

# VÝZNAM REALIZÁCIE PRIESKUMNEJ ŠTÓLNE PRE TUNEL VIŠŇOVÉ

## THE IMPORTANCE OF THE EXPLORATION GALLERY DRIVEN FOR THE VIŠŇOVÉ TUNNEL

ANTONÍN MATEJČEK, JÚLIUS BOHYNÍK

### PŘÍRODNÉ A GEOLOGICKÉ POMERY

Tunel Višňové je súčasťou diaľničného úseku D1 Lietavská Lúčka – Turany a po vybudovaní bude svojou dĺžkou 7 404 km najdlhším tunelom slovenskej diaľničnej siete. So zreteľom na jeho dĺžku, náročné geomorfologické pomery územia Malej Fatry v jeho koridore (obr. 1, 3), nebolo možné realizovať prieskum žiadnou inou metódou ako prieskumnou štôľňou.

Vývoj hodnotenia horninového masívu v koridore tunela Višňové je viazaný na zmeny koncepcie situovania trasy diaľnice v etapách inžinierskogeologických štúdií pred a v etape hodnotenia vplyvov na životné prostredie v rokoch 1995–1997. Na základe výsledkov hodnotenia bol odporúčaný tunelový variant A v severnej časti koridoru tunela (obr. 2).

V rokoch 1997–1998 bol realizovaný orientačný inžinierskogeologický prieskum (1) v spolupráci so spoločnosťou GEOFOS, s. r. o., Žilina. Pri prieskume boli využité tak metódy geofyzikálneho a vrtného prieskumu, ako aj zhodnotenia koridoru s využitím terénnych inžinierskogeologických metód s vypracovaním prognózy inžinierskogeologických, geotechnických a hydrogeologických pomerov v zmysle metodiky normy Sia198. Výraznou zmenou v príprave tunela v tejto etape prác bol návrh a projekčné prijatie zmeny smerového vedenia trasy tunela zo severnej do južnej časti koridoru pre prognózu priaznivejších pomerov tohto variantu. Zmena bola realizovaná už v priebehu etapy orientačného prieskumu.

Komplexné zhodnotenie inžinierskogeologických pomerov v etape realizácie prieskumných prác bolo spracované čiastkovými záverečnými prácami č. 1 až č. 7 a záverečnou správou v 12/2002 (3).

Na základe výsledkov doteraz vyrazených úsekov prieskumnej štôľne sú geologická stavba, ale najmä tektonický vývoj územia veľmi komplikované s výrazným dosahom na kvalitu a heterogenitu horninového masívu. Horninový masív Malej Fatry, v ktorej je situovaný koridor tunela, bol postihnutý deformáciami v etape herzýnskej, alpínskej tektoniky a v etape neotektonického vývoja. Na základe analýzy vývoja masívu, najmä najmladších etáp, bolo možné vysvetliť heterogenitu geotechnických pomerov, ale najmä zložitost' a aktivitu hydrogeologických pomerov, najmä v zónach s extenzným vývojom.

V zmysle regionálneho geomorfologického členenia Slovenska je územie v úseku diaľnice D1 Višňové – Dubná Skala súčasťou Fatransko-tatranskej oblasti. Masív zo strany Višňového (západný portál) patrí do celku Žilinskej kotliny. Masív Malej Fatry je súčasťou celku Malá Fatra, podcelku Lúčanská Fatra, oddielu Lúčanské Veterné hole. Východný portál leží na rozhraní celku Turčianska kotlina, podcelku Turčianske nivy.



Obr. 1 Morfologická členitosť severnej časti Lúčanskej Malej Fatry v koridore tunela Višňové

Fig. 1 Dissected topography of the northern part of the Lúčanská Malá Fatra in Višňové tunnel corridor

### NATURAL AND GEOLOGICAL CONDITIONS

The Višňové tunnel is part of the D1 motorway section between Lietavská Lúčka and Turany. Once the tunnel is completed, its length of 7.404km will make it the longest tunnel within the Slovakian motorway network. Because of its length and difficult geomorphological conditions of the area of the Malá Fatra mountain range through which the tunnel corridor passes (see Figures 1 and 3), no survey method was possible other than an exploration gallery.

The development of the assessment of the rock mass in the corridor of the Višňové tunnel is associated with changes in the concept of the motorway alignment in the stages of engineering geological studies before and during the environmental impacts analysis in the years 1995–1997. The results of the analysis led to a recommendation to use the tunnel variant A in the northern part of the tunnel corridor (see Fig. 2).

In 1997–1998, an orientation engineering geological survey (1) was carried out in co-operation with GEOFOS s.r.o. Žilina. The survey was performed using both geophysical and drilling methods and an assessment of the corridor by means of field engineering geological methods, resulting in a prognosis for engineering geological, geotechnical and hydrogeological conditions, which were carried out according to the principles required by the Sia198 standard. In this stage of the work, a substantial change in the preparation of the tunnel was brought about by a proposal, which was accepted, for a change in the tunnel alignment design. The horizontal alignment was relocated from the northern part of the corridor to the south because of a prognosis of better geotechnical conditions for this variant. The change was implemented as early as the stage of the orientation survey.

A comprehensive assessment of the engineering geological conditions in the stage of the survey operations was developed in partial closing studies No. 1 through No. 7 and the final report in December 2002 (3). The results of the assessment of the till now completed sections of the exploration gallery show that the geological structure, but mainly the tectonic history of the area, is very complicated, with a significant impact on quality and heterogeneity of the rock mass.

In terms of the regional geomorphological division of Slovakia, the area along the Višňové – Dubná Skala section of the D1 motorway is part of the Fatra-Tatra region. The massif from the Višňové side (the western portal) is part of the Žilina basin. The Malá Fatra massif is part of the Malá Fatra unit, sub-unit Lúčanská Fatra, section Lúčanská Veterná Hoha. The eastern portal lies at the boundary of the Turčianská basin unit and Turčianská flood plain.

In terms of seismism in the meaning of STN 73 0036 Seismic Action on Structures (09.1997), the area in question is found in a source area of seismic risk 2. The closest earthquake registered in the history occurred in Žilina, in the region of Minoľča. The basic seismic acceleration for this region is  $\alpha_T=1,0 \text{ m.s}^{-2}$ .

### THE BASIC CHARACTERISTIC OF THE EXPLORATION GALLERY AND VIŠŇOVÉ TUNNEL

The Višňové tunnel is designed within the corridor of the motorway route as a twin-tube tunnel, with the southern tunnel tube (STT) and northern tunnel tube (NTT). The 7480.23m long exploration gallery was driven with the aim of verifying the basic engineering geological conditions. The gallery was driven from 11/1998 to 08/2002. Part of the works was the excavation of a dismantling chamber (DM) for the purpose of dismantling a tunnel boring machine, which was carried out from 09/2002 to 11/2002. In the first stage of the works, after completion of cross passages, the exploration gallery will be used as an escape gallery for the previously completed STT (2).

Z hľadiska seizmicity v zmysle STN 73 0036, Seizmické zaťaženie stavieb (09.1997), sa predmetné územie nachádza v zdrojovej oblasti seizmického rizika 2. Najbližšie historicky zaznamenané zemetrasenie bolo zaznamenané v Žiline, v oblasti Minčola. Základné seizmické zrýchlenie pre túto oblasť je  $\alpha_T=1,0 \text{ m.s}^{-2}$ .

