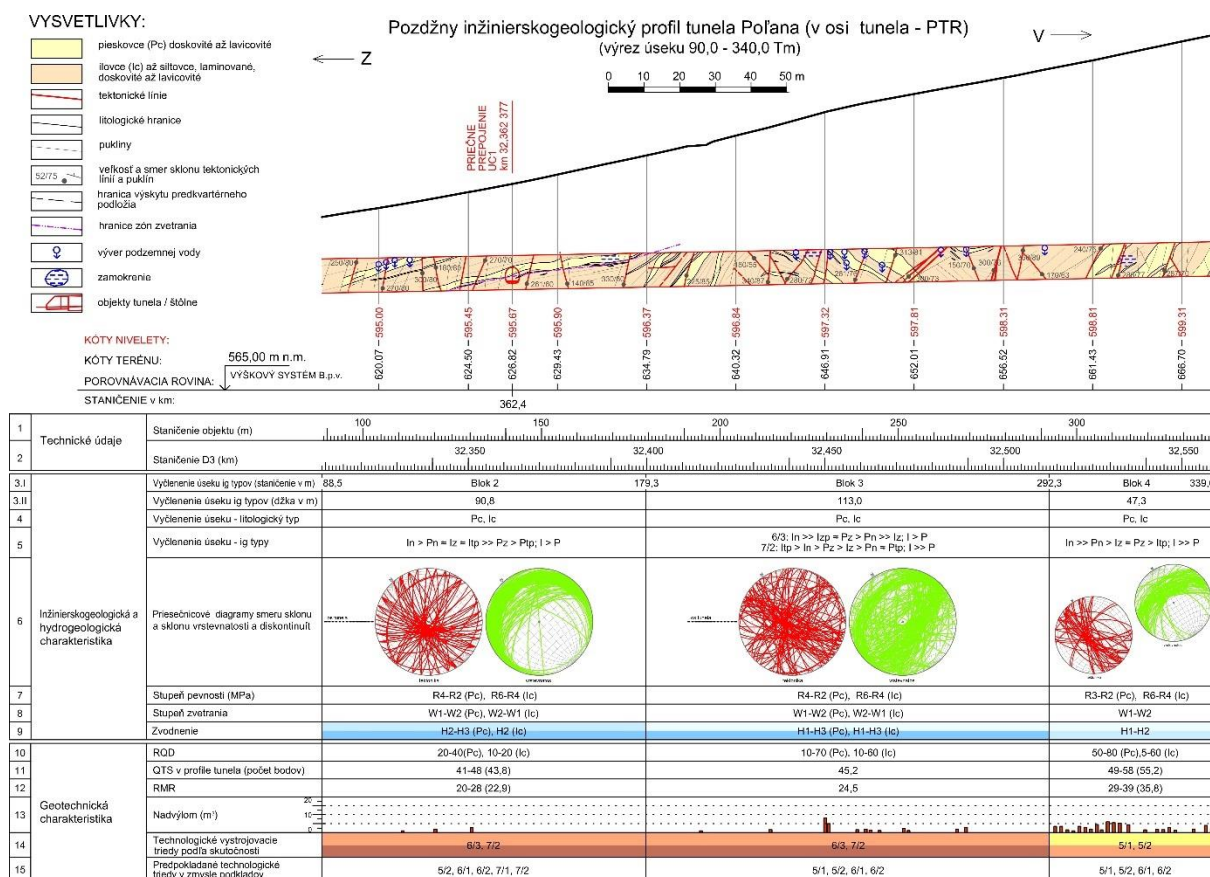
náhly, s pozvoľným ustálením pohybov. Geologické podmienky boli také nepriaznivé, že v úseku TM 536 až 608 bolo treba uzatvárať kalotu provizórnym dnom.



Obr. 3 Kalota VK-0023 – ilovce na kontakte s pieskovcami. Staničenie kaloty: 836,5m (foto: Szabó).