## ZÁKLADNÁ CHARAKTERISTIKA PRIESKUMNEJ ŠTÓLNE A TUNELA VIŠŇOVÉ

Tunel Višňové je projektovaný v koridore trasy diaľnice ako dvojrúrovňový, s južnou tunelovou rúrou (JTR) a severnou tunelovou rúrou (STR). Pre overenie základných inžiniersko-geologických pomerov bola v JTR realizovaná prieskumná štôlna s dĺžkou 7 480,23 m. Prieskumná štôlna bola razená od 11/1998 do 8/2002. Súčasťou prác bolo aj vyrazenie demontážnej komory (DM) pre účely demontáže raziaceho stroja, ktorá prebehla v období 9/2002–11/2002. Prieskumná štôlna v prvej etape prác po úprave a vybudovaní prepojovacích chodieb bude slúžiť ako úniková štôlna pre skôr vybudovanú STR (2).

## METODIKA KOMPLEXNÉHO HODNOTENIA GEOTECHNICKÝCH POMEROV

Pre účely komplexného hodnotenia geotechnických pomerov bol horninový masív rozčlenený v hierarchických rovinách na nasledovné typy, bloky a úseky a s rovnakými vlastnosťami:

- 1) litologické typy v zmysle základného geologického členenia,
- 2) inžiniersko-geologické a geotechnické typy (ig, gt typ) hornín z hľadiska špecifikácie geotechnických vlastností,
- 3) kvázihomogénne bloky,
- 4) geotechnické úseky.

Litologické typy reprezentujú základné stratigrafické členenie. Podľa členenie v zmysle regionálnej inžiniersko-geologickej klasifikácie Slovenska je tunel situovaný v regióne jadrových pohorí, v oblasti vysokých pohorí – Malá Fatra a v regióne tektonických vkleslín s oblasťami vnútrohorských kotlín tektonického pôvodu, Žilinskou a Turčianskou kotlinou.

Na základe doterajších prác horninový masív je budovaný formáciami hornín:

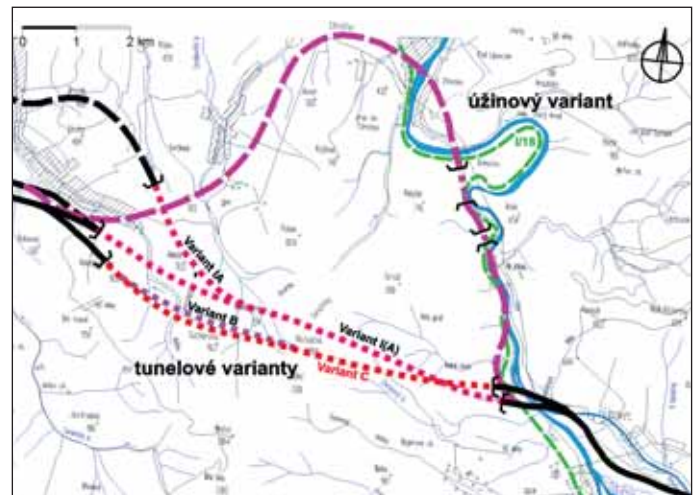
- **flyšovej formácie** zastúpenej ílovcovým komplexom centrálnokarpatského paleogénu,
- **pestrou pieskovo-slieňovcovo-vápencovou formáciou** komplexu vrchného triasu a spodnej jury (lias),
- **vápencovo-dolomitckej formácie**, zastúpenej komplexom triasových karbonatických hornín križňanského príkrovu Malej Fatry v západnej časti trasy tunela,
- **spodnou terigénnou formáciou** spodného triasu obalovej, malofatranskej jednotky,
- **formáciou variských granitoidov**, ktorá je reprezentovaná jadrom Malej Fatry.

(Viz tab. 1 na str. 14)

Razené úseky prieskumnej štôlne boli s postupom razenia, samostatne od ZP aj od VP, rozčlenené podľa zastúpenia ig a gt typov, tektonických a hydrogeologických pomerov do **kvázihomogénnych blokov**. Bloky už charakterizovali prevládajúce geotechnické podmienky razenia vyjadrené priradenými technologickými triedami v zmysle NRTM a TBM. Kritéria začlenenia razených úsekov do tried zodpovedali podkladom DSN, resp. boli v úseku TBM na základe možnosti hodnotenia prispôbené objektívnym podmienkam (upravená Sia198).

V úseku razenom zo ZP bolo v celej dĺžke vyčlenených 33 základných blokov s označením Z1-33, s 80 podblokmi. V úseku razenom z VP bolo vyčlenených 46 základných blokov s označením V1-46, s 112 vyčlenenými podblokmi. Celkom v masíve štôlne bolo vyčlenených 192 kvázihomogénnych blokov. Štôlna bola aj členená na úseky podľa triedy razenia. V celkovej dĺžke štôlne 7 480,3 m sa trieda zmenila 311 x. Počet vyčlenených úsekov poukazuje na výraznú heterogenitu horninového masívu. V každom úseku so zmenou zatriedenia bol charakteru masívu prispôbený rozsah a druh vystrojovacích prvkov na zabezpečenie stability výrubu.

Pre účely optimálneho členenia masívu pri raziacich prácach tunela bol horninový masív rozčlenený na **geotechnické úseky**. V masíve tunela Višňové bolo celkom vyčlenených 7 typov geotechnických úsekov 1-2-3-4-5-6a-6b. Pri rozčlenení boli zohľadnené zastúpenie predpokladaných ig a gt typov, najmä zo skupiny nepriaznivých, so zohľadnením geotechnických vlastností s interpretáciou možnosti výskytu nepriaznivých geotechnických pomerov.



Obr. 2 Variantné riešenia trasy diaľnice v etape hodnotenia EIA  
Fig. 2 A design variant of the motorway alignment in the EIA stage

## THE METHODOLOGY FOR COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF GEOTECHNICAL CONDITIONS

The rock mass was divided for the purpose of the comprehensive assessment of geotechnical parameters in hierarchic levels into the following types, blocks and sections with identical properties:

- 1) lithological types in the meaning of the basic geological classification,
- 2) engineering geological and geotechnical types (eg, gt types) of rock from the aspect of specification of geotechnical properties,
- 3) quasi-homogeneous blocks,
- 4) geotechnical sections.

The lithological types represent the basic stratigraphic categorisation. In terms of the regional engineering geological classification of Slovakia, the tunnel is located in a region of core mountain ranges, in an area of high mountain ranges (the Malá Fatra) and in a region of trough faults with areas of intramontane basins of tectonic origin (Žilina and Turčiansky basins).

According to the existing documents, the rock mass consists of the following rock formations:

- **a flysh formation**, which is represented by a clay complex of the central Carpathian Palaeogene,
- **a variable sandstone-marlstone-limestone formation** of the Upper Triassic and Lower Jurassic (lias) complex
- **limestone-dolomitic formation**, which is represented by a complex of the Triassic carbonate rock of the Križňany nappe of the Malá Fatra
- **a lower terigene formation** of the Lower Triassic of the nappe of the Malá Fatra unit,
- **a Variscan granitoid formation**, which is represented by the core of the Malá Fatra.

(See table 1 on page 15)

The mined sections of the exploration gallery were divided with the advancing heading, separately for the headings from the WP and EP, according to the proportions of the eg and gt types and the tectonic and hydrogeological conditions, into **quasi-homogeneous blocks**. The blocks already characterised the prevailing geotechnical conditions of excavation expressed by the excavation support classes specified for the NATM and TBM application. The criteria for the classification of the mined sections corresponded to the final design or, in the TBM section, were adapted to objective conditions where the assessments allowed it (amended Sia198).

There were 33 basic blocks determined within the whole length of the section driven from the WP. The blocks were marked W1-33; they consisted of 80 sub-blocks. There were 46 basic blocks determined in the section driven from the EP, marked E1-46, with 112 determined sub-blocks. In total, there were 192 quasi-homogeneous blocks determined in the massif passed through by the gallery. In addition, the gallery was divided into sections according to the excavation classes. The class changed three hundred eleven times along the total length of the

**LITOLOGICKÁ NEROVNORODOSŤ HORNINOVÉHO MASÍVU PRIESKUMNEJ ŠTOLNE  
(JUŽNEJ TUNELOVEJ RÚRY) SO ZÁKLADNÝMI GEOTECHNICKÝMI ÚDAJMI**

Vyčlenenie úseku v absolútnom staničení JTR		Dĺžka	Geologický vek	Dominujúce ig-typy	Inžinierskogeologická charakteristika	Pevnosť v prostom tlaku $\sigma_c$	Uhol vnútorného trenia $\phi$	Modul deformácie in situ
od	do	(m)				(Mpa)	(°)	(Mpa)
<b>CENTRÁLNO - KARPATSKÝ PALEOGÉN</b>								
1000	1115	115	paleogén - hutiansky vývoj	Ipz, Ipn, Iptp	flavec piesčité, laminovaný až tenkodoskovitý s polohami siltovcov	4-20	18 - 30	12 - 45
				Pz, Pn, Ptp	pieskovec, lokálne drobnozrnný zlepenec, doskovitý až lavicovitý			
1115	2399	1284	<b>MEZOZOIKUM - fatikum - križňanská tektonická jednotka</b>					
1115	1258	441	lias - allgäuske vrstvy	Bstp	slienité bridlice, tmavosivej až čiernej, zbrídlíčnatené „kunerádsky zlom“	25 – 60	30 - 32	100 - 800
				Vstp	flóvité vápence „typ fleckenmergel“, „kunerádsky zlom“ - budinované			
			vrchný trias rét (kontaktná zóna)	Vvtp, Brtp	piesčité vápence, so zastúpením v budinách (rét) a bridlíc - úzke zóny			
1258	1780	522	stredný až vrchný trias (nečlenený)	Vgz, Vgn, Vgtp	vápenec gutensteinského typu, doskovitý až lavicovitý, lok. kras	30 – 100	36 - 48	300-1000
				Dz, Dn, Db, Dtp	dolomit tenkodoskovitý až masívny, polohy brekciovitých dolomitov			
				lktp	karbonatické flovice - karbonatický kataklazit, drvené dolomity s flóvitou výplňou a sadrovcom			
1780	2346	566	stredný až vrchný trias (nečlenený)	Vgn, Vgtp	vápenec doskovitý až lavicovitý, s zónami kliváží a zón brekcií	30 – 100	30 - 52	300 - 4 000
				Dn, Dtp	dolomit, tenkodoskovitý, ojedinele až lavicovitý, v poruchách až zvetraný - Dz podobne ako vápence Vgz - Vz.			
				Bk	brekcia karbonatická, hrdzavožltá, s rôznym stupňom litifikácie			
				TB	tektonická brekcia - všeobecne			
2346	2381	35	kataklazit regionálneho charakteru - nečlenený	Bk	kataklazit zemitého charakteru s úlomkami karbonátov	10 – 40	30 - 34	100 - 500
<b>MEZOZOIKUM - tatrikum - malofatranská (obalová) tektonická jednotka</b>								
2381	2399	18	spodný irias	Bqtp	kremitý pieskovec až kremenec, brekciovitý, kataklazovaný	20 – 50	35 - 40	300 - 800
				Brn, Brtp	bridlica flóvitá, červenofialová, kataklazovaná			
2399	8480	6081	<b>PALEOZOIKUM - Kryštalinikum</b>					
2399	2890	5289	kryštalinikum-mylonitizované	Gkn	tektonická melange, usmernennej, šmuhovitej textúry s budinami hornín	10 – 70	34 - 48	300 - 2400
				BrGtp	mylonitizovaný granitoid charakteru kryštalickej bridlice, čiernej farby, výraznej bridličnatej textúry			
				brmylGn, brmylGtp	granitoidný blastomylonit, usmernennej textúry, lokálne zbrídlíčnatený s polohami kryšt. bridlice			
2890	8480	5590	kryštalinikum	Gz, Gn, Gtp	granitoid prevažne tonalitového typu, všesmernej, nerovnomernej zrnitej, granitickej textúry	10 – 130	30 - 52	50 - 10000
				bGn	biotitický granodiorit, chloritizovaný, epidotizovaný, všesmernej textúry			
				pGn, pGtp	porfyrický granitoid, ružovosivý, s porfyrickými výrastlicami K-živcov, lokálne s prechodom do pegmatitoidov			
				hGn, hGtp	hybridný granitoid, tmavosivý, usmernennej textúry			
				MGn, MGtp	migmatizovaná rula až migmatit usmernennej až páskovanej textúry, ostro ohraničené resty			
				L	lamprofyr, zelený až tmavozelený			

Tabuľka 1

Vyššie definované členenie bolo možné na základe komplexného zhodnotenia geologickotektonických, inžinierskogeologických, geotechnických a hydrogeologických vlastností, so zhodnotením masívu v klasifikačných systémoch podľa RQD, ÖNORM B 2203, Sia 198, QTS, s vyjadrením technologických tried NRTM pre profil prieskumnej štolne a profil tunela v komplexných grafických výstupoch, v 100 m úsekoch štolne v mierke 1:100, mape geologicko-tektonickej nerovnorodosti masívu štolne v mierke 1:1000 a v pozdĺžnom profile štolne v mierke 1:5000/5000 (3).

gallery of 7480.3m. The number of the determined sections proves the significant heterogeneity of the rock massif. The scope of the excavation support and the amount and types of the support elements were adjusted in each section with the changing class, according to the character of the rock mass.

The rock massif was divided into geotechnical sections to allow optimum division in the course of the excavation. There were 7 types of geotechnical sections determined in the Višňové tunnel massif, i.e.

**LITHOLOGICAL HETEROGENEITY OF THE ROCK MASS ALONG THE EXPLORATION GALLERY ROUTE  
(THE SOUTHERN TUNNEL TUBE) WITH BASIC GEOTECHNICAL DATA**