Fig. 3 Top heading VK-0023 – tectonical contact os claystones and sandstones. Chainage of top heading: 836,5m (photo: Szabó).

Zistené inžinierskogeologické a geotechnické podmienky v pravej tunelovej rúre sa výrazne odlišovali od predpokladaných geologických podmienok uvedených v IGHP podkladoch.



Obr. 4 Výrez z pozdžneho inžinierskogeologického profilu tunela Poľana, (Szabó, 2016)
 Fig. 4 Part of the engineering geological longitudinal profile of the west and east tunnel tube, tunnel Poľana, (Szabó, 2016)

Tab. 1 Kvázi homogénne bloky a zastúpenie IG typov (I = ilovec, P = pieskovec, n = zdravý až navetraný, z = silno až slabo zvetraný, tp = tektonicky porušený) v trase pravej tunelovej rúry tunela Poľana

Tab. 1 Quasihomogenous block and representation of IG types (I = claystone, P = sandstone, n = fresh to faintlyweathered, z = highly to slightly weathered, tp = tectonical damaged) in the engineering geological longitudinal profile of the west and east tunnel tube of right tunnel tube, tunnel Poľana.

KHB	Staničenie trasy				Dĺžka bloku (m)	IG typy	Vystrojovacia trieda	RMR
	od (km)	do (km)	od (m)	do (m)				
1	32,2205	32,3090	0,0	88,5	88,5	$I_{tp} > P_z \approx P_n \approx P_{tp} > I_n \approx I_z; P > I$ prechod do $I_{tp} \approx P_n > I_z > I_n >> P_z; I > P$	7/2 (72,5 m), 7/3 (16m)	17 – 27; priemerná hodnota 19,6
2	32,3090	32,3998	88,5	179,3	90,8	$I_n > P_n \approx I_z \approx I_{tp} >> P_z > P_{tp}; I > P$	6/3 (46 m), 7/2 (44,8 m)	20 – 28; priemerná hodnota 22,9
3	32,3998	32,5128	179,3	292,3	113,0	$6/3: I_n >> I_{tp} \approx P_z > P_n >> I_z; I > P$ $7/2: I_{tp} > I_n > P_z > I_z > P_n \approx P_{tp}; I >> P$	6/3 (72,2 m), 7/2 (40,8 m)	6/3: 22 – 30; 7/2: 17 – 22; priemerná hodnota 24,5
4	32,5128	32,5601	292,3	339,6	47,3	$I_n >> P_n > I_z \approx P_z > I_{tp}; I >> P$	5/1 (19,8 m), 5/2 (27,5 m)	29 – 39; priemerná hodnota 35,8
5	32,5601	32,6310	339,6	410,5	70,9	$I_n >> I_{tp} > I_z > P_n; I >> P$	6/1 (6,7 m + NZ 39,0 m = 45,7 m), 6/2 (NZ 5,1 m), 6/3 (14,1 m), 7/1 (NZ 6,0 m)	24 – 34; priemerná hodnota 30,4

6	32,6310	32,8357	410,5	615,2	204,7	$I_n \gg I_p \gg I_z > P_n > P_z; I \gg P$	6/3 (204,7 m)	19 – 33; priemerná hodnota 25,6
7	32,8357	32,8948	615,2	674,3	59,1	$I_n \gg I_p \gg I_z > P_n; I (\gg P)$	6/1 (NZ 32,4 m) 6/2 (NZ 20,7 m) 7/1 (NZ 6,0 m)	28 – 32; priemerná hodnota 29,3
8	32,8948	32,9801	674,3	759,6	85,3	$P_n \gg P_z \approx I_n > I_z \gg I_p; P \gg I$	5/2 (85,3 m)	34 – 37; priemerná hodnota 35,5
9	32,9801	33,0596	759,6	839,1	79,5	$P_z > P_n \gg I_z \approx I_n > I_p; P \gg I$	6/3 (79,5 m) 7/3 (14,8 m)	25 – 35; priemerná hodnota 30
10	33,0596	33,0797	839,1	859,2	20,1	7/1: $P_n \approx P_z > I_z \approx I_p; P > I$ 7/3: $I_z \approx P_z > I_p \gg I_n \approx P_p \approx P_n; I > P$	7/1 (5,3 m) 7/3 (14,8 m)	16 – 25; priemerná hodnota 21,5