Absolute chainage of the section		Length (m)	Geological age	Dominating eg-types	Engineering geological characteristic	Unconfined compressive strength $\sigma_c$	Angle of internal friction $\phi$	Modulus of in situ deformation
from	to					(Mpa)	(°)	(Mpa)
<b>CENTRAL CARPATHIAN PALAEOGENE</b>								
1000	1115	115	Palaeogene – Hutniany history	<b>Ipz, Ipn, Iptp</b>	claystone – sandy, laminated to thinly plated, with siltite interlayers	4-20	18 - 30	12 - 45
				<b>Pz, Pn, Ptp</b>	sandstone, locally fine-grained conglomerate, platy to heavy-bedded			
1115	2399	1284	<b>MESOZOIC - Fatricum - križňany tectonic unit</b>					
1115	1258	441	Lias - Allgäu layers	<b>Bstp</b>	marlaceous shale, dark grey to black, cleaved „Kunerád Fault“	25 – 60	30 - 32	100 - 800
				<b>Vstp</b>	clayey limestone „fleckenmergel type“, „Kunerád Fault“ - budinované			
			Upper Triassic - Rhaetian (contact zone)	<b>Vptp, Brtp</b>	sandy limestone, present in boudins (rét) and shale – narrow zones			
1258	1780	522	Medium to Upper Triassic (non-differentiated)	<b>Vgz, Vgn, Vgtp</b>	Gutenstein-type limestone, platy to heavy-bedded, locally karst	30 – 100	36 - 48	300-1000
				<b>Dz, Dn, Db, Dtp</b>	dolomite thinly bedded to massive, layers of brecciated dolomite			
				<b>Iktp</b>	carbonatic claystone - carbonatic cataclasis, sheared dolomite with clayey filling and gypsum			
1780	2346	566	Triassic (non-differentiated)	<b>Vgn, Vgtp</b>	limestone platy to heavy-bedded, with cleavage zones and brecciated zones	30 – 100	30 - 52	300 - 4 000
				<b>Dn, Dtp</b>	dolomite, thinly plated, sporadically to heavy-bedded, up to weathered in faults – Dz similarly to limestone Vgz - Vz.			
				<b>Bk</b>	carbonatic breccia, rusty-yellow, various degree of lithification			
				<b>TB</b>	tectonic breccia – generally			
2346	2381	35	Cataclasis of regional nature - non-differentiated	<b>Bk</b>	loamy cataclasis with carbonate fragments	10 – 40	30 - 34	100 - 500
<b>MESOZOIC - Fatricum – Malá Fatra (nappe) tectonic unit</b>								
2381	2399	18	Lower Iriassic	<b>Bqtp</b>	siliceous sandstone to quartzite, brecciated, cataclastic	20 – 50	35 - 40	300 - 800
				<b>Brn, Brtp</b>	clayey shale, red-violet, cataclastic			
2399	8480	6081	<b>PALAEOZOIC – Crystalline complex</b>					
2399	2890	5289	Crystalline complex - mylonitised	<b>Gkn</b>	tektonic mélange, aligned, smudgy texture with budines	10 – 70	34 - 48	300 - 2400
				<b>BrGtp</b>	mylonitised granitic rock, of crystalline schist character, black, pronounced schistous texture			
				<b>brmylGn, brmylGtp</b>	granitoid blastomylonite, aligned texture, locally cleaved, with layers of crystalline schist			
2890	8480	5590	Crystalline complex	<b>Gz, Gn, Gtp</b>	granitic rock mostly of tonalite type, omnidirectional, irregularly granular, granitic texture	10 – 130	30 - 52	50 - 10000
				<b>bGn</b>	biotite granodiorite, chloritised, epidotised, omnidirectional texture			
				<b>pGn, pGtp</b>	porphyritic granitic rock, pink-grey, with porphyric inlets, K-feldspar, locally with transition to pegmatitic rock			
				<b>hGn, hGtp</b>	hybrid granitic rock, dark grey, aligned texture			
				<b>MGn, MGtp</b>	migmatitised gneiss to migmatite aligned to banded texture, sharply bounded patches			
				<b>L</b>	lamprophyre, green to dark green			

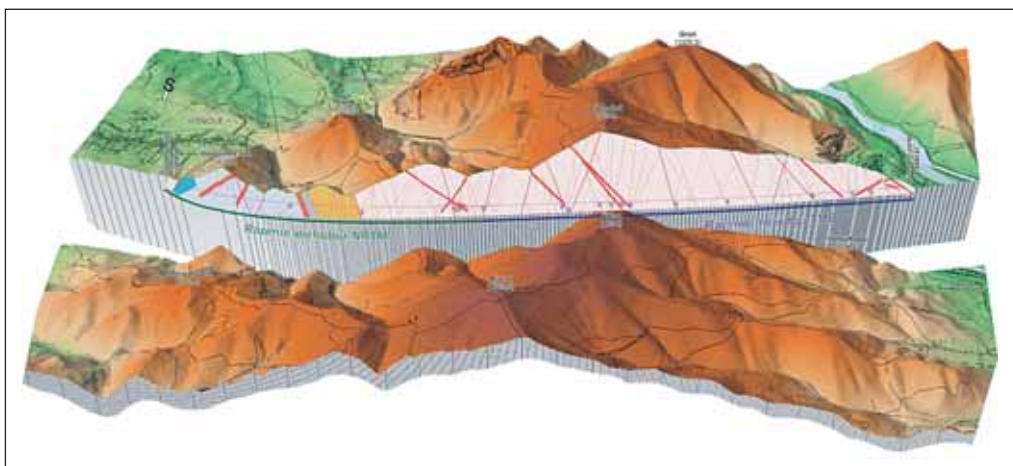
Table 1

Geologicko-tektonické pomery, rozčlenenie masívu na bloky vymedzené najvýraznejšou tektonikou s vyjadrením najvýznamnejších prítokov do štôlne je znázornené 3D rezom masívom koridoru tunela (obr. 3).

Porovnanie predpokladaných geotechnických pomerov vyjadrených v dokladoch DSN a skutočne overenými geotechnickými pomermi je spracované zo strany zhotoviteľa stavby v príspevku uverejnenom v časopise Tunel 2/2003 (2).

sections 1-2-3-4-5-6a-6b. When the sections were being determined, the proportion of the anticipated eg and gt types was taken into consideration, primarily those from the group of the unfavourable ones, taking into consideration geotechnical properties, with interpretation of the possibility of occurrence of unfavourable geotechnical conditions.

The above defined division could be performed on the basis of a comprehensive assessment of geological-tectonic, engineering-geological, geotechnical and hydrogeological properties, carried out together



Obr. 3 3 D model masívu tunela Višňové s geologicko-tektonickou stavbou  
Fig. 3 A 3D model of the Višňové tunnel massif with geological-tectonic pattern

Z geologických pomerov v prieskumnej štôlne (JTR) boli pomery interpretované do STR v mape geologicko-tektonickej nerovnorodosti masívu v koridore tunela (obr. 4). Rozčlenenie vyrazenej prieskumnej štôlne do tried je aj vyjadrené zložitými stavebno-technologickými podmienkami razenia prieskumnej štôlne, ktoré boli zhodnotené v záverečnej správe (3) a v príspevku zhotoviteľa diela v časopise TUNEL 2/2003 (2).

Popri úsekoch s priaznivými podmienkami razenia, ktoré reprezentujú **výraznú časť** horninového masívu, boli realizáciou prieskumnej štôlne overené a interpretované úseky s nepriaznivými banskotechnickými podmienkami prác s prítomnosťou rizikových faktorov. Jednotlivé, základné riziká boli analyzované pre celý úsek vyrazenej prieskumnej štôlne.

### CHARAKTERISTIKA HLAVNÝCH RIZÍK

Na základe vyrazenej prieskumnej štôlne bolo prostredie zhodnotené ako heterogénne z hľadiska:

- pestrej litologickej stavby, mineralogického zloženia hornín, produktov tektonických procesov, výplňových hornín a zemín v zónach diskontinuit;
- viacetapového tektonického vývoja so zastúpením základných textúrnych prvkov (vrstevnatosť u sedimentárnych hornín), kryštalická bridličnosť (zbridličnatenie, usmernenie kryštalických bridlíc a mylonitov), zón kataklázy a budináže a dilatantných zón v pásmach masívu s relatívnymi gravitačnými pohybmi, s rôznymi základnými smermi orientácie týchto nehomogenít, ktorého odrazom je rôzny stav a rozloženie napätostí masívu v okolí výrubu, a to aj z dlhodobého hľadiska;
- rôzneho stavu kvality (geotechnických parametrov) jednotlivých typov hornín z dôsledku zložitosti výrazného vplyvu endogénnych a exogénnych činiteľov, najmä tektonického vývoja, zvetrávania, gravitačného rozvolnenia masívu a porušenia svahovými pohybmi;
- zložitosti hydrogeologických podmienok, s predpokladom prúdenia podzemnej vody v systémoch otvorených diskontinuit a zón zlomov, so zložitou štruktúrou hydrogeologických kolektorov. Vyrazením prieskumnej štôlne sa umelo porušil systém prirodzených bariér a podzemným vodám sa umožnilo intenzívne odtekať cez štôľnu. Tým sa porušili hydraulické pomery podzemných vôd v masíve. Zmena pomerov v tesnom okolí štôlne je nevratná. Smerom do širšieho okolia sa postupom času vytvorí nový, upravený režim so zmenenými hydraulickými pomermi;
- hydrochemických vlastností vody, agresivity a vyluhovacích vlastností na vystrojovacie prvky a konštrukčné materiály.

V podmienkach razenia prieskumnej štôlne boli overené nasledovné druhy a skupiny rizík:

- **strata stability výrubu** v čelbe a stenách formou uvoľňovania úlomkov, blokov, nadvýlomov najmä v masívoch s:
  - a) nepriaznivými sklonmi vrstevnatosti paleogénnych hornín a hornín liasu, dominantnými systémami otvorených diskontinuit so sklonom do výrubu, v zónach otvorených plôch s ťlovou výplňou, resp. v zónach smerných s osou štôlne (uvoľňovanie blokov zo stien),
  - b) nepriaznivými geotechnickými parametrami, v intenzívne tektonicky porušených zónach,

with categorisation of the rock mass in RQD, ÖNORM B 2203, Sia 198, QTS classification systems, with presentation of the NATM excavation support classes for the profile of the exploration gallery and profile of the tunnel in comprehensive graphic outputs, i.e. in 100m-long sections of the gallery on a 1:100 scale, in a map of geological-tectonic heterogeneity of the mass in the gallery on a 1:1000 scale, and in a longitudinal section through the gallery on a 1:5000/5000 scale (3).

The geological-tectonic conditions, the division of the massif into the blocks with the most distinct tectonics with expression of the most

significant inflows into the gallery is shown in a 3D section through the massif along the tunnel corridor (see Fig. 3).

Comparison of the anticipated geotechnical conditions expressed in the final design with the actually verified conditions was presented by the contractor in a paper published in TUNEL 2/2003 (2).

The geological conditions encountered by the exploration gallery (STT) were interpreted for the NTT in the map of geological heterogeneity of the massif within the tunnel corridor (see Fig. 4). The division of the completed exploration gallery into classes is also expressed by complex technical specifications for the exploration gallery excavation, which were evaluated in the final report (3) and contractor's paper published in the TUNEL issue No. 2/2003 (2).

Apart from sections with favourable excavation conditions, which represent a **significant part** of the rock massif, there were sections within the alignment which were proven by the exploration gallery and interpreted as unfavourable mining conditions with the presence of risk factors. The individual basic risks were analysed for the entire length of the completed exploration gallery.

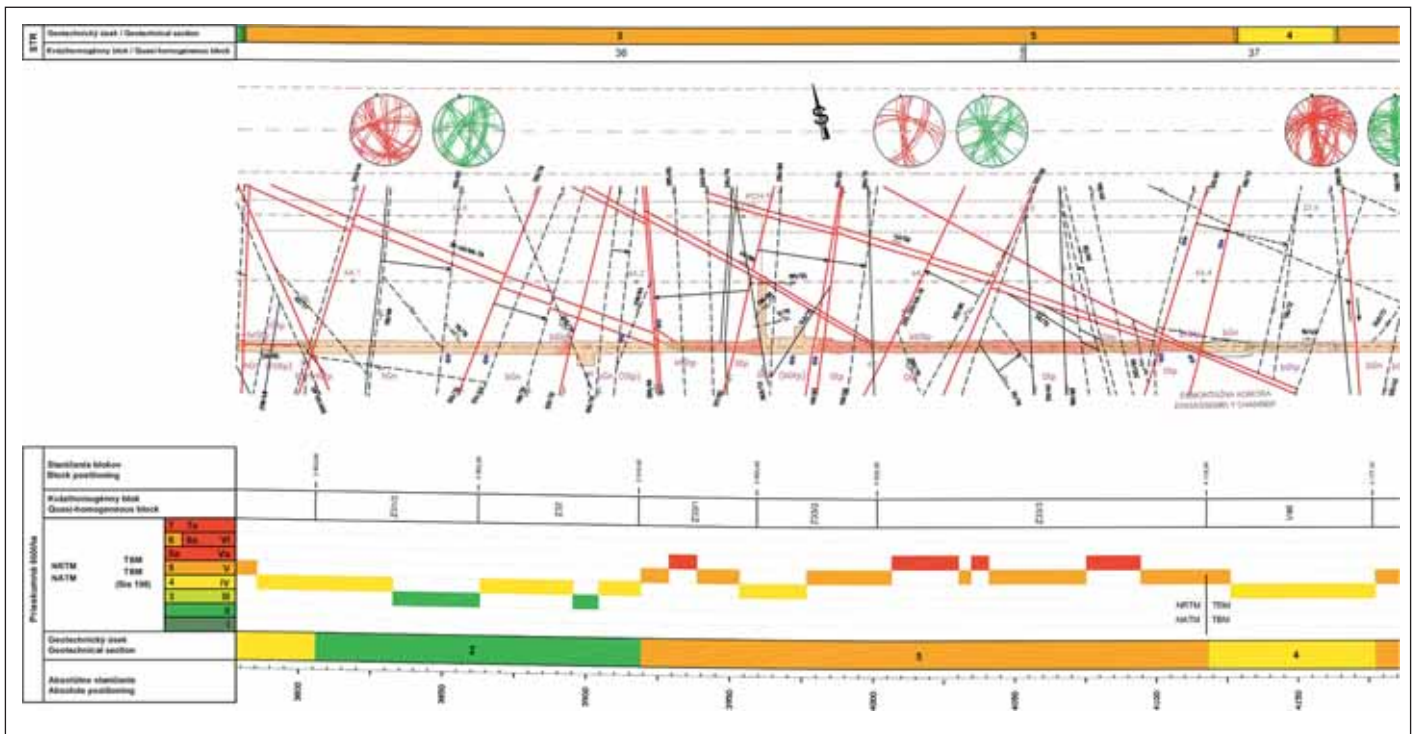
### CHARACTERISTIC OF THE MAIN RISKS

The environment was assessed on the basis of the information provided by the exploration gallery as heterogeneous in terms of:

- the varied lithological structure, mineralogical composition of rock, tectonic processes, filling rock and soils in discontinuity zones,
- the multi-stage tectonic history containing basic textural elements (layering in the case of sedimentary rock), crystalline schistosity (cleavage, alignment of crystalline schist and mylonite), cataclastic and boudinage zones, and dilatancy zones in the zones of the massif exhibiting relative gravity movements with various basic directions of orientation of these inhomogeneities; The varying state of the rock mass stress and distribution of the stress in the vicinity of the excavation, even in the long-term, is the consequence of this history,
- the varying state of quality (geotechnical parameters) of individual rock types resulting from the complicated nature of the significant influence of endogenous and exogenous factors, mainly the tectonic history, weathering, gravity loosening of the rock mass and failures due to mass movements.
- complexity of hydrogeological conditions with ground water assumed to flow in systems of open discontinuities and fault zones, with a complicated structure of aquifers. The excavation of the exploration gallery artificially disturbed the system of natural barriers and ground water was allowed to flow at a significant rate through the gallery. Thus the hydraulic conditions of ground water in the massif were disturbed. The change of the conditions in the close vicinity of the gallery is irreversible. A new modified regime with changed hydraulic conditions will develop in the more distant outer environment.
- hydrochemical properties of ground water, corrosivity and leaching properties acting on the support elements and building materials.