Zdroj: Geofos, s.r.o., archív Št. geol. úst. D. Štúra

Zdroj: Geofos, s.r.o., archives of State Geological Institute of D. Štúra

6 Záver

Skúsenosti pri razení tunelov vo flyšovom alebo podobnom geologickom prostredí (tunely Laliki, Šibeník, Poľana, Svrčinovec, Žilina a Ovčiarsko) ukazujú, že odlišnosti medzi hodnotami RMR a QTS v IGHP podkladoch a hodnotami skutočne zistenými razením treba chápať ako dôsledok vyhodnotenia bodového prieskumu bez orientovaných štruktúr (jednotlivé etapy IG prieskumu) a plošného vyhodnotenia výrubu počas realizácie razenia s možnosťou získania ďalších doplnujúcich údajov.

Hlavné rozdiely oproti predpokladu z IGHP podkladov boli najmä:

- v dĺžke KHB,
- použití a percentuálnom zastúpení vystrojovacích tried,
- tektonickom rozvoľnení masívu,
- zastúpení ílovcov a pieskovcov,
- vo veľkosti blokov,
- v prítokoch podzemnej vody do tunela,
- a v hodnotách RMR klasifikácie.

Hodnoty bodov RMR klasifikácie uvedené v IGHP podkladoch boli vo väčšine KHB vyššie ako RMR, ktoré sa skutočne zistili razením. Celkové dĺžky použitých vystrojovacích tried sú uvedené v Tab. 2

Tab. 2 Použitie vystrojovacích tried pri razení pravej tunelovej rúry tunela Poľana.

Tab. 2 Tunneling classes used during mining of right tunnel tube, tunnel Poľana.

Úsek	Vystrojovacia trieda	Celková dĺžka – predpoklad (m)	Celková dĺžka – zistená (m)	Rozdiel predp. – zist. (m)
KHB 1 - 10	4/1	30,0	0,0	-30,0
	5/1	1 62,1	18,1	-144,0
	5/2	228,4	112,8	-115,6
	6/1	129,1	79,3	-49,8
	6/2	164,0	18,2	-145,8
	6/3	0,0	433,2	433,2
	7/1	65,0	11,1	-53,9
	7/2	52,0	155,7	103,7
	7/3	30,0	32,2	2,2

Zdroj: Geofos, s.r.o., archív Št. geol. úst. D. Štúra

Zdroj: Geofos, s.r.o., archives of State Geological Institute of D. Štúra

Literatúra

Bieniawski, Z. T., 1989: Engineering Rock Mass Classification: a complete manual for engineers and geologist in mining, civil and petroleum engineering. A Wiley-Interscience publication, 249 s.

- Plšková, M., Steiger, M., Szabó, S., Sloboda, J., Moravanský, D., Šindelář, M., 2016: 203-06 a 203-07 Geotechnický a seizmický monitoring tunela Poľana. Záverečná správa, Diaľnica D3 Svrčinovec – Skalité, Geofos, s.r.o., archív Št. geol. úst. D. Štúra, 112 s.
- Potfaj, M., 2003: Vysvetlivky ku geologickej mape regiónu Kysuce. M 1:50 000, ŠGÚDŠ, Bratislava: Vydavateľstvo D. Štúra.
- STN 737507 Projektovanie tunelov na cestných komunikáciách, 2001-06.
- Tesař, O., 1989: Klasifikace skalných a poloskalných hornín pro podzemní stavby. Autoreferát k disertační práci. Ved. rada UK Praha, 23 s.