The following types and groups of risks were proven during the exploration gallery excavation:

- **loss of the excavation stability** at the face and side walls in the form of loosening of fragments, blocks or overbreaks, primarily in the rock mass exhibiting:
  - a) unfavourable slope of layers of Palaeogene rock and Liassic rock; dominating systems of open joints dipping toward the excavation face; in zones of open planes with clayey filling or zones approxi-



Obr. 4 Geologicko-tektonická mapa úseku prieskumnej štólne razenej zo ZP s vyčlenením na kvázihomogénnych blokov, tried razenia a geotechnických úsekov pre masív prieskumnej štólne (dole) a masív severnej tunelovej rúry (hore)

Fig. 4 Geological-tectonic map of the exploration gallery driven from the WP, with determination of quasi-homogeneous blocks, excavation classes and geotechnical sections for the massif passed by the exploration gallery (bottom) and massif to be passed by the northern tunnel tube (top)

- c) v zónach s prúdiacim, tlakovým účinkom podzemnej vody,  
d) vo výrazne rozvolnených zónach v okrajových častiach masívu, resp. v zónach katakláz;
- **strata stability v kalote** (v horninovej klenbe) čelby, resp. z predpolia, so vznikom nadvýlomov až závalov. Ku vzniku straty stability v kalote dochádzalo najmä:
    - a) v zónach smerných a otvorených diskontinuit (vo východnom okraji mezozoického masívu, vo vymedzených zónach v masíve kryštalinika),
    - b) v zónach s výrazným rozvolnením masívu, zvýraznený najmä pri krížení systémov a pri tlakovom účinku podzemnej vody. Takýmto prípadom je nadvýlom v úseku razenom NRTM zo ZP (obr. 4, 5), v bloku západne od demontážnej komory,
    - c) uvoľnením a „vytečením“ výplní, úlomkov, blokov horniny a zón porušenej horniny z priestoru kaloty a stien, najmä v miestach prítokov vody s tlakovým účinkom;
  - **nestabilita horniny a zeminy** ako produktu tektonického porušenia pri zmene vlhkosti a na styku s vodou ako:
    - a) objemové zmeny, napúčiavanie (dvihnutie koľajiska) v úsekoch ig typu Iktp, a mylonitizovaných granitoidoch,
    - b) rozbredanie, zmena geotechnických vlastností na styku s technologickou vodou, z úrovne poloskalnej horniny na zemínu, zo zemín pevnej, tvrdej konzistencie pri otvorení na zeminy s mäkkou až kašovitou konzistenciou, v zónach katakláz v mezozoiku a v kontaktnej zóne mezozoikum-kryštalinikum, problém s odtážbou rozbreďnutej rúbaniny,
    - c) prejav sadania a deformácii vystrojovacích prvkov (zatláčaním pätiiek, najmä však v zónach s degradáciou geotechnických parametrov horniny a zeminy) v zónach karbonatických kataklazitov – Iktp,
    - d) problém so zabezpečením kvality otekajúcej banskej vody do povrchového recipientu z dôvodu rozptýlenia ílových častíc v etape odtážby a čerpania vody, s dlhodobou sedimentáciou tohoto koloidného roztoku.

Väčšina zmien je spôsobená vplyvom minerálneho zloženia horniny, výplňových zemín, štruktúrnych väzieb a ílových minerálov, najmä zo skupiny smektitu, illitu a montmorilonitu, ako produktov dynamo-metamorfózy hornín.
  - **vývoj, rastom deformácii výrubu**, zvieranie stien podzemného diela v kataklaticky porušených zónach zosuvom porušenej paleogénu, mezozoika, kontaktných zón medzi tektonickými jednotkami (paleogén-mezozoikum; zóny kunerádskeho zlomu; mezozoikum-kryštalinikum; mylonitizované zóny kryštalinika; zbrídlíčenaté zóny

- mately parallel with the alignment of the gallery (blocks falling from the walls),
- b) unfavourable geotechnical parameters; in significantly tectonically disturbed zones,
- c) in zones under hydrostatic pressure of flowing ground water,
- d) in significantly loosened rock zones in fringe areas of the rock massif, or in cataclastic zones,
- **loss of the excavation stability** at the face of the top heading (the rock arch) or in the front zone, with occurrence of overbreaks or even caving. The loss of stability in the top heading occurred mainly:
  - a) in zones of joints crossing the gallery excavation at an acute angle and zones of open joints (on the eastern edge of the Mesozoic massif, in confined zones in the crystalline complex),
  - b) in zones with significant loosening of the massif, intensified most of all at crossings of the systems and in case of ground water pressure action. This is the case of an overbreak in the section driven by the NATM from the WP (see Figures 4, 5), in the block found west of the dismantling chamber,
  - c) releasing and “pouring” of the filling, debris, blocks of rock and zones of broken rock from the roof and side walls (mainly in locations of pressure water inflows),
- **instability of rock and soil** as a product of tectonic disturbance in the case of changed moisture and at the contact with water, for example:
  - a) volumetric changes, swelling (heaving of the rail) in the ig-type and Iktp-type, and in mylonitised granitic rock.
  - b) the rock becoming slushy, thus changing geotechnical conditions: at the contact with process water - from the level of semi-rock to soil, from hard and firm soil consistency to soft or even liquid when uncovered; in cataclastic zones and in the Mesozoic zone and the Mesozoic – crystalline complex contact zone; a problem with loading of the slushy muck.
  - c) manifestation of settlement and deformation of the support elements (settlement of footings, most of all in zones with the geotechnical parameters of the rock or soil degraded) in the zones with carbonatic cataclastics – Iktp,
  - d) the problem with quality of mine water discharging to a surface recipient - due to clay particles dispersion in the stage of the muck loading and water pumping, because of the process of sedimentation of the colloidal solution lasting very long.

The majority of the changes was caused by the mineral composition of the rock, the soil filling of joints, structural relationships and clay minerals, mainly those from the group of smectite, illite, montmorillonite, which are products of dynamic metamorphism of rock,



Obr. 5 Zával v úseku razenom technológiou NRTM v staničení 2900,0 m, na rozhraní blokov Z32 a Z33/1, po prívale podzemnej vody

Fig. 5 The collapse in the section driven by the NATM at 2900.0m chainage, at the intersection between the Z32 and Z33/1 blocks, after ground water breakout

v kryštaliniku, rozvolnené zóny s výrazným zvetraním v okrajovej časti kryštalického masívu). Maximálne deformácie boli namerané v zóne kataklazovaných karbonatických ílovcov s celkovou konvergenciou vo vodorovnom smere do 385 mm. Úsek bol sanovaný kompletným prebudovaním v etape výstavby únikovej štôlne;

● **sústredené ale aj rozptýlené prítoky až prívally podzemnej vody** s tlakovým režimom, tlakovým sufóznym účinkom vody v období razenia, alebo nestabilný vplyv skôr erodovaných a sufóziou vyplavených tektonických nehomogenít nevyplnených (korózný kras v mezozoiku) alebo sekundárne vodou vyplnených zón vplavením ílov s kašovitou konzistenciou (mezozoikum a kryštalinikum v okrajových častiach masívu). V dôsledku tlakovej sufózie rýchla zmena stability kataklazovaných a dynamometamorfovaných, zbridlíchnatých zón poloskalného až zemitého charakteru, najmä v zónach so stratou napätia (drvené, dilatantné zóny v mezozoiku a v kryštaliniku) za vzniku kaverien v okolí výrubu. Sústredené prítoky boli viazané najmä na:

- extenzívne, otvorené systémy nehomogenít v tektonizovaných zónach v kryštaliniku v smere SZ-JV, sprievodné zóny s kataklázou hornín spolu s bariérovým účinkom dynamometamorfovaných zón ílovitého charakteru,
- odľahčené, dilatantné, ale na smer razenia priečne zóny s prejavmi gravitačnej tektoniky najmä v okrajovej časti masívu a centrálnej časti masívu (okraj vrcholovej časti masívu kóty Rázsošná),
- bariéru tektonického kontaktu mezozoika a kryštalinika.

Prítoky podzemnej vody boli v karbonatickom úseku razenom zo ZP s trvalými výdatnosťami v poslednom úseku karbonátov v 1180–1340 m od ZP (bariérové vývery vody na tektonickom kontakte s kryštalinikom). Výraznejšie zvodnelé pásmo v úseku kryštalinika bolo až od staničenia 2900–2554 m od ZP, kde sústredené prítoky spôsobili zával a po jeho sanácii výraznú nestabilitu čelieb v zóne smerných porúch (obr. 4).

Pri razení od VP boli výrazné prítoky až prívally vôd registrované v úseku od 420–490 m po 2812–2827 m od VP, najmä v zónach 705–730 m, 993–995 m, 1112–1130 m, 1600–1850 m, 2 414–2421 m, 2493–2499 m. Prítoky vody boli v rozpätí od 20 do 110 l.s<sup>-1</sup>. Ďalšie výrazne zvodnené pásmo bolo v úseku 2810–2921 m s prítokmi nad 100 l.s<sup>-1</sup> a v zóne na staničení 3500–3509 m s prítokmi iba 20 l.s<sup>-1</sup>. Maximálny odtok zo štôlne razenej z VP bol nad 400 l.s<sup>-1</sup>. Voda odtekala gravitačne. V čase hydrogeologického monitoringu masívu sú celkové odtoky z prieskumnej štôlne v rozpätí 160–240 l.s<sup>-1</sup>. Pri ďalších raziaciach prácach je možné predpokladať, že najmä zmenou hydraulických pomerov podzemných vôd sa čiastočne eliminujú rizikové účinky tlakových vôd, a nepriaznivé sufózne účinky. Realizáciou prepojovacích chodieb, ako súčasť prác na únikovej chodbe, bol overený aj po vyrazení štôlne stály deštrukčný vplyv hydraulického tlaku podzemnej vody v zónach SZ-JV prelomením a zdvihnutím betónového dna v prepojovacej chodbe PCH17. Odborný odhad na množstvo otekajúcej vody z tunela STR sa predpokladá po ustálení do cca 300 l.s<sup>-1</sup>.

● **čerpanie vody** ako rizikový faktor bol výrazný pri razení zo ZP, v úseku so stálym sklonom k VP. Maximálne čerpané množstvo vody bolo v rozpätí 140–150 l.s<sup>-1</sup>, nakoľko vodu bolo nutné odčerpávať

● **development and growth of deformations of the excavation**, convergence of side walls in cataclastically deformed zones, Palaeogene and Mesozoic zones disturbed by sliding, contact zones between the tectonic units (the Palaeogene-Mesozoic; the Kunerád Fault zone; the Mesozoic-crystalline complex; the mylonitised zone of the crystalline complex; cleavage zones in the crystalline complex; loosened layers with distinct weathering in the fringe areas of the crystalline massif). Maximum deformations were measured in the cataclastic carbonatic claystone with the overall horizontal convergence up to 385mm. This section was stabilised by complete reconstruction during the construction of the escape gallery.

● **concentrated or stray inflows, even inrush of ground water, hydraulic pressure**, internal erosion effects of pressure water during the excavation period, or the harmful influence on the stability resulting from earlier subsurface erosion of tectonic inhomogeneities, which were either unfilled (corrosion karst in the Mesozoic) or filled with liquid consistency clay brought by flowing ground water (the Mesozoic and the crystalline complex in fringe areas of the massif). A rapid change of stability of the cataclastic and dynamically metamorphosed cleaved zones of semi-rock degraded to the character of ground (mainly in zones with the stress lost, i.e. crushed and dilatancy zones in the Mesozoic and the crystalline complex), which was caused by subsurface erosion by pressure ground water; the change was accompanied by development of caverns in the vicinity of the excavation. The concentrated inflows were bounded most of all to:

- NW-SE trending extensive systems of open joints in tectonically disturbed zones in the crystalline complex; accompanying cataclastic rock zones together with the barrier effect of dynamically metamorphosed zones of exhibiting the character of clay.
- lightened dilatancy zones transverse in relation to the direction of the excavation, with manifestations of gravity tectonics mainly in the peripheral part of the massif and in the central part of the massif (a fringe area of the upper part of the Rázsošná hill massif),
- the barrier of the tectonic contact of the Mesozoic and crystalline complex.

Ground water inflows were encountered in the carbonatic section driven from the WP, with permanent yields in the last section of the carbonates at 1180-1340m from the WP (barrier springs at the tectonic contact with the crystalline complex). A more distinct saturated zone in the crystalline section was found between the 1180m and 1340m chainages from the WP, where the concentrated inflows caused a collapse and, when the collapse had been dissolved, significant instability of the excavation faces in the zone of joints nearly parallel with the gallery route remained (see Fig. 4).

Significant inflows, even inrushes of ground water were registered during the excavation from the EP in the section starting from 420-490m chainage and ending at the 2812–2827m from the EP; mainly at the 705-730m, 993-995m, 1112-1130m, 1600-1850m, 2414-2421m and 2493-2499m sections. The inflow rates varied between 20 and 110 l.s<sup>-1</sup>. Another saturated zone was encountered in the 2810-2921m section, with inflows over 100 l.s<sup>-1</sup>, and the 3500-3509m zone with inflows a mere 20 l.s<sup>-1</sup>. The maximum rate of the outflow from the gallery driven from the EP was higher than 400 l.s<sup>-1</sup>. Water flew away by gravity. The overall outflows from the excavation gallery measured during the hydrogeological monitoring varied within the interval of 160-240 l.s<sup>-1</sup>. It is possible to expect that the risk effects of pressure water and adverse underground erosion effects will be partially eliminated, mainly owing to the changed hydraulic conditions. The permanent destructive effect of the hydraulic pressure of ground water was proven after the excavation of the cross passages, which are parts of the work on the escape gallery. The concrete bottom of the cross passage CP17 in the NW-SE zones was broken and heaved. The rate of the outflow from the NTT once it has stabilised is estimated by experts at about 300 l.s<sup>-1</sup>.

● **water pumping** was a distinct risk factor during the excavation from the WP, in the section driven at a constant gradient descending toward the EP. The maximum pumping rate varied between 140 and 150 l.s<sup>-1</sup>; water had to be pumped from the entire length of the mined section, till the gallery excavation broke through. The concentrated inflows of water even represented a **high level risk to the work and risk of defects of electrical equipment** in the gallery and caused most of all defects of the TBM.

● **ground water chemistry and corrosivity**. Sulphurous water of the AX2 **corrosivity rate** in the meaning of STN EN 206-1 was determined on samples taken in the chainage section beginning at

## PROGNÓZNE ZASTÚPENIA GEOTECHNICKÝCH ÚSEKOV V MASÍVE STR

Geotechnický úsek	1	2	3	4	5	6a	6b	spolu v m
Dĺžka úseku v m	705,0	725,0	1355,0	1555,0	2210,0	234,0	620,0	7404,0
% zastúpenie úseku NRTM	9,5	9,8	18,3	21,0	29,8	3,2	8,4	100,0

## PERCENTAGE OF THE ANTICIPATED LENGTHS OF THE GEOTECHNICAL SECTION IN THE NTT MASSIF

Geotechnical section	1	2	3	4	5	6a	6b	together in m
Section length in m	705.0	725.0	1355.0	1555.0	2210.0	234.0	620.0	7404.0
% of the NATM section	9.5	9.8	18.3	21.0	29.8	3.2	8.4	100.0

Tabuľka 5 / Table 5

z celej dĺžky razeného úseku až do doby prerazenia štólne. Sústredené prítoky vody však reprezentovali aj **vysoké pracovné riziko a riziko porúch na elektrických zariadeniach** v štólne, najmä však najmä na raziacom stroji TBM;

- **chemizmus podzemných vôd a ich agresivita.** V zmysle STN EN 206-1 bola vo vzorkách vôd zistená síranová agresivita v úrovni **stupňa agresivity AX2** v úseku staničenia 705 m od ZP. Na základe deštrukcie striekaných betónov primárneho ostenia štólne v úseku cca 300–800 ZP a doplnujúcich chemických analýz hornín bol úsek s agresívnym prostredím rozšírený na tento celý úsek. Podľa STN 73 1210 boli všetky vody z úseku kryštalinika zatriedené do úrovne stupňa agresivity A1, ojedinele až A2 (Tomanovič, in.3) a vody boli hodnotené ako náporové z dôvodu korózie vylúhovaním (korózia I. druhu) a korózie uhličitej (korózia II. druhu);
- **rizikami**, ktoré boli zaregistrované v koridore tunela boli aj **zmeny v hydrogeologickom režime prameňov** a aktivity povrchových tokov v úzkej zóne nad prieskumnou štólňou. V etape razenia prieskumnej štólne sa vybuďoval a doplnil systém monitorovacích objektov (vrty v koridore tunela, merné objekty na povrchových tokoch) a zabezpečil sa stály monitoring;
- **riziko znečistenia povrchových tokov** prítokmi banskej vody čerpanej, alebo otekajúcej z prieskumnej štólne.

## SEVERNÁ TUNELOVÁ RÚRA TUNELA VIŠŇOVÉ

Geotechnické pomery a riziká v etape výstavby severnej tunelovej rúry sú predpokladané na základe prognózy geologicko-tektonickej stavby masívu a prognózy geotechnických pomerov z poznatkov prieskumnej štólne. Masív STR bol na základe zhodných kritérií ako prieskumná štólňa rozčlenený na kvázihomogénne úseky s vyčlenenými geotechnickými úsekmi.

Prognóza rozčlenenia je pri STR zaťažená najmä priestorovou interpretáciou poruchových zón mimo zóny štólne. Veľmi obtiažna interpretácia pomerov z masívu prieskumnej štólne do masívu severného tunela je v úsekoch smerných, regionálnych zlomov, ktorých priebežnosť môže byť ovplyvnená aj systémom mladších priečných zlomov. Podobne môže byť zmenená interpretácia v prípade inej kombinácie kríženia systémov poruchových zón. Podmienky razenia severnej tunelovej rúry budú zmenené najmä zmenou hydrogeologických pomerov. Stálym drenážnym účinkom vyrazenej prieskumnej štólne sa vo väčšine zvodnených zón zmenia tlakové pomery, a to k priaznivejšiemu stavu. Aj napriek tomu je predpoklad narazenia ojedinelých doteraz neotvorených zón s prítokmi, ktoré však budú podstatne menšie. Z hľadiska výrazného rizikového vplyvu systémov smerných porúch SZ-JV na raziene budú úseky s týmto zaťažením v profile STR výraznejšie z dôvodu dlhšieho úseku prekonávania porúch a z dôvodu prognózovaných tlakových účinkov vody. So zmenou hydraulických pomerov sa predpokladá aj zmena chemizmu podzemnej vody.

RNDr. ANTONÍN MATEJČEK, matejcek@vud.sk,  
ING. JÚLIUS BOHYNÍK, bohynik@vud.sk, GEOFOS, s. r. o.

the WP and ending at the chainage of 705m. With respect to destruction of the sprayed concrete primary lining in the section between the 300m and 800m chainages (WP) and an to results of additional chemical analyses, the corrosive environment section was extended to cover the entire length of this section. According to STN 73 1210, all waters from the sections comprising the crystalline complex rock were categorised as A1 rate of corrosivity, in isolated cases A2 (Tomanovič, in.3); the waters were assessed to be of an attacking type because of the leaching-type corrosivity property (the type I corrosivity) and carbonate-type corrosivity (the type II corrosivity).

- **the risks** which were registered in the tunnel corridor were also associated with **changes in the hydrogeological regime of springs** and activities of underground flows above the exploration gallery. A system of monitoring facilities (boreholes in the tunnel corridor, measurement facilities on surface water courses) was built and supplemented in the course of the exploration gallery excavation, and a continuous measurement system was arranged.
- **the risk of polluting surface water courses** by inflows of mine water pumped or flowing from the exploration gallery.

## THE NORTHERN TUBE OF THE VIŠŇOVÉ TUNNEL

Geotechnical conditions and risks to be encountered in the tunnel tube construction phase are assessed on the basis of a prognosis for the geological-tectonic pattern of the massif and a prognosis for geotechnical conditions which was developed using the information from the exploration gallery. The NTT was divided on the basis of criteria identical with those obtained from the exploration gallery into quasi-homogeneous sections with determination of geotechnical sections.

The prognosis for the percentage along the STT length is affected mainly by the spatial interpretation of the fault zones outside the gallery zone. The interpretation of the conditions based on knowledge of the massif which was passed through by the exploration gallery extended to the massif to be encountered by the northern tube is difficult in the sections of regional faults nearly parallel with the tunnel alignment. The linear character of the fault may be disturbed by a system of younger transverse faults. Similarly, the interpretation may be changed in a case of another combination of crossing of the systems of fault zones. The NTT excavation conditions will be changed mainly by changing hydrogeological conditions. The pressure conditions will change (improve) in the majority of the saturated zones owing to the permanent drainage effect of the completed excavation gallery. Despite this fact, striking isolated aquifers which have not been opened yet is to be expected, although resulting in inflows with lower rates. In terms of the significant risk due to the NW-SE faults (crossing the gallery route at an acute angle) affecting the excavation, the relevant sections of the NTT will be more exposed to the risk since the sections where the faults will be passed through will be longer; pressure water effects are anticipated for those sections. Even changes in the ground water chemistry are expected to accompany the changes in the hydraulic conditions.

RNDr. ANTONÍN MATEJČEK, matejcek@vud.sk,  
ING. JÚLIUS BOHYNÍK, bohynik@vud.sk, GEOFOS, s. r. o.

## LITERATURA / REFERENCES

1. Danko J. et al.: Orientačný inžinierskogeologický prieskum pre tunel Višňové, GEOHYCO, a. s., Bratislava, 1998
2. Keleši, J.: Stavebno-technologické zhodnotenie razenia prieskumnej štólne Višňové, Doprastav, a. s., Bratislava, Tunel 2/2003, str. 2–11.
3. Matejček A., et al.: Podrobný inžinierskogeologický prieskum formou prieskumnej štólne vrátane geotechnického monitoringu, Združenie Višňové INGEO-GEOFOS-GEOexperts Žilina, 2002